



MEMORIAS EN EXTENSO DE PONENCIAS ORALES

SECCIÓN III DE III

28 DE OCTUBRE DE 2016

“Memoria del IV Congreso Nacional de Manejo de Cuencas Hidrográficas”

Universidad Veracruzana, Instituto de Ecología, SENDAS A. C.

Xalapa, Veracruz, Octubre 2016

Editores:

Dr. Marco Antonio Espinoza-Guzmán. Facultad de Biología, Universidad Veracruzana (UV)

Antrop. Georgina Vidriales Chan. Senderos y Encuentros para un Desarrollo Autónomo Sustentable, A.C. (SENDAS)

Dra. Clementina Barrera Bernal. Facultad de Biología, Universidad Veracruzana (UV)

M.C. Miriam Ramos Escobedo, Global Water Watch-México, A.C. (GWW-México)

Revista electrónica: Avances y Perspectivas en Biotecnología y Ecología Aplicada, INBIOTECA-Universidad Veracruzana

ISSN: En trámite

Los trabajos de esta memoria han sido seleccionados por el comité científico de entre las contribuciones enviadas con base en sus resúmenes, pero no han sido sometidos a un proceso de revisión por pares.

LOS CONTENIDOS SON RESPONSABILIDAD ÚNICA DE SUS AUTORES

PRESENTACIÓN

Manejo de Cuencas Hidrográficas en el Contexto de Cambio Climático, un título audaz y pertinente para un congreso que en su cuarta emisión sigue en la búsqueda de la integración de diversos saberes para el manejo de cuencas donde los sistemas se nutren de su complejidad: social, ambiental cultural y económica.

Las propuestas de investigación, intervención y acción que incluyen esta Memoria, no es más que la suma de las múltiples alternativas desde diferentes visiones para abordar la cotidiana complejidad con un enfoque de cuenca, de los 354 trabajos sometidos se seleccionaron 182, mismos que se presentan en tres secciones, en extenso o sólo en la modalidad de resumen.

No deja de asombrar la diversidad de temas que se abordan desde diferentes campos del conocimiento, muchos de ellos especializados, multidisciplinarios e interdisciplinarios, todos en la búsqueda de la conservación de los recursos naturales que dan sustento a nuestra vida en el planeta.

Conforme el conocimiento humano avanza en la comprensión de las interrelaciones del medio natural y del impacto de nuestra especie sobre el mismo, es de importancia incorporar la dimensión de Cambio Climático a los trabajos en cuenca, pues es una realidad que nos ha alcanzado e impacta cotidianamente en la forma en que nos relacionamos con nuestro entorno, pues es cierto que todos vivimos en una cuenca.

El Cambio Climático sucede en la tierra desde hace millones de años, sin embargo, el uso de combustibles fósiles desde la era de la industrialización ha modificado los patrones del clima, una historia poco narrada en la historia de la humanidad, por primera vez documentada y sorpresivamente cambiante.

Esperemos que este tipo de eventos siga aportando al mejor conocimiento sobre las cuencas y alternativas para el manejo, gestión y/o cogestión de las mismas, a fin de sostener los servicios ecosistémicos que nos dan vida.

Comité Editorial

Octubre 2016

Índice

Mesa 1. Diagnósticos, modelos y análisis de procesos biofísicos a nivel de cuenca.....	8
Extenso ID: 176. YANES G. G., TAMARIZ, F. J. V., CASTELÁN, V. R. C., y LÓPEZ, T. M. C. FRAGMENTACIÓN DE LA VEGETACIÓN EN LA SUBCUENCA ATOYAC–TEHUITZINGO, PUEBLA: UN ENFOQUE DESDE LA ECOLOGÍA DEL PAISAJE.....	9
Extenso ID: 137. Germán Urban Lamadrid, Gloria Espíritu Tlaltempa, Rocío Rodiles Hernández, Darío Navarrete Gutiérrez, Rene F. Tobar Díaz. GEOMORFOLOGÍA REGIONAL DE LA CUENCA DEL USUMACINTA, CHIAPAS Y GUATEMALA	16
Extenso ID: 236. Edgar López Flores y Felipe Omar Tapia Silva. ANÁLISIS MULTITEMPORAL DEL CAMBIO DE LA COBERTURA TERRESTRE EN LA CUENCA DEL RÍO TECOLUTLA, VERACRUZ, MÉXICO; PERIODO 1984-2014	26
Extenso ID: 180. Rogelio Ramos-Aguilar, Patricia Máximo-Romero, Blanca Susana Soto-Cruz, María De La Cruz Vázquez-García, Laura Jimena Torres-Soto, Alberto Reyes-Galicia, Diana Laura Torres-Sánchez. ESTUDIO HIDROMETEOROLÓGICO Y GEOMORFOLÓGICO EN LA BARRANCA XALTONAC DEL VOLCÁN MALINTZIN-RÍO SAN FRANCISCO DE PUEBLA.....	27
Extenso ID: 226. María Stefany Gordillo Martínez, José Reyes Díaz Gallegos, María Cielo Ortiz Suriano, Juan Pedro Arias Arechiga. DISPONIBILIDAD Y DEMANDA DE AGUA EN LA SUBCUENCA DEL RÍO LOS HORCONES, TONALÁ, CHIAPAS, MÉXICO	28
Extenso ID: 134. José Martínez Santiago ¹ y Atenógenes Leobardo Licona Vargas ^{2,3} . PROCESOS DE DEGRADACIÓN Y FACTORES CAUSATIVOS EN LA MICROCUENCA DEL YUTE NDA, ÑUU NDEKU, ÑUU SAVI, OAXACA.....	29
Extenso ID: 248. Fidel Cedillo Rodríguez , José Luis Álvarez Palacios. PROPUESTA “ALTERNATIVAS PARA EL SUMINISTRO DE AGUA PARA LA CIUDAD DE XALAPA Y MUNICIPIOS CONURBADOS”	44
Extenso ID: 308. René Velázquez Moreno Y Alejandro Juárez Aguilar. DIAGNOSTICO POR UNIDADES DE PAISAJE DE LA CUENCA ENDORREICA DEL LAGO ZAPOTLÁN Y LA CUENCA DEL RÍO	57
Extenso ID: 344. Norma Fernandez Buces, Pablo Rangel Hinojosa, Alexandro Rodríguez Santamaria, Sergio Lopez Noriega, Adriana Flores Diaz , Christina Siebe Grabach. ESTIMACIÓN DEL IMPACTO DE UN PROYECTO DE INFRAESTRUCTURA EN LA CAPTACIÓN DE AGUA EN EL SUELO PARA ESTUDIOS TÉCNICOS JUSTIFICATIVOS	58
Mesa 5. Políticas públicas, instrumentos de planeación y participación, y su articulación institucional.	72
Extenso ID: 75. Ricardo Sandoval Minero, Paola Gordon Luna, Aldo Iván Ramírez Orozco. INSTRUMENTACIÓN DE UNA HERRAMIENTA DE VINCULACIÓN ENTRE TOMADORES DE DECISIONES, ACADÉMICOS E INTERESADOS: EL CENTRO DE DECISIONES Y LA RED DEL AGUA PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE	73

Extenso ID: 243. Erick Giovanni Navarro Cárdenas. ÍNDICE SOBRE PROSPERIDAD DE AGUA EN LA COMUNIDAD DE TUMBISCA, MICHOACÁN.	86
Extenso ID: 280. Georgina Vidriales Chan; Tajín Fuentes Pangtay. ACUERDOS POR NUESTRA AGUA, DE INICIATIVA CIUDADANA A POLÍTICA PÚBLICA CON ENFOQUE DE CUENCA.	99
Extenso ID: 303. Alejandro Juárez Aguilar. COMITÉS DE SUBCUENCAS COMO ESTRATEGIA DE MANEJO TERRITORIAL EN EL SUR DE JALISCO.	100
Extenso ID: 66. Johanna Elizabeth Mejia-Sajquim, Raúl Francisco Pineda-López, Aldo Mario Rene Tobar-Gramajo, Juan Anfredo Hernández-Guerrero, Claudia Sarai Ramos. IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANEJO DE MICROCUENCAS, EN DOS CASOS DE ESTUDIO EN LOS MUNICIPIOS DEL ALTIPLANO DEL DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS, GUATEMALA.	101
Extenso ID: 362. Enrique Cristino Cortés. GESTIONES Y RESULTADOS DEL COTAS HUICHAPAN TECOZAUTLA NOPALA EN MATERIA DE RECURSOS HIDRICOS ...	102
Ilustración 1. Localización del acuífero.	104
Extenso ID: 227. Armando Caballero Guerras. UNIDADES LOCALES DE GESTIÓN DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO DEL VALLE DE MEXICALI.	116
Extenso ID: 19. MM Borrego-Marín, L Riesgo-Álvarez. MEASURING THE SUSTAINABILITY OF WATER PLANS IN SPAIN.	132
Extenso ID: 338. Froilán Esquinca Cano. ECOREGIONES PRIORITARIAS Y GESTIÓN POR CUENCAS PARA LA ADAPTACIÓN BASADA EN ECOSISTEMAS (AbE) EN EL SOCONUSCO, CHIAPAS, MÉXICO.	143
Extenso ID: 244. Laura Eneida Galván Benítez, Julieta Jujnovsky Orlandini, Alya Ramos Ramos-Elorduy, Marisa Mazari Hiriart Y Lucia Oralia Almeida Leñero. PROPUESTA para denominar a LA CUENCA DEL RÍO MAGDALENA de la ciudad de México COMO ÁREA NATURAL PROTEGIDA: ANÁLISIS Y RECUPERACIÓN DE LA EXPERIENCIA	151
Extenso ID: 156. Teresa Alvarez Legorreta. COMISIÓN DE CUENCA DEL RÍO HONDO: EL PAPEL DE LA ACADEMIA EN LA ATENCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DE UNA CUENCA TRANSFRONTERIZA.	162
Mesa 6. Procesos sociales y culturales con relación al manejo de cuencas.	167
Extenso ID: 166. José Cruz Agüero Rodríguez, Julia Tepetla Montes, Beatriz Torres Beristain. CUENCA JAMAPA-ATOYAC, EN EL CENTRO DE VERACRUZ: DAÑOS AMBIENTALES, RIESGOS SOCIO-AMBIENTALES Y POTENCIAL DE SUSTENTABILIDAD.	168
Extenso ID: 285. Gabriela Maciel Espinosa, Flor Padilla Gallardo. LA CUENCA DE LA ANTIGUA EN PELIGRO DE EXTINCIÓN	170
Extenso ID: 164. Margarita Alvarado y Ana Burgos. AMENAZAS A LA SALUD FAMILIAR RELACIONADAS CON EL MANEJO DE AGUA DOMÉSTICA EN CUENCAS RURALES DEL BAJO BALSAS.	174

Extenso ID: 266. Teresa Gutiérrez Mercadillo, Michelle Morelos, Jaime Suaste. APLICACIÓN NUESTRA AGUA: PLATAFORMA DIGITAL PARA CONTRIBUIR A UNA GESTIÓN SUSTENTABLE DEL AGUA A NIVEL DE CUENCA.....	183
Extenso ID: 311. Alejandro Juárez Aguilar, Claudia Jeanette González Gómez, Paola Carranza Hernández. GOBERNANZA AMBIENTAL EN LAS CUENCAS DEL RÍO COAHUAYANA Y LAGO ZAPOTLÁN	192
Extenso ID: 139. Julia Ros-Cuéllar, Octavio Pérez-Maqueo, Luciana Porter-Bolland, Alfonso Langle Flores Y Martha Bonilla-Moheno. GOBERNANZA Y EXPLOTACIÓN DEL AGUA EN UNA MICROCUENCA DE LA ANTIGUA	203
Extenso ID: 324. Gerardo Alatorre Frenk. FLUJOS DE SABER Y DE PODER PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN BUEN GOBIERNO DEL AGUA Y LAS CUENCAS	212
Mesa 8. Tecnologías limpias para la mitigación del impacto de las actividades humanas en cuencas.....	222
Extenso ID: 57. Ricardo Hernández-Martínez, Manuel Alejandro Lizardi-Jiménez. CONTAMINACIÓN POR HIDROCARBUROS EN LA CUENCA LAGUNA DE BACALAR Y BIORREACTORES PARA SU REMEDIACIÓN	223
Extenso ID: 286. María Elizabeth Hernández-Alarcón, Elaine Kung. PERFILES VERTICALES DE METANO Y DQO EN HUMEDALES CONSTRUIDOS A NIVEL PILOTO PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES A NIVEL PILOTO EN PINOLTEPEC, VER	228
Extenso ID: 157. Rosa Valencia Esteban, Jersain Gómez Nuñez. POZOS DE ABSORCIÓN COMO MÉTODO DE RECARGA ARTIFICIAL PARA EL ACUÍFERO DE LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO.....	236
Extenso ID: 73. Udavi Cruz Márquez, Silvino Espinoza Ortiz E Iván Mota Fernández. ALTERNATIVAS PRODUCTIVAS PARA UN MEJOR MANEJO DE LAS CUENCAS .	237
Extenso ID: 207. Juan Carlos González-Cortés; Francisco Gamaliel González-González; Carlos Alberto Ramírez-Mandujano; María Alcalá De Jesús; María Elena Granados-García. FERTILIZACIÓN MIXTA COMO ESTRATEGIA HACIA EL MANEJO ORGÁNICO Y RECUPERACION DE SUELO EN CUENCAS.....	245
Extenso ID: 56. Ricardo Hernández Martínez, Tannia Alexandra Quiñones Muñoz, Manuel Alejandro Lizardi Jimenez. RESIDUOS AGROINDUSTRIALES EN LA CUENCA DEL PAPALOAPAN Y ALTERNATIVAS DE USO	255
Extenso ID: 155. Álvaro Camacho Jacobo, Ana ¹ . Burgos Tornadú, Rosaura Paez Bistrain. DIAGNOSTICO DE SANEAMIENTO BÁSICO COMUNITARIO EN CUENCAS RURALES ESTACIONALES DEL BAJO BALSAS (MICHOACÁN)	262
Extenso ID: 90. Ana Karen Martínez Cano, Clementina Barrera Bernal, Marco Antonio Espinoza Guzmán. POLÍTICAS PÚBLICAS EN UN RÍO VINCULADO A CENTROS URBANOS: EL CASO DEL RÍO "SANTA ROSA" EMILIANO ZAPATA, VERACRUZ	263
Mesa 9. Riesgos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático con enfoque de cuenca.	275

Extenso ID: 174. Juan Ángel Tinoco Rueda, Iris Jetzabel Carrillo Negrete, Jesús David Gómez Díaz, Alejandro Ismael Monterroso Rivas. VULNERABILIDAD AL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA SUBCUENCA HUATUSCO.....	276
Extenso ID: 86. Salvador Partida-Sedas, Adán Cabal-Prieto, Octavio Ruiz-Rosado. Víctor Daniel Cuervo-Osorio, Césareo Landeros-Sanchez. EFECTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA DISPONIBILIDAD DE AGUA: EL CASO DE HUATUSCO, VERACRUZ, MÉXICO	285
Extenso ID: 349. Lucia Almeida, Javier Álvarez, Víctor Ávila, Guadalupe Barajas, Inti Burgos, Javier Carmona, María Teresa González, María Engracia Hernández, Enrique Cantoral. LA CUENCA DEL RÍO MAGDALENA EN LA CIUDAD DE MÉXICO ANTE ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO	296
Extenso ID: 67. Fabiola S. Sosa Rodriguez. EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA GESTIÓN DEL AGUA EN LA CUENCA DE MÉXICO, PERCEPCIÓN DE LOS ACTORES CLAVE Y SUS RESPUESTAS DE ADAPTACIÓN. 297	
Extenso ID: 317. Nidya Aponte, María Perevochtchikova. ANÁLISIS DE LOS EFECTOS COMBINADOS DE CAMBIOS EN EL USO DEL SUELO Y EL CLIMA EN LA PROVISIÓN DE SERVICIOS AMBIENTALES HIDROLÓGICOS EN EL SUELO DE CONSERVACIÓN DE LA CIUDAD DE MÉXICO.....	311
Extenso ID: 81. Rebolledo-Bello M.A1., García-Govea c1., López-Muñoz f1. ANALISIS DE LAS PRECIPITACIONES EN LA CUENCA DEL VALLE DE MEXICO, DURANTE EL PERIODO 1961-1988.....	312
Extenso ID: 128. Raúl Francisco Pineda López, Clara Margarita Tinoco Navarro, Dulce Gabriela Barrera Aguirre. UNA PROPUESTA PARA EL FORTALECIMIENTO DE CAPACIDADES LOCALES EN MANEJO INTEGRADO DE CUENCAS EN LA PERSPECTIVA DE CAMBIO CLIMÁTICO	321
Extenso ID: 202. Patricia Ávila García. LAS SALVAGUARDAS SOCIALES EN EL MARCO DEL PROYECTO BOSQUE Y CAMBIO CLIMÁTICO EN MEXICO: UNA EXPERIENCIA PILOTO DEL PROGRAMA DE RESTAURACIÓN FORESTAL EN CUENCAS HIDROGRÁFICAS PRIORITARIAS	322
Extenso ID: 254. Roberto Romero Pérez. LA CUENCA DEL VALLE DE JOVEL. VULNERABILIDAD SOCIOAMBIENTAL FRENTE A EVENTOS METEOROLÓGICOS EXTREMOS.....	336
Extenso ID: 43. Walter López Báez, Roberto Reynoso Santos. MANEJO INTEGRAL DE CUENCAS PARA LA ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA SIERRA MADRE DE CHIAPAS, MÉXICO.....	337
Extenso ID: 332. Karla Aurora de la Peña Guillén , Hilda Santiago Álvarez , Rafael Germán Urbán Lamadrid, Alfredo Méndez Bahena. ESTUDIO DE AMENAZAS NATURALES EN LA CUENCA SAN LUIS ACATLÁN-MARQUELIA, GUERRERO	343

Mesa 1. Diagnósticos, modelos y análisis de procesos biofísicos a nivel de cuenca.

Extenso ID: 176. YANES G. G., TAMARIZ, F. J. V., CASTELÁN, V. R. C., y LÓPEZ, T. M. C. FRAGMENTACIÓN DE LA VEGETACIÓN EN LA SUBCUENCA ATOYAC–TEHUITZINGO, PUEBLA: UN ENFOQUE DESDE LA ECOLOGÍA DEL PAISAJE.

[Regresar al índice](#)

¹ Escuela de Biología, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Edificio 1BIO1, Ciudad Universitaria, Av. San Claudio s/n, Col. San Manuel, CP 72570, Puebla, Pue. , México. gonzalo.yanes@correo.buap.mx.

² Departamento de Investigación en Ciencias Agrícolas, Instituto de Ciencias, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Edificio 1C10, Ciudad Universitaria, Av. San Claudio s/n, Col. San Manuel, CP 72570, Puebla, Pue. , México. jose.tamariz@correo.buap.mx.

RESUMEN

La Ecología del Paisaje estudia los patrones espaciales y estructurales del territorio teniendo en cuenta los procesos y flujos que tienen lugar en el mismo. El elemento base para la interpretación del paisaje es el concepto de mosaico, que está compuesto por todo un conjunto de elementos del paisaje. En el mosaico podemos diferenciar tres tipos de elementos: los fragmentos, los corredores y la matriz. Se hizo un diagnóstico del estado de fragmentación de la vegetación de la subcuenca Atoyac- Tehuitzingo a partir de herramientas de la Ecología del Paisaje, con el software Lecos y Qgis y cartas de vegetación de INEGI. Se utilizaron índices de paisaje para identificar el fragmento de vegetación con mayor superficie, menos fragmentación y menor efecto de borde. El fragmento más grande de vegetación en la subcuenca es de selva baja caducifolia primaria (198.01 km²), que funciona como una pequeña “matriz secundaria”, con fragmentos de bosque de encino y selva baja primarios y secundario asociados; la relación perímetro/ área (p/a), determina que el efecto borde será menor en este fragmento (p/a= 1.10) que en el segundo más grande (p/a= 2.03), y presenta al menos seis corredores entre los parches más grandes. Este fragmento es el idóneo para una propuesta inicial de conservación ya que al asociar e insertar fragmentos de selva baja caducifolia secundaria, bosque de encino primario y secundario y uso de suelo agrícola, se incrementa la superficie de la propuesta de conservación a 317.44 km². Aunque no todos los fragmentos asociados son de vegetación primaria, los fragmentos de vegetación secundaria pueden prestarse para la restauración, protegiendo y permitiendo la sucesión vegetal natural.

Palabras clave: Diagnóstico, Cobertura vegetal, Conservación.

1 INTRODUCCIÓN

La Ecología del Paisaje estudia los patrones espaciales y estructurales del territorio teniendo en cuenta los procesos y flujos que tienen lugar en el mismo (Gurrutxaga y Lozano, 2008). El elemento base para la interpretación del paisaje es el concepto de mosaico, que está compuesto por un conjunto de elementos del paisaje, como son: los fragmentos, que son las diferentes unidades morfológicas que se pueden diferenciar en el territorio; los corredores, que son las conexiones existentes entre unos fragmentos y otros; y la matriz, que es el complejo formado por fragmentos y

corredores. En el mosaico podemos diferenciar tres grandes tipos de elementos: los fragmentos que son las diferentes unidades morfológicas que se pueden diferenciar en el territorio, los corredores, que son las conexiones existentes entre unos fragmentos y otros; y la matriz, que es el complejo formado por fragmentos y corredores. Para estudiar los patrones estructurales del paisaje, la Ecología del Paisaje trata de establecer métodos objetivos para cuantificarlos y convertirlos en medidas cartográficas. Los resultados de la aplicación de métodos cuantitativos en ecología del paisaje se agrupan en los índices de paisaje, que aportan interesantes datos numéricos sobre la composición y la configuración de los paisajes, la proporción de cada cubierta del suelo o la superficie y la forma de los elementos del paisaje (Subirós, et al., 2006). La superficie de los fragmentos muestra una clara correlación con la diversidad de especies que puede albergar. En este sentido, la teoría de la isla biogeográfica desarrollada por McArthur y Wilson (1963 y 1967) determina una reducción progresiva de la diversidad biológica, así como de la dimensión de las poblaciones de las diferentes especies presentes, fruto de la reducción de la extensión de los fragmentos. La reducción de la biodiversidad con el tamaño de las islas es el llamado efecto área y, en el modelo, se establece una disminución de la mitad de las especies a partir de una reducción de diez veces la superficie. Con la fragmentación y destrucción de un hábitat se produce un cambio progresivo en la configuración del paisaje, que puede definirse mediante las tendencias de la pérdida regional en la cantidad de hábitat, la disminución de la densidad regional de las especies, la disminución del tamaño medio y un aumento del número de los fragmentos de hábitat resultantes, el aumento de la distancia entre fragmentos, y el aumento de la relación perímetro/superficie; se da así un creciente efecto de borde que origina un deterioro de la calidad del hábitat en regresión (Santos y Tellería, 2006). Se estima que del año 1980 al 2000 se han deteriorado unas 278,888 hectáreas de vegetación en el estado de Puebla (Guevara- Romero, 2011). La selva baja caducifolia y el bosque de encino son los tipos de vegetación natural más abundantes en el área de estudio con un 43.27% y un 14.26% respectivamente; sin embargo, según el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC, 2014) estos tipos de vegetación se han reducido, en un 71.28% y en 13.58% respectivamente, de 1976 a 2008, en todo el estado. Por tanto es de esperarse que la subcuenca Atoyac- Tehuitzingo, en el suroeste del estado de Puebla, se haya visto modificada en cuanto a sus suelos, fauna y flora, como resultado del cambio de uso del suelo, al pasar de forestal a agrícola principalmente. Existe una conciencia clara de que la fragmentación y la pérdida del hábitat es uno de los procesos antrópicos con efectos más devastadores sobre la biodiversidad (Laurance y Bierregaard, 1997; Fahrig, 2003). Asimismo, existe un vacío en cuanto a áreas naturales protegidas en el centro- sur del estado, ya que hay una Reserva de la Biosfera el sur- oriente de Morelos, otra al sur- oriente de Puebla, y una ANP de jurisdicción estatal (Sierra del Tentzo) al centro del estado. Por tanto es recomendable hacer un diagnóstico de la fragmentación de la vegetación (el análisis de cambio de uso de suelo se hizo en otro momento) y una propuesta de conservación de la biodiversidad en la subcuenca Atoyac-Tehuitzingo (SCA-T), como parte de un programa amplio de manejo y conservación de los recursos bióticos de la misma, desde una perspectiva de manejo integral de cuencas. Un Área Natural Protegida o alguna otra figura de conservación en el centro-sur de Puebla, además de fomentar la preservación de la biodiversidad *per se*, facilitaría la creación de corredores biológicos, que son espacios delimitados que proporcionan conectividad entre paisajes, ecosistemas y hábitats, naturales o modificados, para asegurar el mantenimiento de la diversidad biológica y los procesos ecológicos y evolutivos (Rojas y Chavarría, 2013).

2 MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio de estudio.

La subcuenca Río Atoyac- Tehuitzingo, también denominada Región hidrológica Rh18Aa, es una cuenca abierta y se encuentra al suroeste del estado de Puebla entre los -97.98° y los -98.84° de longitud y entre los 17.97° y los 18.67° de latitud. La subcuenca tiene una extensión total de 2811.48 km^2 , y el área de estudio presenta alturas que van de los 600 a los 2100 msnm (ver Fig. 1), formando un gran valle orientado de noroeste a suroeste, conformado por las partes más altas o parteaguas en las orillas, y las partes más bajas en el cauce del río Atoyac al centro.

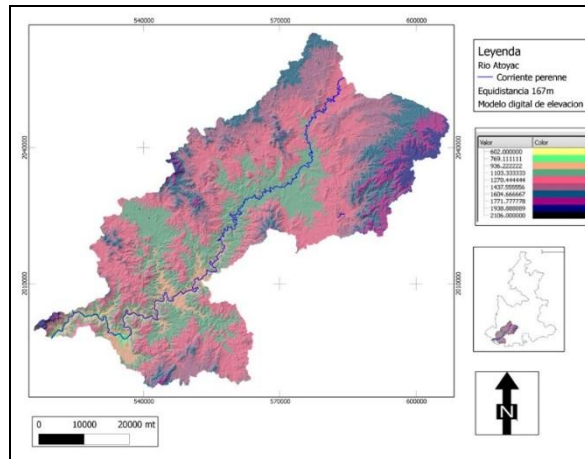


Figura 1. Topografía del sitio de estudio

(Fuentes: CONABIO 2008; INEGI 2010, 2013).

Políticamente el área de estudio abarca total o parcialmente 24 municipios del estado de Puebla y uno de Guerrero; los tres municipios con mayor presencia son Chiautla, Tehuitzingo e Izúcar de Matamoros, con el 49.77% de la superficie de la cuenca. Los climas son cálido subhúmedo con un 56.23% (partes medias), semiseco muy cálido con 30.17% (partes bajas) y semicálido subhúmedo con un 13.6% (partes altas).

Métodos.

Se utilizó el software LecoS (Landscape Ecology Statistics; Jung, 2012) para hacer el análisis de Ecología del Paisaje, ya que además de que calcula los índices del paisaje, también es compatible con el Quantum GIS (QGIS v. 1.8.0), que es el sistema de información Geográfica que estamos usando. Dado que el LecoS sólo funciona con capas tipo raster, fué necesario rasterizar los archivos vectoriales (cartas de INEGI uso de suelo y vegetación (USUEV) 1:250000 del año 2011 del área de estudio. Una vez rasterizada la capa de uso del suelo, se dá de alta el software de LecoS en los complementos del QGIS, y se ejecuta el comando Landscape statistics en el menú de raster. Este procedimiento va a arrojar un archivo de texto con los índices mencionados más adelante.

3 RESULTADOS

En la figura 2 se aprecian los tipos de USUEV del área de estudio en formato raster, con el que se aplicó el análisis de Ecología del Paisaje.

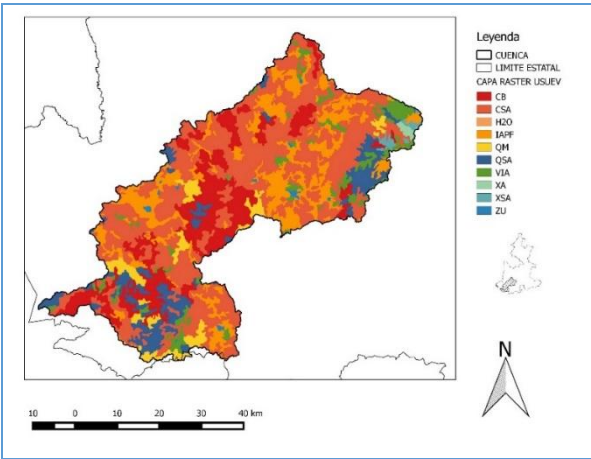


Fig. 2. Capa de USUEV tipo raster (Fuente: INEGI, 2011).

En el cuadro 1 se aprecia que el tipo o clase de uso de suelo y vegetación (USUEV) con mayor cobertura es la selva (baja) caducifolia secundaria, por lo que ésta sería la matriz (o matriz “primaria”), en términos de ecología del paisaje. A partir de este cuadro también se identifican los fragmentos de mayor tamaño de cada USUEV. La cobertura del uso de suelo agrícola es la segunda clase con mayor cobertura, pero con menor vocación para la conservación.

Cuadro 1. Índices de Análisis de Ecología del Paisaje.

CLASE	CLAVE	USUEV	AREA POR CLASE KM2 (APC)	PROPORCIÓN DE CLASE (PDC)	NÚMERO DE FRAGMENTOS (NDF)	AREA DEL FRAGMENTO MAYOR KM2 (AFM)
2	CSACSB	SELVA CADUCIFOLIA SECUNDARIA	1221.21	0.4464	73	607.89
4	IAPF	AGRICOLA	483.13	0.1766	72	114.07
1	CB	SELVA CADUCIFOLIA PRIMARIA	472.01	0.1725	17	198.01
6	QSAQSB	BOSQUE DE ENCINO SECUNDARIO	237.77	0.0869	49	58.35
7	VIAVIH	VEGETACION INDUCIDA	155.24	0.0567	47	23.45
5	QMQB	BOSQUE DE ENCINO PRIMARIO	127.70	0.0467	18	23.09
9	XSA	MATORRAL XEROFILO SECUNDARIO	17.76	0.0065	5	9.71
10	AHZU	ASENTAMIENTOS HUMANOS	11.64	0.0043	11	3.38
8	XA	MATORRAL XEROFILO PRIMARIO	8.92	0.0033	1	8.92
3	H2O	CUERPO DE AGUA	0.36	0.0001	1	0.36
		TOTAL	2735.74	1	294	1047.23

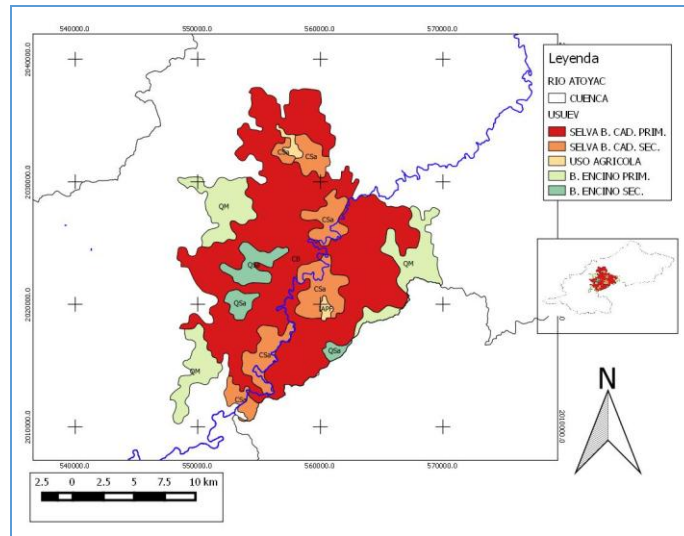


Figura 3. Matriz secundaria propuesta para la conservación.

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Aunque la selva baja caducifolia secundaria es el tipo de vegetación con mayor área (por lo que funciona como la matriz del paisaje), con mayor número de fragmentos y con mayor área núcleo (1154.7 km²), en principio no se presta para la conservación *per se*, por su naturaleza perturbada. Sin embargo algunos fragmentos quedan insertados en el fragmento mayor (“matriz secundaria”) de selva baja caducifolia primaria. La cobertura del uso de suelo agrícola es la clase con menor vocación para la conservación, no sólo por sus índices de ecología del paisaje, sino por su naturaleza perturbada sin cobertura vegetal natural. Por otro lado, el fragmento más grande (198.01 km²) de selva baja caducifolia primaria, presenta las siguientes características: 1) Es el fragmento mayor de vegetación natural del área de estudio, por lo que se presta para la conservación en términos exclusivamente de ecología del paisaje; el segundo fragmento más grande de esta clase es de 99.42 km² ($p < 0.01$; chi cuadr.); según la Teoría de Biogeografía de Islas, a mayor área de una “isla”, mayor biodiversidad; 2) Funciona como una pequeña “matriz secundaria”, en términos de ecología del paisaje, con fragmentos de bosque de encino y selva baja primarios y secundario asociados e insertados; 3) La relación perímetro/ área (p/a), determina que el efecto borde será menor en este fragmento ($p/a = 1.10$) que en el segundo más grande ($p/a = 2.03$); 4) Presenta al menos seis corredores entre los áreas de selva más grandes, lo que facilitarían la conectividad entre ellas. Se considera entonces que el parche mayor de selva baja caducifolia primaria es el idóneo para una propuesta inicial de conservación. Asimismo, al asociar fragmentos de uso de suelo y vegetación insertados (cuatro fragmentos de selva baja caducifolia secundaria, dos de bosque de encino secundario y dos de uso de suelo agrícola) y anexados (tres de bosque de encino primario, uno de bosque de encino secundario y otro de selva caducifolia secundaria), se incrementa la superficie de la propuesta de conservación a 317.44 km². Aunque no todos los fragmentos asociados son de vegetación primaria, los fragmentos de vegetación secundaria pueden prestarse para la restauración, a través de la sucesión natural o de la intervención humana (Dobson, 1997). Este trabajo coincide con “... el reconocimiento del valor heurístico, metodológico y práctico del concepto de paisaje como nuevo eje de una ciencia de la conservación...” (Toledo, 2005).

Conclusiones.

1. Los índices de paisaje aportan interesantes datos numéricos sobre la composición y la configuración de los paisajes, la proporción de cada cubierta del suelo o la superficie y la forma de los elementos del paisaje.
2. Aunque la selva baja caducifolia secundaria es el tipo de vegetación con mayor área, con mayor número de fragmentos y con mayor área núcleo, en principio no se presta para la conservación por su naturaleza perturbada.
3. La cobertura del uso de suelo agrícola es la clase con menor vocación para la conservación, no sólo por sus índices de ecología del paisaje, sino por su naturaleza perturbada sin cobertura vegetal natural.
4. El fragmento mayor de vegetación natural del área de estudio es de selva baja caducifolia primaria y funciona como una pequeña “matriz secundaria”, la relación perímetro/ área (p/a), determina que el efecto borde será menor en este fragmento (p/a= 1.10) que en el segundo más grande (p/a= 2.03), y presenta al menos seis corredores entre los parches más grandes.
5. Se considera que el fragmento mayor de selva baja caducifolia primaria es el idóneo para una propuesta inicial de conservación.
6. Asimismo, al incluir fragmentos de bosque y selva secundarios y dos pequeñas zonas agrícolas, se incrementa la superficie de la propuesta de conservación a 317.44 km².
7. Los fragmentos de vegetación secundaria y de uso agrícola pueden prestarse para la restauración.

5. AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Dra. Sonia Emilia Silva Gómez y al Dr. Benjamín Ortiz Espejel sus valiosos comentarios y aportaciones a este trabajo.

6. LITERATURA CITADA

- CONABIO (Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad). 2008. *División Política Estatal. Versión 2. Escala 1:250000*. Modificado de Conjunto de Datos vectoriales y toponimia de la carta topográfica. Serie III. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (2003-2004). Marco Geoestadístico Municipal, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (2005). Escala 1:250000. México, en CONABIO, Portal de Geoinformación. < <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>>. Fecha de consulta 2 de octubre del 2015.
- Dobson, A. P., Bradshaw, A. D., & Baker, A. Á. (1997). Hopes for the future: restoration ecology and conservation biology. *Science*, 277(5325), 515-522.
- Fahrig, L. 2003. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics* 34: 487–515.
- Guevara- Romero, M. L. e INEGI. 2011. *Cambios a nivel de ecosistemas: cambios de uso de suelo y vegetación 2008- 2011*. Capítulo 7: Amenazas a la biodiversidad en La Biodiversidad en Puebla: Estudio de Estado. México. Comisión Nacional para el conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno del Estado de Puebla, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. 440 páginas.

- [Gurrutxaga- Sanvicente, M. y P.J. Lozano- Valencia. 2008.](#) *Ecología del Paisaje. Un marco para el estudio integrado de la dinámica territorial y su incidencia en la vida silvestre.* Estudios Geográficos, LXIX, 265, pp. 519-543, julio-diciembre 2008.
- INECC (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático). 2014. *Mapas del medio ambiente de México.* <http://www2.inecc.gob.mx/emapas/>. Periférico 5000, Col. Insurgentes Cuicuilco, C.P. 04530, Delegación Coyoacán, México D.F. Fecha de consulta 2 de octubre del 2015.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2010. *Red hidrográfica escala 1:50000* Edición: 2.0, SUBCUENCA HIDROGRÁFICA RH18Aa R. ATOYAC - TEHUITZINGO /CUENCA R. ATOYAC /R.H. BALSAS. Edición 2.0. Datos vectoriales digitales. Aguascalientes, Ags., México. <http://www.inegi.org.mx/>. Fecha de consulta 2 de octubre del 2015.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2011. Conjuntos de Datos Vectoriales de Uso del Suelo y Vegetación, Escala 1:250 000 - Serie V. Aguascalientes, Ags., México. Fecha de consulta 2 de octubre del 2015.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2013. *Continuo de Elevaciones Mexicano 3.0 (CEM 3.0)*, formato bil. <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/datosrelieve/continental/default.aspx>. Fecha de consulta 2 de octubre del 2015.
- Jung, M. 2012. *LecoS - A QGIS plugin to conduct landscape ecology statistics*, <http://plugins.qgis.org/plugins/LecoS>.
- Laurance, W.F. y Bierregaard, R.O. (eds.) 1997. *Tropical forest remnants. Ecology, management, and conservation of fragmented communities.* Univ. Chicago Press.
- McArthur, A., Wilson, E. O. (1963). An equilibrium theory of insular zoogeography. *Evolution*, vol. 17, n° 4, p. 373-387.
- (1967). *The theory of island biogeography.* Princeton: Princeton University Press.
- Rojas, L. A., & Chavarría, M. I. (Compiladores). 2013. *Corredores biológicos de Costa Rica.* <http://biblioteca.catie.ac.cr:5050/repositorioforestal/handle/123456789/6579>. Fecha de consulta 2 de octubre del 2015.
- Santos, T. y J.L. Tellería. 2006. Pérdida y fragmentación del hábitat: efecto sobre la conservación de las especies. *Ecosistemas* 15 (2): 3-12. Mayo 2006.
- Subirós, J.P., D. Varga- Linde, A. Llausás- Pascual y A. Ribas- Palom. 2006. Conceptos y métodos fundamentales en ecología del paisaje (landscape ecology). Una interpretación desde la geografía. *Doc. Anàl. Geogr.* 48: 151-166.
- Toledo, V. M. (2005). Repensar la conservación: ¿áreas naturales protegidas o estrategia bioregional?. *Gaceta ecológica*, (77), 67-83.

Extenso ID: 137. Germán Urban Lamadrid, Gloria Espíritu Tlaltempa, Rocío Rodiles Hernández, Darío Navarrete Gutiérrez, Rene F. Tobar Díaz. GEOMORFOLOGÍA REGIONAL DE LA CUENCA DEL USUMACINTA, CHIAPAS Y GUATEMALA

[Regresar al índice](#)

^a UACQB-UAGro, C.U. Chilpancingo, Gro. german_u@hotmail.com

^b UNICACH, C.U. Tuxtla Gtz, Chis. gloria.espiritu.t@gmail.com

^c ECOSUR, San Cristobal Las Casas, Chis

RESUMEN

Consiste El análisis del relieve y sus procesos, además de la cartografía regional son elementos de gran estimación para entender la formación de los patrones de cuencas en un medio tan variado como es la subcuenca del río Usumacinta. La compilación de éstos elementos ha sido muy laboriosa, ya que se cuenta con información muy diferenciada en ambos lados de las fronteras.

La zonificación de procesos (Kársticos, fluviales, lacustres, lagunares y deltaicos) ha permitido encontrar gran relación con los patrones de las redes y sus atributos hidrológicos. Por otra parte, los rasgos tectónicos han marcado enormemente los bloques, especialmente en la sierra de los Cuchumatanes, La Sierra Madre Chiapaneca y montañas Lacandona y Los Altos de Chiapas; los desvíos fluviales, las depresiones y el agrupamiento y separación de extensos cuerpos de agua en el Peten, y las planicies del sureste chiapaneco comparten una evolución de antiguos procesos geomorfológicos que implican micro plegamiento y hundimientos para formar extensas llanuras, alternadas con levantamiento y colapso de bloques menores desde el terciario. Los procesos kársticos, abundantes en toda la subcuenca, han rediseñado cíclicamente los patrones hidrológicos y han influido en la formación y desaparición de drenajes, por tanto, en los acuíferos intra y intercuenca. Aunado a lo anterior se ha diseñado los mapas Morfoclimático, Morfotectónico y Geomorfológico regionales y Morfodinámico de zonas clave; mismos que se consideran instrumentos de visualización para evaluar la incidencia y los impactos de toda actividad sobre la conectividad de los ecosistemas; Se presentan resultados parciales de dichos elementos cartográficos. Estos mismos materiales están enfocados a responder cuestiones en cuanto a la influencia del relieve ante la planeación de obras y recíprocamente, como está siendo modificado éste por las extracciones o intervenciones en la cuenca.

Palabras clave: Morfodinamica, geomorfología fluvial, Paleo geomorfología, Karsticidad.

1 INTRODUCCIÓN

La geomorfología como se entiende actualmente estudia los procesos anteriores y actuales que han dado origen al relieve sobre el cual se desarrollan las actividades humanas. En la vertiente mas dinámica se zonifican los procesos más activos que pueden o deben considerarse al momento de planificar toda intervención del hombre. Los procesos activos que modifican el relieve, derivados de la confluencia de agentes atmosféricos (viento, agua) y litósfericos (tectónicos - volcánicos), deben verse como un elemento primordial en la planeación territorial.

La cuenca del río Usumacinta siendo una de las más importantes en cuanto a caudal hidrológico y recursos bióticos se refiere, debe estudiarse multifocalmente con la intensidad necesaria para un mejor balance de las actividades que lleven a un desarrollo equilibrado. Sin embargo, al tener límites y territorios compartidos bilateralmente con Guatemala puede haber un análisis diferencial de sus potencialidades, lo cual puede conducir a un incorrecto manejo de sus aguas, suelos, cubierta vegetal y en general sus bienes naturales, incluida la potencialidad humana.

A continuación, se describen los procesos geomorfológicos más relevantes a ser considerados en toda la cuenca.

Descripción dinámica de la cuenca. - Las cabeceras de cuenca son compartidas por Guatemala y Chiapas en la porción sur y suroeste, a diferencia de otras, ambas porciones altas sostienen altos índices de población que utilizan sus recursos y que actualmente están siendo objeto de presiones por agentes externos para intensificar aún más las actividades con proyectos de represamiento, minería, agricultura intensiva, entre otros.

Las porciones medias y baja de la cuenca tiene gran potencialidad en cuanto a recursos energéticos y de pesquería, junto con un nuevo agente de presión que es la introducción de monocultivos (palma africana), lo cual está modificando notablemente el paisaje y los ritmos en los procesos geomorfológicos (erosión – transporte y depósito de sedimentos)

Ante estos antecedentes se presentan los principales procesos que soporta la cuenca y que están modelando el relieve que, aunados a los agentes no naturales, están haciendo más activa y vulnerable las cabeceras, laderas y planicies, ante la alteración masiva de éstas.

El marco fisiográfico centroamericano más consistente ha sido desarrollado por Marshall S.J. 2007, quien ubica “dos grandes bloques: Maya y Chortis, separados por la Falla Motagua-Polochic. El bloque Maya es a su vez dividido en dos sub-bloques y cuatro sectores, cada uno con rasgos distintivos.: Tierras altas Mayas y Plataforma Yucateca”. Fig. 1.

Mientras que Ortiz P.M.A, ha publicado e investigado la dinámica morfológica de las planicies aluvial, litoral y lagunar en las porciones bajas de este río. García G. Antonino. Kauffer M. Edith. 2009 han delineado las principales problemáticas existentes en ambas vertientes que comparten los países en estudio.

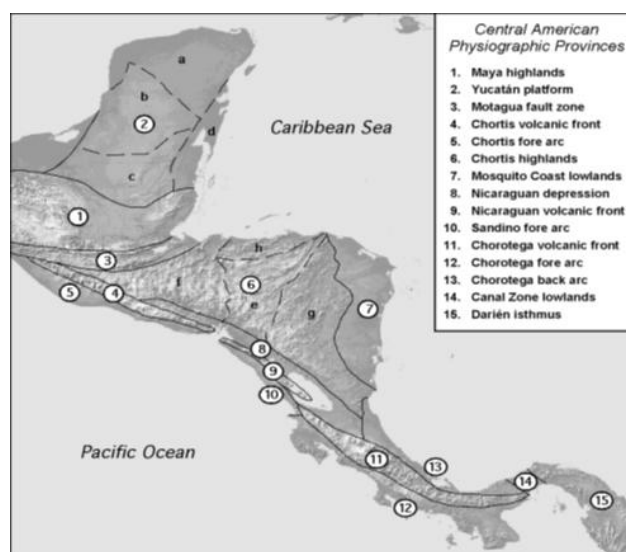


Fig. 1 Provincias fisiográficas de Centro América. (Según Marshall 2007)

indica el contexto del tema que se trate, la importancia del problema, y la justificación del trabajo. Incluirá los antecedentes bibliográficos y de otro tipo, así como los fundamentos de las hipótesis y objetivos planteados.

2 MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio comprende el total de la cuenca del río Usumacinta, abarcando unos 73 176 km². No incluyendo las zonas de manglares y lagunares de la cuenca del Candelaria. (Laige-ECOSUR). Se hizo un análisis regional contemplando la red de drenaje, los sistemas montañosos, los patrones de depresiones por procesos karsticos, además de la interpretación de rasgos erosivo-acumulativos activos. También en base a fotografía e imágenes satelitales se analizaron los lineamientos, los contrastes de altitud (hipsometría). Por otra parte, se determinaron los principales patrones climáticos, para conformar el mapa Morfoclimático y Morfotectónico. Apoyados en recorridos regionales tanto en campo como en zonas ribereñas se determinaron los patrones de sedimentación de las planicies aluviales. Se hizo un análisis estratificado de la Sinuosidad, para cada una de las zonas definidas por el LAIGE. Y por último se hicieron mediciones de los parámetros de cauces, para establecer la morfología en tramos selectos. La cartografía utilizada de base para las regiones fue de 1: 500 000 – 1:250 000, mientras que para los estudios de semidetalle y detalle se basaron en escalas mayores a 1: 50 000, además de la interpretación de imágenes de Google Earth con acercamientos a unas centenas de metros.

3 RESULTADOS

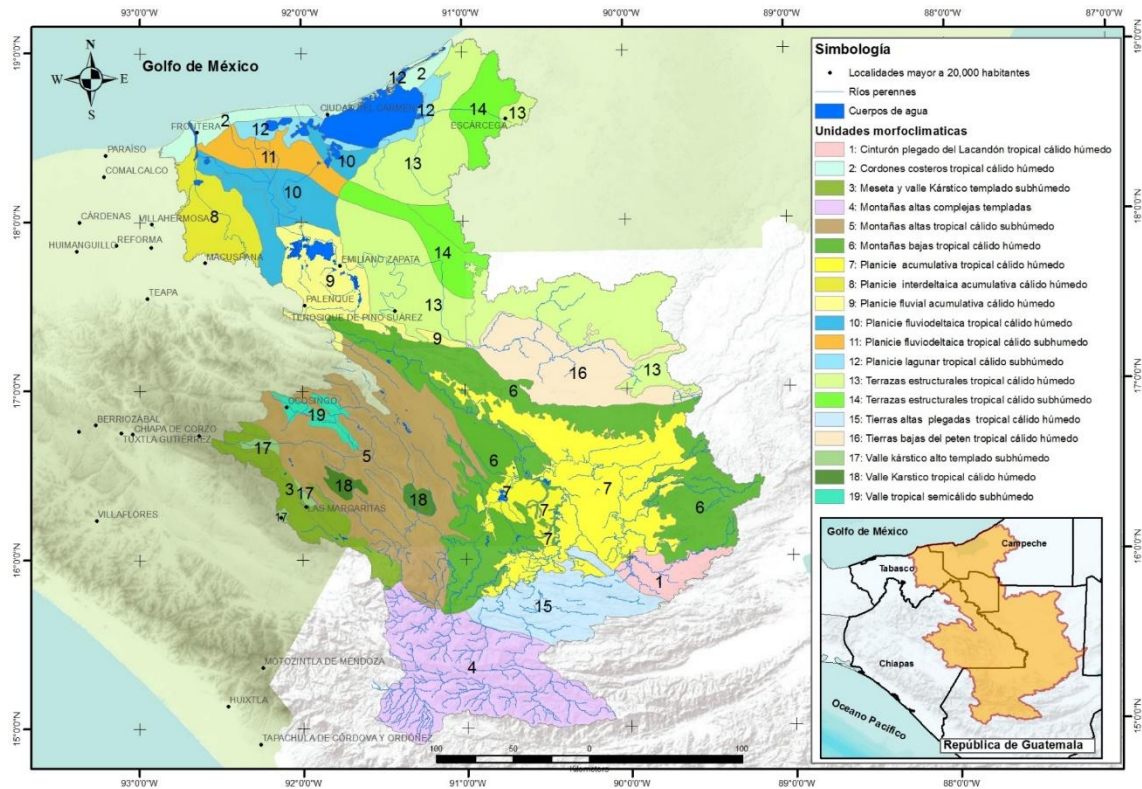


Fig. 1 Mapa Regional Morfoclimático de la Cuenca del río Usumacinta,

Fuente: Espíritu T.G. – LAIGE-ECOSUR.

GEOMORFOLOGÍA REGIONAL

Toda la extensa descripción anterior permite tener una definición más clara, en cuanto a las unidades geomorfológicas regionales, que evidentemente están controladas por los rasgos mayores del Bloque Maya y Chortis y a su vez han sido afectadas por procesos posteriores controlados por las condiciones climáticas anteriores y recientes. Más adelante se establecen las unidades Morfo climáticas que son el resultado de dichas influencias. A continuación, se hace una descripción de las unidades en orden de sur a norte y de los sustratos más antiguos a los más recientes. Fig. 2

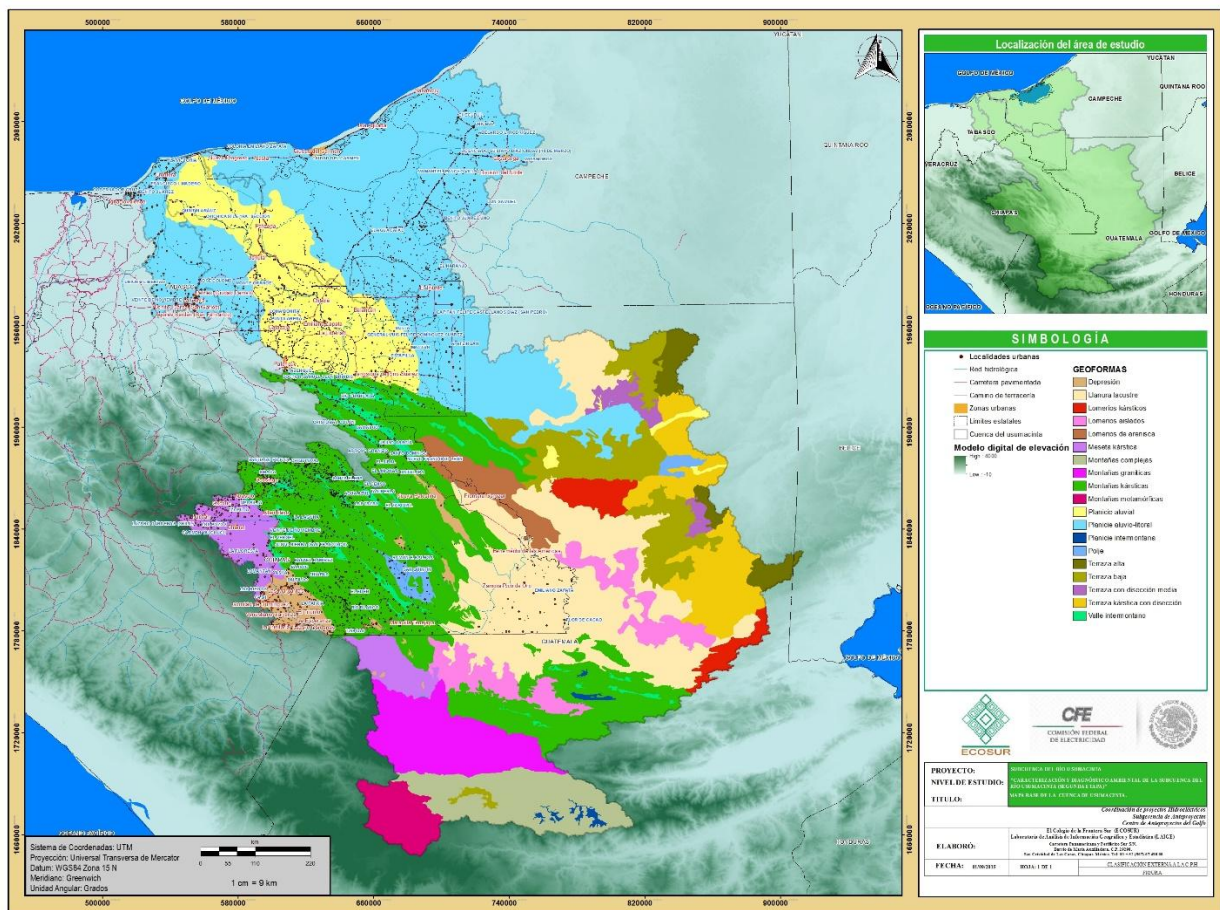
Montañas Metamórficas. - Toda la unidad ubicada en la porción alta de Guatemala, Forman la cima y cresta de las cadenas montañosas al suroeste de la cuenca, presentan una densa red de drenaje, por la fragilidad del material y por los altos contrastes de elevación, favoreciendo los procesos erosivos de gran alcance.

Montañas complejas. También esta unidad ocupa la mayor parte de las tierras altas guatemaltecas. Esta unidad tiene diversos materiales y por tanto se mantiene con sistemas mixtos de drenaje,

acarreo, erosión y depósito parcial en planicies aluviales elevadas, algunas de éstas producto de los procesos glaciares mencionados previos, por Marshall.

Montañas graníticas. Estas montañas se presentan con un drenaje muy regular y homogéneo, además de presentar crestas más resistentes y abultadas, además de presentar desniveles menos conspicuos que los anteriores, Siempre ocupando partes y crestas elevadas.

Meseta kárstica. - Ubicadas al suroeste de la cuenca, representan un relieve de menor contraste relativo y niveles de crestas y valles muy constantes, lo cual, junto con ocupar las zonas de mayor altitud, del lado mexicano, les confiere un paisaje con bosques templados y de valles y depresiones intercaladas entre las zonas elevadas.



Montañas kársticas. Estas montañas son características por estar asociadas a las estructuras mayores que se han alineado en dirección NW-SE, y que han sido desgastadas notablemente por agentes hídricos, especialmente disolviendo y formando valles angostos y alargados en las partes profundas. Por estos mismos efectos desarrollaron un complejo sistema hídrico, paralelo, subparalelo, con los principales ríos recorriendo las planicies originadas a lo largo de los pliegues sinclinales. Tiene dos

sectores, el de montañas de gran contraste en tierras de la porción centro oriente Chiapas. Y una porción de menor relieve, pero igualmente desgastada y modelada por disolución intensa al sureste de la frontera, ya dentro de Guatemala.

Depresión. - Se tiene esta gran superficie de depresión, que involucra sustratos elevados, plegados pero hundidos por efectos de un mega combamiento y que actualmente se encuentra en proceso de relleno parcial, formando el paisaje de planicies onduladas con gran abundancia de cuerpos de agua interconectados. Se aprecia en toda su extensión desde Comitán hacia el sureste.

Poljé. - Se tiene este rasgo depresivo de dimensiones mayores que ha quedado rodeado de montañas de mayor altura y ha formado la Laguna de Miramar. Este relieve es producto de los hundimientos mayores que se produjeron posteriores al levantamiento de la Sierra de Chiapas y que dio origen a las Montañas kársticas, antes descritas.

Lomeríos kársticos. Ubicada en la porción centro oeste de Guatemala, Estos lomeríos kársticos son notables, pues sobresalen de una porción de grandes planicies. Son productos de un menor levantamiento al ocurrido en Chiapas. Como ya se mencionó en el compendio fisiográfico, son remanentes semienterrados de la Sierra Lacandona. Y desgastados de igual forma como las montañas que se ubican en la porción Bonampak- Yaxchilán.

Lomeríos aislados. - Las unidades subsiguientes son producto de la acumulación de materiales de arrastre fluvial en grandes extensiones, es probable que esta unidad esté relacionada con una época temprana de sedimentación terciaria, y que ha sido levantada levemente, para ser denudada y dejando remanentes de superficies aplanadas interrumpe la topografía niveladas de las grandes planicies del Bloque maya.

Lomeríos de arenisca. - estos lomeríos son alternados con las estructuras sedimentarias y de calizas, que también fueron levantados en forma de estructuras alternadas anticlinal- sinclinal. Sin embargo, este relieve no alcanza una mayor altitud, ya que no fue comprimido mayormente. No presenta rasgos de disolución y si una mayor densidad de drenaje. Al igual que otras unidades que se ubican en la porción externa, al norte de Palenque.

Terraza kárstica con disección. - En la porción central del Petén, se ubica este sistema de terrazas que son producto de levantamientos ligeros y parciales de los sustratos calcáreos y el desgaste mixto, disolución e hídrico. Este rasgo es diagnóstico de estar constituido por intercalaciones de estratos de material arcilloso o margas.

Terraza con disección media. - Otra unidad similar, pero con menores evidencia de denudación que la anterior. Forman una especie de islas, en medio de las grandes planicies circundantes.

Terraza alta. - También ubicada en los bordes centro- orientales de la cuenca, en la porción guatemalteca. Representan levantamientos parciales y desgaste de los bordes, al parecer aquí los materiales son o quedaron muy compactos, lo cual no permite un mayor desgaste al interior de la terraza y solo en los bordes, ligado a los cursos de los ríos principales.

Terraza baja. Representa otro nivel de levantamiento, pero también de desgaste de los materiales acumulativos de los grandes ríos en el pasado medio (probablemente en el Mioceno). No presentan rasgos notables de desgaste por los agentes fluviales y forma más bien superficies de acumulación parcial de sedimentos.

Valles intermontanos. - Son todos aquellos que se han desarrollado a lo largo de los ejes sinclinales, por tanto, sobre relieves profundos, relativos a las montañas circundantes. Son los receptores parciales de gran parte de los materiales de disolución, acarreo y erosión de las laderas montañosas contiguas.

Planicies intermontanas.- Ubicadas al sur de la frontera, lado guatemalteco, son rasgos sobresalientes, en medio de zonas montañosas o lomeríos muy intrincados. Representan rasgos acumulativos de gran alcance, en zonas de media montaña, como producto de agentes hídricos, gravitacionales y posiblemente glaciares en el pasado.

Planicie aluvio-litoral. - Estas extensas planicies se han desarrollado desde el Plioceno hasta la actualidad, han venido a sepultar algunas de las estructuras anteriores, que ya se han descrito. Estos grandes volúmenes de sedimentos se explican por una prolongada historia de desgaste de las unidades montañosas al sur. También es la confluencia de los niveles litorales y por tal motivo mantienen rasgos mixtos, fluviales como planicies de inundación, meandros de gran curvatura y barras litorales – eólicas incluso. Además de que este relieve plano ha tenido diversas derivas por efecto de la sumersión-emersión de la costa, ha sido influido por estructuras domicas enterradas, las cuales pudieron haber desviado los cursos fluviales, esto por el ascenso de cuerpos de yesos o evaporitas, presentes en la costa Tabasqueña y de Campeche.

Planicie Aluvial. - Este rasgo sobresaliente muestra las zonas de influencia lateral de las planicies inundables de los ríos que confluyen con el Usumacinta. Aunque actualmente no es notable esa influencia, puede notarse por rasgos mínimos las franjas de lomas muy bajas y relictas de riberas de este río.

Llanura lacustre. - Esta gran porción plana, ubicada principalmente en Guatemala, ha quedado como un remanente de antiguos eventos de inundación, azolve y acumulación de materiales acarreados desde la sierra y porciones montañosas. Este rasgo se explica por el hundimiento de la porción central entre las cadenas de montañas y por los combamientos de gran curvatura de estas cadenas. Los cursos de los ríos son divagantes, al llegar a las zonas planas, excepto donde hay fracturas antiguas o sustratos rocosos semienterrados.

Los procesos

La Sierra de Los Cuchumatanes presenta los mayores rangos de disección vertical y densidades de drenaje, esto debido a la constitución de las rocas en su mayoría metamórficas e ígneas. La porción media de esta misma Sierra contiene paquetes gruesos de rocas carbonatadas que han sido afectadas por procesos tectónicos de bloques y por la karstidad de gran intensidad.

En la porción chiapaneca las mesetas y planicies elevadas de Comitán-San Cristóbal están ocupadas por gruesos paquetes de Carbonatos del Jurásico-Cretácico, que han sido deformados con diferentes patrones de esfuerzos, lo cual ha conducido a la formación de amplias zonas planas, que se observan obstruidas por bloques tectónicos y que han sido rellenadas o que actualmente forman sistemas lacustres de amplia conexión. (Montebello)

La porción chiapaneca de la Sierra Lacandona forma un complejo patrón de montañas y valles alineados, que en muchos casos presenta sumergencias de corrientes y flujos subterráneos que conectan en subsuelo algunos de estos valles. (Naha-Metzabok).

En cambio las montañas aisladas de la misma Sierra Lacandona Guatemala muestra un patrón mas disperso y de menor altura relativa, alternada con amplios valles o planicies, producto del

relleno aluvial y deluvial, derivado de los arrastres de sedimentos desde el suroeste. (Petén-Itza, La Pasión) también ha dado origen a un complejo entramado de corrientes de baja energía e incluso de sistemas lacustres interconectados. Se observan manantiales al pie de pequeñas colinas calcáreas.

Las grandes planicies y llanuras de la porción oriental del Peten se forman a partir de la obstrucción de las corrientes por los bloques montañosos bajos, tanto en Chiapas como en Guatemala. Estas han quedado inundados por largos periodos anteriores. (Terciario superior-Cuaternario).

Por ultimo hay presencia de domos salinos en la porción baja de la cuenca, (Chiapas-Tabasco) estos han jugado un papel predominante en la obstrucción o desvío de cauces mayores y menores, estos mismos han sido responsables de la formación de cuerpos lagunares.

Morfodinamica

Los procesos actuantes y de mayor relevancia para el modelado del relieve se pueden ubicar y zonificar en los mapas Morfodinámicos. Se tienen zonas donde dominan los procesos erosivos y en otras donde la acumulación o depósito de sedimentos hace que se modifique el relieve, ya sea plano, ondulado o accidentado. Aquí se muestran dos ejemplos del mapeo Morfodinámico en dos zonas contrastantes.

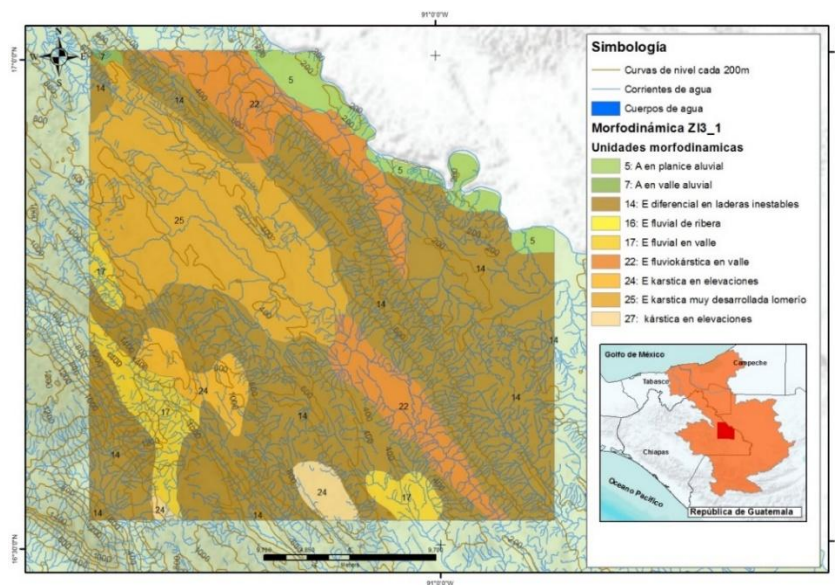


Fig. 3 Mapa Morfodinámico- Zona Selva-Yaxchilan.
A-Acumulación E-Erosión.

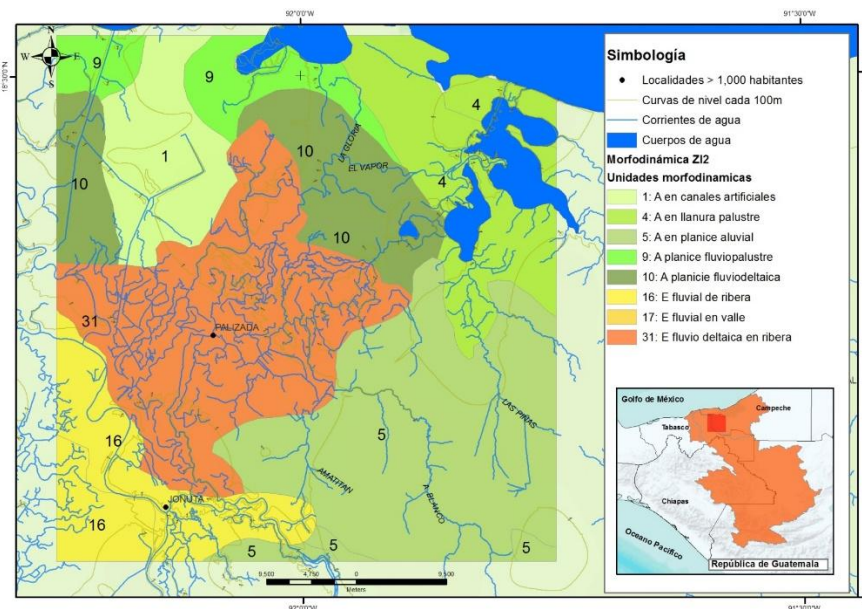


Fig. 4 Mapa Morfodinámico Zona Costa – Palizada.
A -Acumulación E-Erosión

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La Geomorfología predominante está controlada por procesos tectónicos de compresión y transcompresivos con direcciones y tendencias W-E y NW-SE. Estos mismos controles han dado origen a redes paralelas y subparalelo en la porción Chiapaneca. La intensidad de los procesos kársticos ha originado un complejo patrón de drenajes superficial y subterráneo. Lo anterior nos lleva a deducir la alta vulnerabilidad de estas zonas a alteraciones por intervenciones antrópicas de diversa índole.

Las montañas de menor altura de la porción guatemalteca están dominadas por procesos acumulativos regionales y por la presencia de zonas fracturadas, que actúan como conductos subterráneos y que conectan algunos de los principales cuerpos de agua de la zona.

5. AGRADECIMIENTOS

El presente estudio fue apoyado en todas sus etapas por los grupos técnicos, de investigación, y de sistemas de información geográfica de ECOSUR. Diversos apoyos muy reconocidos provienen de las oficinas regionales de CFE. Así como la autorización para compartir materiales del proyecto: “Caracterización y Diagnostico ambiental de la cuenca de Usumacinta”.

6. LITERATURA CITADA

- Álvarez M. 1958. Provincias fisiográficas de la República Mexicana. XX Congreso Geológico Nacional.
- ECOSUR 2004.- Bases de datos cartográficos digitales.
- García G. Antonino. Kauffer M. Edith. 2009.- Las cuencas compartidas entre México, Guatemala y Belice: un acercamiento a su delimitación y problemática general. Frontera Norte, Vol. 23, Núm. 45, enero-junio de 2011
- Laige-ECOSUR. 2015.- Cartografía Básica y Temática de la Cuenca Usumacinta. Diversas escalas.
- MAGA. 2001. Mapa Fisiográfico-Geomorfológico de la República de Guatemala a escala 1: 250,000. PROGRAMA DE EMERGENCIA POR DESASTRES NATURALES.
- Marshall S. Jeffrey, 2007, Geomorphology and Physiographic Provinces of Central America: in Bundschuh, J. and Alvarado, G., eds., Central America: Geology, Resources, and Hazards, Taylor and Francis, London, p 75-122
- Ortiz P.M.A, Figueroa M.J.M. Regiones Geomorficas de Tabasco y áreas circundantes. Instituto de Geografía- UNAM.
- González, D. (2008). Compendio de Geografía de Centro América. Estados Unidos: Librería y Papelería de E. Goubard - See more at: http://wikiguate.com.gt/wiki/R%C3%ADO_Usumacinta#sthash.fCsnfyd.dpuf

Extenso ID: 236. Edgar López Flores y Felipe Omar Tapia Silva. ANÁLISIS MULTITEMPORAL DEL CAMBIO DE LA COBERTURA TERRESTRE EN LA CUENCA DEL RÍO TECOLUTLA, VERACRUZ, MÉXICO; PERIODO 1984-2014

[Regresar al índice](#)

Universidad Autónoma Metropolitana-Itztapalapa

Resumen:

La cuenca del Río Tecolutla viene experimentando un intenso proceso de cambio de cobertura terrestre originado principalmente por actividades antropogénicas no planeadas. Este proceso afecta su estructura y por tanto su funcionamiento en términos de disminución de su capacidad para prestar servicios ambientales tales como almacenamiento de carbono, hábitat para especies y retención de caudales extremos. Es por ello que en estudio este proceso es caracterizado usando imágenes Landsat (5, 7, 8). El estudio fue efectuado para el periodo 1984 a 2014 (30 años) haciendo cortes temporales por década y realizando comparaciones entre cada uno de los años de estudio. Las imágenes Landsat fueron corregidas radiométrica y atmosféricamente, posteriormente clasificadas utilizando el método de Máxima Verosimilitud. Se obtuvieron índices Kappa de 0.74 hasta 0.85, lo que indica una muy buena y excelente veracidad de la información obtenida. Los cambios de cobertura terrestre, dentro de la cuenca del río Tecolutla, se presentaron de Forestal a Agrícola con un 54.10% de transición, seguido del cambio de Matorral a Pastizal y Agrícola con un 46.08% y 41.18% de transición respectivamente, por último, el mayor cambio importante se presentó en la cobertura de Pastizal, la cual cambio a Agrícola con un 44.89% de transición para el Estado de Veracruz. En el caso del Estado de Puebla la mayor transición se dio en la cobertura de Pastizal a Agrícola con un 39.20% de transición, seguido del cambio de Matorral a Agrícola con un 29.54% y de Forestal a Agrícola con un 29.30% de transición. El Estado de Tlaxcala, el mayor cambio se presentó en la cobertura de Pastizal a Agrícola con un 55.31% de transición, y la cobertura de Matorral a Agrícola con un 41.19% de transición. El Estado de Hidalgo, presentó el mayor cambio de Matorral a Agrícola con un 85.71%, seguido de la cobertura de Pastizal a Agrícola con un 25% de transición y la cobertura de Forestal a Agrícola con un 22.11% de transición. Obteniéndose una tendencia de cambio hacia la Agricultura en la cuenca de captación y sus alrededores. Este estudio se confirma la importancia y aplicabilidad de la Geomática y los SIG, en estudios de la evaluación de cambios de cobertura terrestre por su versatilidad en la obtención de información espacio-temporal y por su visión holista e integradora.

Palabras Clave: Cambio de Cobertura Terrestre, Clasificación Imágenes Satelitales, Máxima Verosimilitud, Landsat

Extenso ID: 180. Rogelio Ramos-Aguilar, Patricia Máximo-Romero, Blanca Susana Soto-Cruz, María De La Cruz Vázquez-García, Laura Jimena Torres-Soto, Alberto Reyes-Galicia, Diana Laura Torres-Sánchez. ESTUDIO HIDROMETEOROLÓGICO Y GEOMORFOLÓGICO EN LA BARRANCA XALTONAC DEL VOLCÁN MALINTZIN-RÍO SAN FRANCISCO DE PUEBLA

[Regresar al índice](#)

Facultad de Ingeniería¹, Centro de Investigación en Dispositivos Semiconductores², Estudiantes del Colegio de Ingeniería Topográfica y Geodésica⁴.
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

Resumen:

La principal causa de las inundaciones en el municipio de Puebla son las avenidas que cruzan por la zona urbana donde el volumen de agua y la velocidad de la corriente tienen una fuerza destructiva y su arrastre puede llegar hasta la presa de Valsequillo. En cambio, la zona centro presenta encharcamiento del agua al ser deficiente el drenaje pluvial de la ciudad, produciendo inundaciones por el incremento del nivel del agua.

Zona urbana del centro alto. El centro urbano presenta sitios de inundación en la parte alta donde anteriormente se tenían los escurrimientos directos de La Malintzin, por un lado las barrancas que confluyen en la presa del Puente Negro y por otro a la barranca El Conde, en estos sitios se ha reducido enormemente la amenaza de las avenidas de la barranca de La Malintzin debido a los dos canales de desvío que se encuentran aguas arriba; sin embargo, la ocupación de los cauces por viviendas ponen en evidencia el creciente potencial peligro que aún existe cuando exista un desbordamiento de los canales de desvío

Palabras Clave: Hidrometeorológico, barranca, volcán, geomorfológico

Extenso ID: 226. María Stefany Gordillo Martínez, José Reyes Díaz Gallegos, María Cielo Ortiz Suriano, Juan Pedro Arias Arechiga. DISPONIBILIDAD Y DEMANDA DE AGUA EN LA SUBCUENCA DEL RÍO LOS HORCONES, TONALÁ, CHIAPAS, MÉXICO

[Regresar al índice](#)

CEICO- UNICACH

Resumen:

El agua por ser un recurso indispensable para el buen desenvolvimiento de las diversas actividades humanas, adquiere importancia económica, por lo tanto, un balance de disponibilidad vs. demanda, es en cierta medida determinante en el desarrollo socio-económico de una región. Entendiéndose la disponibilidad no solo como una cuestión de cantidad, sino de calidad que determinará su consumo adecuado. Este estudio aporta información que será útil para conocer el estado de conservación actual, la disponibilidad y la demanda del agua en la sub-cuenca Los Horcones, con el fin de dar herramientas que permitan el manejo del recurso agua para su sostenibilidad. Mediante técnicas de visualización e interpolación topográfica de curvas de nivel, se delimitó la zona de análisis generando la red hidrográfica y las características particulares de la sub-cuenca; para evaluar el estado de disponibilidad se realizaron aforos con el método sección control durante las temporadas de estiaje y lluvias de 2015; para determinar la demanda de agua se aplicaron encuestas con el fin conocer los distintos usos. El estado de conservación se determinó a través de imágenes satelitales (1990-2016), procesadas y clasificadas utilizando los programas ERDAS 11 y ArcGIS 10.2 permitiendo cuantificar el cambio en el uso de suelo y vegetación. La subcuenca los Horcones tiene un área de 17,600 Ha, una altitud máxima 2,060 msnm, con una pendiente media de 5.8%, lo cual la clasifica como moderadamente inclinada, el cauce principal recorre 34.1 km. La red hidrográfica consta de 822 tributarios. Durante 2015 se registraron pocas lluvias, en comparación con los promedios históricos y los que se obtuvieron de la estación de Tres Picos (1976-2015), este resulta ser un año anómalo, obteniendo un gasto mínimo que muestra que la subcuenca registró escasez de agua; sin embargo, la demanda no excede la disponibilidad. La situación anterior puede cambiar si los años siguientes registran poca precipitación y por tanto deficiente recarga de los acuíferos. Se detectó que los pastizales y cultivos dominan la parte media y baja de la cuenca, mientras en la parte alta se encuentra selva subcaducifolia, caducifolia y bosque mesófilo, solo la parte alta está relativamente conservada.

Palabras Clave: Manejo de cuencas, Precipitación, Esguerrimiento, Aforo

Extenso ID: 134. José Martínez Santiago¹ y Atenógenes Leobardo Licona Vargas^{2,3}. PROCESOS DE DEGRADACIÓN Y FACTORES CAUSATIVOS EN LA MICROCUENCA DEL YUTE NDA, ÑUU NDEKU, ÑUU SAVI, OAXACA

[Regresar al índice](#)

¹Departamento de Agroecología de la Universidad Autónoma Chapingo (Tesista). Km 38.5, carretera México-Texcoco, 96230, Chapingo, Texcoco, México.

²Departamento de Agroecología de la Universidad Autónoma Chapingo. Centro de Investigación para la Gestión de la Agroecología. Km 38.5, carretera México-Texcoco, 96230, Chapingo, Texcoco, México.

³ Autor para correspondencia: alicona@colpos.mx, lateno_60@yahoo.com.mx

RESUMEN

La degradación del suelo es un problema de primer orden, por lo que se han propuesto diferentes métodos para su evaluación. La Evaluación de la Degradación del Suelo Causada por el Hombre (ASSOD) se aplicó en la república Mexicana a escala 1:250 000 y en la Cuenca Amajac, Hidalgo a escala 1:75000, ambas basadas en el conocimiento de expertos de instituciones. En el presente trabajo, dicha metodología se aplicó a nivel parcelario bajo el enfoque de la etnoedafología, la evaluación se basó en el conocimiento tradicional y se exploraron a detalle las causas directas y subyacentes de los procesos detectados. La microcuenca del Yute ndaa se ubica en territorio Ñuu ndeku (San Miguel Achuitla), Tlaxiaco, Oax., tiene un área de 28.7 km² y su gradiente altitudinal va de 3140 a 1880 msnm. Su índice de forma es 0.37, Coeficiente de compacidad de 1.36 y Relación de elongación de 0.59. Se cartografiaron once clases de tierra en las que los principales procesos reportados son la erosión hídrica superficial y, la declinación de la fertilidad y pérdida de materia orgánica. En cada clase de tierra se tomaron muestras de suelo y se analizaron en laboratorio para estimar la pérdida de suelo mediante la ecuación universal de pérdida de suelos y apoyar el diagnóstico de fertilidad mediante la comparación con estándares nutrimentales. Alrededor del 12% de la superficie de la microcuenca tiene pérdidas por arriba de las 50tonha⁻¹año⁻¹ y aproximadamente el 20% presenta problemas moderados de declinación de la fertilidad. Las causas directas están relacionadas con el abandono de prácticas como el pastoreo rotativo, rotación de cultivos, riego rodado y mantenimiento de árboles en bordos. Las causas subyacentes son la migración y programas asistencialistas, pues causan abandono de tierras, envejecimiento y falta de mano de obra. Se concluye que la participación de los productores ha sido determinante para el estudio detallado de los procesos de degradación y sus factores causativos; que la sabiduría de los productores derivó en un marco geográfico detallado para el análisis de tales procesos y; que la inclusión de expertos locales es un aporte importante a la metodología ASSOD.

Palabras clave: Erosión hídrica, declinación de la fertilidad, etnoedafología, expertos locales

INTRODUCCIÓN

La degradación de la tierra es uno de los más graves problemas en la actualidad. México es uno de los países más afectados pues más de dos terceras partes de su superficie se encuentran degradadas (SEMARNAT-CP, 2002; SEMARNAT-UACH, 2003; Becerra, 2005). La nación Ñuu savi, mal

llamada Mixteca, (según Tatyisavi, 2015 el término mixteco o mixteca derivan de la lengua náhuatl y para los hablantes del Tu'un Nñuu Savi no tiene significado) es uno de los focos rojos de degradación ambiental a escala mundial, pues según Martínez (1988) y Martínez *et. al.* (2006) más de 45% de sus tierras presentan erosión alta, el 38% erosión moderada y el 17% presenta signos de erosión severa. De los datos reportados queda claro que el conocimiento sobre la degradación sólo se ha orientado a la valoración de los procesos de erosión, no se cuenta con datos precisos sobre el estado actual de esta problemática ambiental y prácticamente no se aborda el análisis de los factores que causan tales problemas, pues sólo el reporte de SEMARNAT-CP (2002) hace referencia a causas directas generales. Otras propuestas de diagnóstico de la degradación (Pulido y Bocco, 2011) hacen referencia a la necesidad de considerar también las causas indirectas (causas subyacentes) tales como la migración, la aplicación de políticas públicas, entre otras. En tal nivel de generalidad de las causas directas y ante la ausencia de conocimiento sobre las causas subyacentes, se limita el diseño de propuestas de prevención y/o corrección de la degradación de la tierra.

La microcuenca del Yute Ndaa, por un lado está inmersa dentro de los procesos de degradación de la Nación de la Lluvia (arriba citados), pero por el otro cuenta con gran relevancia ambiental, cultural y biológica por ser parte de la Región Prioritaria para la conservación-125 (Arriaga *et al.*, 2000) y una de las 22 Regiones Bioculturales Prioritarias (Boege, 2008). Tales reconocimientos se deben a que contiene uno de los macizos de encinares y coníferas más conservados y diversos, cuenta con gran capacidad de recarga de agua y es una que área coincide con centros de origen, diversidad biológica y de especies cultivadas.

Por lo anterior, el objetivo de esta investigación se centró en la generación de un diagnóstico integral del estado actual de la degradación de la tierra a partir de la aportación metodológica en dos aspectos de la metodología ASSOD que son: la incorporación de los productores como expertos locales del territorio y el análisis detallado de causas directas e indirectas de la degradación. El conocimiento local etnoedafológico permitió construir un mapa base con unidades cartográficas de nivel parcelario, así como obtener el inventario y caracterización de los procesos de degradación más relevantes en cada unidad cartográfica, y las causas directas e indirectas que los mismos productores reconocen como responsables de los procesos de degradación. De forma complementaria, se realizaron descripciones de sitios y muestreos de suelos, con el fin de caracterizar los procesos de degradación con base en los procedimientos técnicos.

Se concluye que la participación de los productores ha sido determinante para el estudio detallado de los procesos de degradación y sus factores causativos; que la sabiduría de los productores derivó en un marco geográfico detallado (el levantamiento etnoedafológico) para el análisis de tales procesos y; que la inclusión de los productores como expertos locales es un aporte importante a la metodología ASSOD.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del área de estudio

La microcuenca se sitúa entre los 17° 21' 30" y 17° 17' 15" de latitud norte y los 97°29' 56" Y 97° 26' 10" de longitud oeste, es tributaria de la subcuenca del Río Sordo que a su vez forma parte de la cuenca del Río Verde-Atoyac, la cual forma parte del territorio Nñuu Savi y representa casi 20% del estado de Oaxaca (Figura 1).

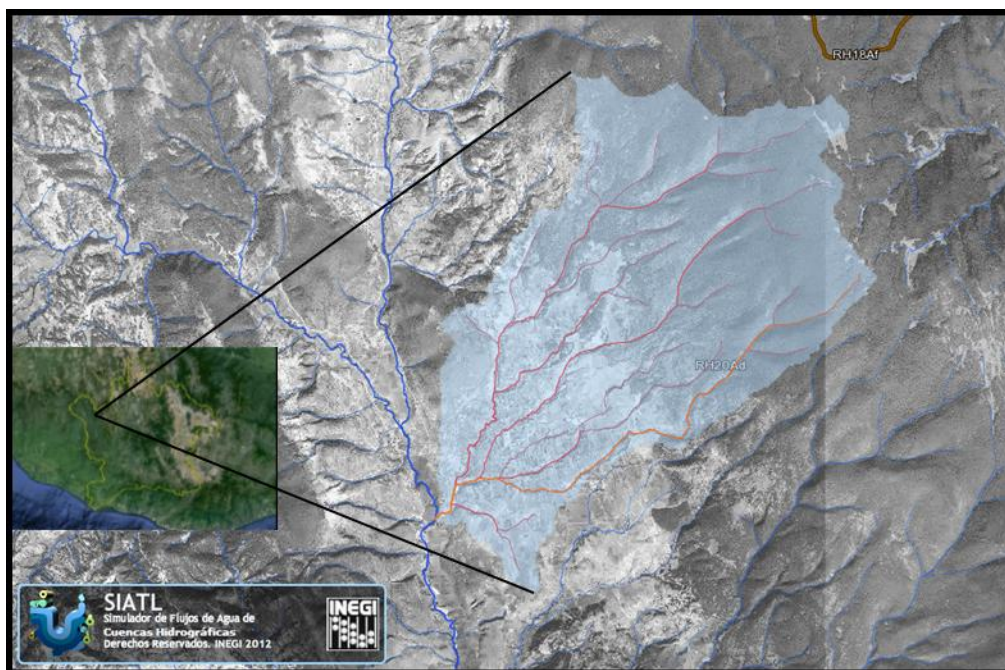


Figura 1. Microcuenca del Yute Ndaa. De elaboración propia con base en el SIATL y Google earth.

La microcuenca se encuentra en la provincia fisiográfica Sierra Madre del Sur, más específicamente en la Subprovincia Mixteca Alta. El agua ha labrado su red de drenaje sobre material parental de origen sedimentario, principalmente calizas. Las tierras en su mayoría corresponden a los leptosoles y luvisol según el Mapa Digital de México publicado por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.

El clima predominante corresponde al Templado subhúmedo con lluvias en verano, el más húmedos de los subhúmedos $C(w_2)(w)b$, y en una franja muy pequeña en la parte alta de la microcuenca, el semifrío subhúmedo con lluvias en verano $C(E)(w)$. Hacia la parte baja de la microcuenca también se encuentra el subhúmedo con lluvias en verano $C(w_2)(w)(b)$ con una temperatura media anual de 12 a 18 °C. La precipitación media anual es de alrededor de 720mm, obtenida a través del método del polígono de Thiessen. En la parte alta de la microcuenca se encuentra una franja de bosque de pino-encino, y asociación de bosque de pino con vegetación secundaria; en la parte media se encuentra una gran franja de bosque de pino-encino asociado a vegetación secundaria y hacia la parte baja se distribuye el bosque de Juniperus y matorral.

Método

Resulta conveniente advertir que en la búsqueda de estrategias para generar un diagnóstico integral de la degradación de la microcuenca, se han juxtapuesto diversas corrientes metodológicas a fin de que brinden mayores elementos para entender la realidad compleja. Si bien la metodología ASSOD (Van Lynden, 1997 citado por SEMARNAT-CP, 2002) resulta un marco de partida para el análisis general, el abordaje a nivel local ha integrado otros métodos y otras escalas que ofrecen mayor detalle sobre la problemática. Un elemento metodológico central que se suma es la participación de

actores clave de la microcuenca, a quienes consideramos expertos locales del territorio, lograda mediante la Inserción Intercultural Profunda (Mijangos, 2006). El planteamiento metodológico de esta investigación ha considerado las siguientes etapas

Etapas 1. Trabajo en gabinete. Se realizó una caracterización sociocultural y morfométrica de la microcuenca. Se recurrió a publicaciones, material cartográfico y bases de datos, lo cual permitió una lectura preliminar del problema de la degradación de la tierra.

Etapas 2. Levantamiento etnoedafológico. Se generó un mapa base a partir de la clasificación y cartografía local bajo los principios de la etnoedafología (Ortiz, 1999) y de la cartografía de tierras campesinas (Ortiz, 1999; Ortiz, 2012, Pájaro y Ortiz, 1987; Pájaro, 2009; Licon, 1991 y 2007). Se realizaron cuatro transectos con expertos locales en diferentes paisajes y unidades de escurrimiento de la microcuenca.

Etapas 3. Inventario y caracterización general de la degradación. Se identificó y valoró en voz de las y los expertos los principales procesos de degradación de la tierra, así como sus causas y sus consecuencias. En esta etapa se buscó responder las siguientes preguntas: ¿Se encuentra deteriorada la tierra? ¿Por qué se deteriora? ¿Cuáles son los procesos que mantienen la integridad o el deterioro de la tierra? ¿Cuáles son los principales tipos de degradación de la tierra? ¿Qué incentiva a proteger la tierra? ¿Cuáles son los efectos de la degradación?.

Etapas 4. Caracterización técnica de los procesos de degradación. Se estudiaron los procesos más importantes: la erosión hídrica y la declinación de fertilidad, para ello fue necesario describir sitios de interés. En cada clase de tierra se realizó un muestreo dirigido, de donde se tomaron muestras compuestas de suelo y se caracterizaron 42 sitios según aspectos de ubicación, del suelo, pendiente, vegetación y prácticas de conservación. Para evaluar el nivel de afectación, la extensión y la tasa de degradación se utilizó el marco planteado por ASSOD. Los factores causativos fueron identificados y descritos por expertos de la comunidad.

El estudio técnico del proceso de declinación de la fertilidad de la tierra se realizó con base en los resultados de laboratorio de las muestras (N, P, K, Ca, Mg, M.O. y pH). Para la estimación de la Erosión hídrica se recurrió a la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (Wischmeier y Smith, 1978). Para el cálculo del factor R se aplicó la ecuación cuadrática indicada por Cortés (1991) según el mapa de regiones de erosividad.

La susceptibilidad de los suelos a erosionarse (K) se determinó mediante el nomograma de Foster (1984) citado por Becerra (2005). Para el factor LS se aplicaron las ecuaciones para pendientes uniformes, pendientes irregulares divididas en segmentos iguales y pendiente divididas en segmentos de longitud desigual (Wischmeier, 1978 y Mitchel, 1984 citados por Becerra, 2005). Para estimar el factor cobertura (C) se calculó el porcentaje de sombra, cobertura del suelo y con bases de datos de Mitchell y Bubenzer (1984) citados por Becerra (2005), Santos (1995) y Mancilla (2008) se asignaron valores de C para las condiciones locales. Para obtener el Factor P se identificaron las principales obras y prácticas de conservación de suelo y agua, a las cuales se les dio una valoración correspondiente tomando en cuenta los valores considerados por Wischmeier (1978) citado por (Becerra, 2005). Los resultados de la ecuación fueron evaluados de acuerdo al sistema de clasificación propuesta por la FAO-PNUMA-UNESCO (1984).

Resultados

Caracterización morfométrica de la microcuenca del Yute ndaa

La microcuenca del Yute ndaa tiene un área de 28.7 km², perímetro de 25.19 km y su longitud es de 8.7 km. Tiene su parte más alta en el complejo montañoso conocido como Yuku Ka'nu a una altura de 3140 msnm y su salida a los 1880 msnm. La red de drenaje se extiende en dirección Noreste-Suroeste. La longitud del cauce principal es de 10.15 km con una pendiente de 11.23%. Los valores del índice de forma ($IF=0.37$), del Coeficiente de compacidad ($Cc= 1.36$) y de la Relación de elongación ($Re= 0.59$) indican que se trata de una microcuenca ligeramente alargada y con gastos atenuados. La pendiente media de la cuenca es de 30.7%. Es importante apreciar que no obstante el relieve accidentado de la microcuenca, la densidad de drenaje es relativamente baja (1.9) lo que permite deducir que la vegetación disminuye considerablemente la posibilidad de escurrimiento y en consecuencia la erosión hídrica.

Levantamiento etnoedafológico

A pesar de que algunas personas manifiestan que no manejan nombres para las diferentes clases de tierra, existe una nomenclatura (clasificación) que reconoce diferentes cualidades en las tierras, principalmente con relación al color y a la textura. Los productores distinguen once clases de tierra con base en su posición en el paisaje, en características de la capa superficial, el desarrollo de los cultivos y las condiciones de laboreo. Tales parámetros utilizados para la diferenciación y clasificación de las unidades de tierra, coinciden con los reportados por Ortiz *et al.* (2005). En el Cuadro 1 se hace un resumen de la descripción de siete clases con base en las opiniones de los informantes clave (autoridades) y productores cooperantes del estudio.

Cuadro 1. Clasificación y caracterización de clases de tierras campesinas

Clase de tierra	Características distintivas
Negras	Se ubican en la parte baja de la microcuenca, de color negro, textura media, profunda (gruesas), consistencia plástica en mojado y dura en seco, guarda humedad sin anegarse, es fértil y muy productiva. Es fácil de trabajar y se dan bien el maíz, chícharo, lenteja, alverja, chile verde y otras hortalizas.
Rojas o Coloradas	Se ubican en la parte media de la microcuenca al pie de los montes, de color marrón, textura media, profundidad media, consistencia plástica en mojado y dura en seco, guarda muy poca humedad, poco fértil y requiere fertilizantes, poco productiva. Difícil de trabajar, son pesadas y, con fertilizantes, se dan bien el maíz, frijol y trigo.
Blancas resacas	Se ubican de manera dispersa en la parte baja de la microcuenca, de color claro, textura media a fina, poco profunda (delgada), consistencia plástica en mojado y dura en seco, guarda muy poca humedad, es poco fértil y requiere fertilizantes, poco productiva. Difícil de trabajar, se ponen duras y sólo el maíz se da y poco.
Blancas húmedas	Se ubican de manera dispersa en partes erosionadas, de color claro, textura fina, poco profunda, consistencia plástica en mojado y dura en seco, guarda mucha humedad, es poco fértil y requiere fertilizantes, poco productiva. Es difícil de trabajar y es tierra de pino ocote.

Cerudas	Se ubican en la parte baja y media de la microcuenca, de color pardo claro, textura fina, poca profundidad, consistencia plástica en mojado y dura en seco, guarda mucha humedad, poco fértil y poco productiva. Difícil de trabajar, son pesadas y, con fertilizantes, se dan bien el maíz, avena, trigo y alfalfa.
Bayitas sueltas	Su ubicación es dispersa, de color gris o cenizo, textura media, poco profunda, consistencia poco plástica en mojado y suelta en seco, guarda poca humedad, poco fértil pero productiva si se trabaja bien. Es fácil de trabajar pues el arado penetra suave y se dan bien el maíz, avena, trigo y alfalfa.
Monte alto	Se ubican en la parte alta y media de la microcuenca, de color negro, textura media, profunda, consistencia poco plástica en mojado y suelta en seco, guarda mucha humedad, es muy fértil y muy productiva. No se laborea pues es tierra de bosque.

Otro aspecto del conocimiento local es lo relacionado a la distribución geográfica de cada clase de tierra, lo que según Licona (1991), Ortiz (1999), Ortiz (2012) y Pájaro (2009) es referido como manchones o vetas del territorio en los que se reconoce una misma clase de tierra o una mezcla de ellas, de tal manera que la elaboración de un mapa de manchones de clases de tierra, constituye el mapa base con unidades cartográficas que contienen tierras similares. En la Figura 2 se reporta su distribución espacial en la microcuenca.

Esta clasificación de suelos y su representación en el mapa de tierras campesinas (levantamiento etnoedafológico) han sido la base para el análisis de los tipos de degradación más importantes en la microcuenca de manera detallada.

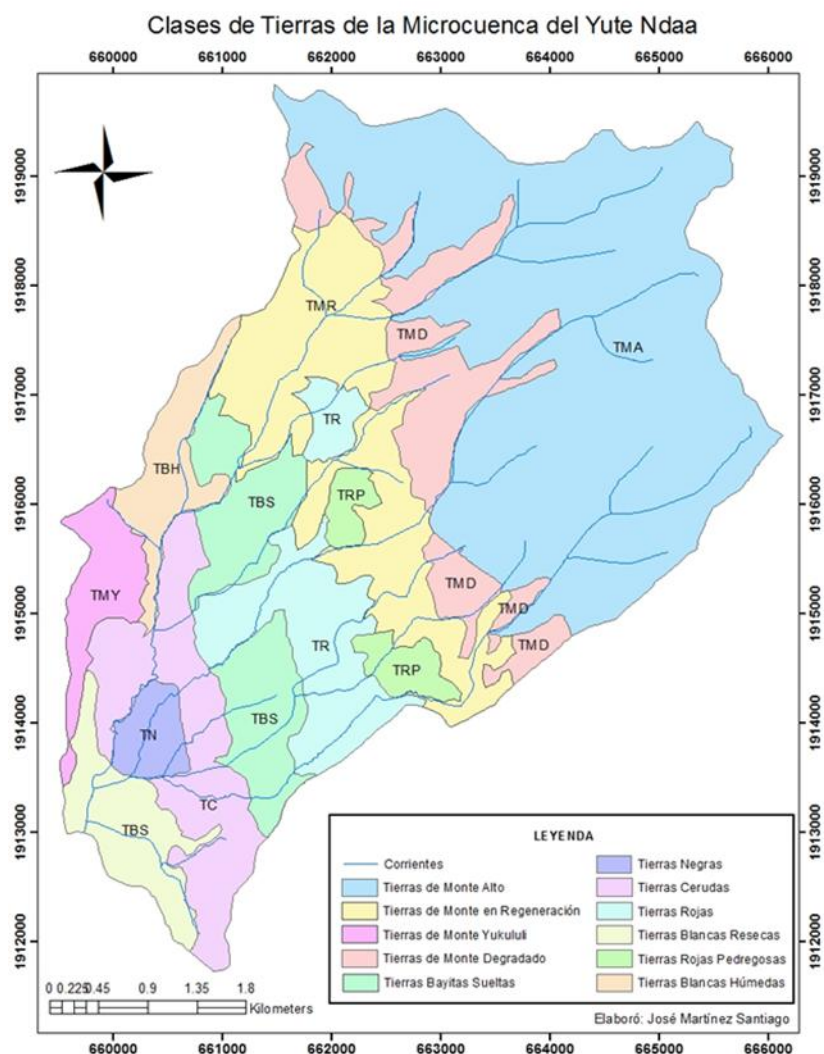


Figura 2. Mapa de tierras campesinas de la microcuenca del Yute Ndaa. Elaboración propia con base en información de expertos locales del territorio.

Identificación de procesos de degradación por los productores

La degradación de la tierra es una realidad construida socialmente, apoyada en interpretaciones y valores de quienes la perciben, y que cambian con el tiempo. Por ello consideramos que es la comunidad de *Nuu Ndeku*, quien posee los mejores elementos para opinar sobre una realidad local que a diario viven y experimentan. Al estudiar esta problemática se han logrado identificar los dos tipos de degradación más relevantes: la erosión hídrica y la declinación de la fertilidad.

La gente del *Nuu Ndeku* logra apreciar ambos fenómenos, y nombra de manera recurrente como "tierras lavadas", en las que "el agua se lleva la tierra, la lava" a aquellas tierras en las que se percibe la pérdida de suelo superficial por erosión hídrica (Hs: según ASSOD). También reconocen tierras en donde el agua "hace zanjas" que corresponde a la erosión hídrica con deformación del

suelo superficial (Hc: según ASSOD). Por último, señalan a las tierras que "ya perdieron su fuerza" o que "ya se les fue su jugo" lo que coincide con el proceso de declinación de la fertilidad y pérdida de materia orgánica (Qd: según ASSOD). Este proceso de pérdida de fertilidad es muy fácil de apreciar para la comunidad, pues "las trojes ya no se llenan como antes" porque hay una merma en el rendimiento.

Según la opinión de los productores y los recorridos de campo, los procesos más importantes son Hs y Qd.

Factores causativos de las tierras lavadas: pérdida de suelo superficial por erosión hídrica

Las causas directas detectadas entre los productores son: a) el sistema de riego rodado que no tiene un buen control del agua dentro de las parcelas, b) las características de la lluvia, pues Tío Erasmo menciona que "las aguas han cambiado, antes llovía mucho más que ahora pero más parejo, lluvias suavecitas que se sostenían de día y de noche, ahora llueve muy golpeado y a destiempo", c) falta de mantenimiento de las obras de conservación heredadas, d) ausencia de nuevas estrategias de conservación; e) la tala inmoderada durante largos periodos de tiempo (incluso desde la época colonial). La gente más grande aún recuerda que parte del área ya no poseía árboles grandes cuando eran jóvenes, y que los hornos para extraer la cal requerían de mucha leña para funcionar; y f) un fuerte incendio (de hace 30 años) que duró varios días y no se logró apagar. Muchas de las causas directas encuentran su origen en las causas subyacentes. La comunidad opina que "las tierras ya están lavadas" debido a que ya no se cuidan como antes por la falta de mano de obra que provoca la migración. La reducción de mano de obra se ha reflejado en la disminución de las prácticas tradicionales de conservación del suelo, como el terraceo y la siembra de árboles, maguey y nopales en los bordos, y en la falta de elaboración de nuevas obras. Unos de los aspectos notorios en las últimas décadas ha sido el envejecimiento de la comunidad. Es posible escuchar de los más grandes que "ahora ya no se trabaja igual, los más muchachos ya no saben trabajar bien la tierra, ya ni hay"-dicen. Otra de las causas la relacionan con fenómenos de cambio climático, asociados a la precipitación y la escorrentía pues "el tiempo ya no es igual".

Factores causativos de las tierras sin fuerza: declinación de la fertilidad y pérdida de la materia orgánica

Dentro de las causas directas se pudo identificar el abandono del manejo de la fertilidad basada en la restitución de nutrientes a través de la crianza de animales y la consecuente aplicación de estiércol. Específicamente la reducción en el tamaño del hato de ovinos, caprinos y animales de trabajo. Otra causa es el abandono de la asociación del frijol ayocote con el maíz, debido a los cambios en la precipitación y escorrentía. Tío Isauro Betanzos comenta que "ahora las lluvias llegan a destiempo y muy variables, y el ayocote ya no desarrolla bien". Las causas subyacentes están relacionadas con la falta de mano de obra que ha limitado la crianza de animales y el pastoreo rotativo dentro de las parcelas. Otra es la falta de asistencia técnica y capacitación en el manejo de fertilizantes químicos, pues tío Rufino Joaquín comenta que "no ha habido un técnico en la comunidad que oriente bien qué tipo de fertilizante utilizar y en qué cantidades". Se tiene la creencia de que "queman la tierra", "la acostumbran" y después "ya no se puede producir sin ellos". Por último reconocen que la política de desarrollo no responde a problemáticas reales y han inhibido la iniciativa y organización de la comunidad.

Caracterización técnica de los procesos de degradación por clase de tierra

La caracterización está basada en el lenguaje de la metodología ASSOD reportada por SEMARNAT-CP (2002) y la información se presenta en el Cuadro 2. Las tierras Blanca húmeda, Blanca reseca, Roja y la de Monte degradado son las que presentan mayor problema de degradación pues, en ellas, se encuentran los tres procesos identificados. Así mismo, en dos clases de tierra el nivel de afectación es fuerte (3) y el área afectada por los procesos es elevada (del 35 al 60%). Se percibe que la tasa de degradación va en aumento (+) y sus causas directas están relacionadas con las actividades agrícolas y la deforestación por tala inmoderada, en algunos casos para alimentar hornos de cal. Por otro lado se encuentran las tierras agrícolas mejor conservadas Ballitas sueltas, Negras y Rojas pedregosas que presentan dos procesos de degradación con nivel ligero y poca área afectada. En las de Monte en regeneración y Monte Yuku lui incluso la tasa de degradación ha disminuido por recuperación de la cubierta vegetal. Por último las tierras de Monte alto se consideran estables (SH) debido a que en la comunidad se han acordado medidas de conservación (gobernanza local).

Cuadro 2. Inventario y caracterización de procesos de degradación por clase de tierra

Clase de tierra	Procesos de degradación
Blancas húmedas	Hs3.60(+); Hc2.50(+); Qd2.60(+)
Blancas resacas	Hs1.35(+); Hc1.10(+); Qd2.45(+)
Rojas pedregosas	Hs1.20(0); Qd1.20(+)
Rojas	Hs1.25(+); Hc1.10(0); Qd1.35(+)
Cerudas	Hs1.25(+); Qd1.30(+)
Negras	Hs1.20(+); Qd1.20(+)
Ballitas sueltas	Hs1.10(+); Qd1.10(+)
Monte degradado	Hs3.50(+); Hc3.40(+)
Monte en regeneración	Hs1.10(-)
Monte Yuku lui	Hs1.5(-)
Monte alto	SH

Nota: Hs: Erosión hídrica con pérdida de suelo superficial; Hc: Erosión hídrica con deformación del suelo superficial; Qd: declinación de la fertilidad y pérdida de materia orgánica; SH: tierras estables; 1: si el nivel de afectación es ligero y 3 si es fuerte; 5, 10, 20...se refiere al porcentaje de área afectada; (+) si la tasa de degradación en los últimos 5-10 años va en aumento, (-) si disminuye y (0) si permanece igual; las letras a,f,i se refieren a causas relacionadas con prácticas agrícolas, deforestación e industriales respectivamente.

Análisis de la declinación de la fertilidad

Con base en la información del Cuadro 3 se puede establecer que el proceso de declinación de la fertilidad y pérdida de materia orgánica en las tierras Blanca húmeda y Blanca reseca, consideradas como “más degradadas”, está relacionado con el pH alcalino y el bajo contenido de M.O, N, P y

Mg. Aunque la tierra Ceruda también es considerada poco fértil y poco productiva tiene mejores condiciones de pH, M.O y contenido nutrimental. Por otro lado, las tierras consideradas fértiles y productivas (Negra, Ballitas sueltas y la de Monte alto) coinciden con un alto contenido de M.O. y de nutrimentos. Por lo anterior, se puede decir que la percepción de los productores queda respaldada por los datos cuantitativos aportados por el análisis de laboratorio, con algunas diferencias.

Estimación de la erosión hídrica

Se obtuvieron los valores de cada uno de los factores de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo y se estimó el suelo perdido. Los resultados se muestran en el Cuadro 4. Es importante observar que un gran porcentaje de la superficie de la microcuenca (79%) se encuentra con niveles ligeros de erosión, sobresaliendo las tierras de Monte alto y Monte en regeneración en donde no se percibe ningún signo de erosión. Estas clases de tierra ocupan gran importancia por ser cabecera de cuenca, zona de recarga, área de gran diversidad biológica y por el excelente estado de conservación en que se encuentran, caracterizado por su régimen de tenencia comunal.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Es importante señalar que el marco de la metodología ASSOD reportada por la SEMARNAT-CP (2002) permitió un buen acercamiento a los problemas, pero ha resultado insuficiente, pues como se ha visto con la erosión hídrica y la declinación de la fertilidad, son producto de una situación compleja a la que subyacen causas que no resultan notorias a simple vista. Como lo indican Pulido y Bocco (2011) las causas subyacentes muestran una gran complejidad y son de tipo social, económico, cultural y político. En un primer plano destacan la migración, el envejecimiento de la mano de obra, la falta de mano de obra, y el abandono de tierras, y por último las políticas de apoyo al campo y la tenencia de la tierra. Se nota que la migración no se ha dado únicamente por el agotamiento y/o la sobreexplotación de las tierras, ni mucho menos que, la migración haya permitido aliviar la degradación tal y como señala Morales (2005). Por el contrario, ha tenido efectos negativos relacionados con el debilitamiento de las estrategias del manejo de la fertilidad y la conservación de la tierra. Lo anterior refuta la lógica de Hardin (1968) que aduce la dificultad para manejar recursos compartidos. A diferencia de lo anterior, se han generado procesos de gobernanza local y acción colectiva que procuran la conservación de bienes comunes (la tierra, el agua y el monte) tal y como lo propone Ostrom (2011).

Cuadro 3. Contenido nutrimental (mgkg⁻¹), pH y materia orgánica por clase de tierra y su evaluación.

Clase de tierra	pH	MO %	N	P	K	Ca	Mg
Blancas húmedas	8.41	1.16	11.23	4.48	300	8346.67	140.33
	Alcalino	B	MoB	MB	M	A	B
Blancas resacas	8.46	1.6	13.7	8.37	274	8275	74
	Alcalino	MoB	MoB	B	M	A	B
Rojas pedregosas	8.13	3.2	10.46	15.08	276.66	8068.33	93.33

	Mod. Alc.	A	MB	MoB	M	A	B
Rojas	8.19	1.8	11.26	5.93	402.66	8785.66	207.5
	Mod. Alc.	MoB	MoB	B	M	A	MoB
Cerudas	8.0716	3.3	12.88	17.32	753.66	10188	306.5
	Mod. Alc.	A	MoB	MoB	MoA	MA	M
Negras	8.06	2.55	23.3	11.77	390.66	9783	167
	Mod. Alc.	MoA	M	MoB	M	MA	MoB
Ballitas sueltas	8.11	3.42	11.25	7.64	306.33	8778.83	182.66
	Mod. Alc.	A	MoB	B	M	MA	MoB
Monte degradado	6.23	3.7	8.83	6.85	164.66	4251	143.33
	Mod. Ácido	A	B	B	MoB	MoA	B
Monte en regeneración	6.27	20.4	12.03	9.25	343.33	5736	292.66
	Mod. Ácido	MA	MoB	B	M	MoA	M
Monte Yucu luli	7.87	8.2	26.53	6.23	320	11075.33	156.66
	Mod. Alc.	MA	M	B	M	MA	MoB
Monte alto	5.45	44.1	23.33	12.31	378	5331	288.33
	Ácido	MA	M	MoB	M	MoA	M

Alc: alcalino; B: bajo; MoB: moderadamente bajo; MB: muy bajo M: medio; A: alto; MoA: moderadamente alto; MA: muy alto. Los valores de referencia se tomaron de Castellanos *et al.* (2000).

Contrariamente a lo reportado por Contreras (1996), Rojas (2004), SEMARNAT-CP (2002), SEMARNAT-UACH (2003) y Martínez (1988) sólo 12% de la superficie de la microcuenca presenta graves procesos de erosión hídrica. El restante 9% sufre pérdidas moderadas y ligeras. Es importante comentar que el promedio (ponderado) de pérdida de suelo en la microcuenca (34.5 ton/ha/año) guarda una gran diferencia con las 200 t/ha/año reportadas para la Ñuu Savi Vijin (Contreras, 1996; Rojas, 2004 y Martínez, 1988). El resultado aquí expuesto representa una aproximación a mayor detalle de las condiciones de degradación en la Ñuu Savi. Por otro lado, existen diferencias entre los resultados de la EUPS y la información de los expertos locales, particularmente en las Tierras Bayitas sueltas, Negras, Cerudas, Rojas y Rojas pedregosa cuyos niveles de pérdida de suelo aparecen como nulos, mientras que los expertos locales notan signos importantes de erosión.

Por lo anterior se concluye que: a) una gran parte de la microcuenca se encuentra en excelente estado de conservación, específicamente la parte alta y media de la misma; b) La participación de los expertos locales del territorio ha sido determinante y de mayor importancia para el estudio

detallado de los procesos de degradación y sus factores causativos; c) La sabiduría de los productores derivó en la cartografía, clasificación y caracterización de tierras campesinas de la microcuenca, que brindó un marco geográfico detallado para el análisis de la degradación; e) la inclusión de expertos locales del territorio y sus aportes mediante el conocimiento local de la tierra, es un aporte importante a la metodología ASSOD, lo que permite un diagnóstico integral de la degradación basado en el lenguaje tradicional para nombrar los procesos y en el inventario de causas directas e indirectas.

Cuadro 4. Valores y resultados de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos en $\text{tha}^{-1}\text{año}^{-1}$, Por clase de tierra

Unidad Cartográfica	R	k	LS	C	P	Erosión	Ha	% de la superficie
Blanca húmeda	2387.4	0.02	8.8	0.77	1.00	296.5	93.7	3.2
Monte degradado	2403.5	0.01	11.6	0.80	1.00	252.5	255.3	8.8
Blanca reseca	2405.2	0.03	4.1	0.58	0.15	22.0	117.5	4.0
Monte Yuku luli	2394.0	0.01	15.2	0.03	1.00	14.1	84.2	2.9
Roja pedregosa	2416.9	0.02	3.6	0.20	0.20	7.3	62.3	2.1
Ballita suelta	2403.9	0.02	1.7	0.43	0.10	3.8	219.6	7.6
Ceruda	2407.7	0.01	1.7	0.44	0.13	3.3	238.0	8.2
Roja	2408.6	0.01	1.2	0.61	0.11	2.6	221.1	7.7
Negra	2397.8	0.02	0.7	0.51	0.10	1.5	47.1	1.6
Monte regeneración	2401.8	0.01	3.6	0.03	1.00	1.5	403.1	13.9
Monte alto	2411.2	0.00	22.4	0.01	1.00	0.2	1142.5	39.6

LITERATURA CITADA

- 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. en: <http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/Tseccion.html>. Consultado el 5 de noviembre de 2011
- Becerra M., A. 2005. *Escorrentía, erosión y conservación de suelos*. Primera reimpresión. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, México. 375 p.
- Boege S., E. 2008. *El patrimonio biocultural de los pueblos indígenas de México*. Instituto Nacional de Antropología e Historia: Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas, 344 p.

- Castellanos, J.S., J.X. Uvalle B. y A. Aguilar S. 2000. *Manual de Interpretación de Análisis de Suelos y Aguas*. 2ª Edición. Colección INCAPA. México.
- Contreras H., J.R. 1996. *Erosión en Yanhuítlán Mixteca Alta, Oaxaca: una estrategia integral de combate*. Tesis de Doctorado. Colegio de Postgraduados. Montecillos, México. 213 p.
- Cortés T., H.G. 1991. *Caracterización de la erosividad de la lluvia en México utilizando métodos multivariados*. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Méx. 168 p.
- FAO-PNUMA-UNESCO. 1984. *Metodología provisional para la evaluación de la degradación de los suelos*. Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo de la Agricultura y la Alimentación (FAO), Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), Organización de las Naciones para el Medio Ambiente (UNESCO). Roma, Italia. Consultada el 18 de agosto de 2013 en: <https://books.google.com.mx/>
- Hardin, G. 1968. *The tragedy of the commons*. Science. Vol.162. 1243-1248. https://www.uam.es/personal_pdi/ciencias/jonate/Eco_Rec/Intro/La_tragedia_de_los_comunes.pdf. Consultado el 14 de agosto de 2013.
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. *Mapa Digital de México*. Consultado 20-02-2015 en: <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/mapadigital/>
- Licon V., A.L. 1991. *Metodología para el levantamiento de tierras campesinas a nivel regional y la técnica de producción en ejidos del centro de Veracruz, México*. Tesis de Maestría en Ciencias. Centro de Edafología. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo. México, México. 266 p.
- Licon V., A.L. 2007. *El papel de la clasificación local de tierras en la generación y transferencia de tecnología: el caso del policultivo café-plátano para velillo-sombra en Veracruz, México*. Tesis (Doctor en Ciencias, especialista en Edafología. Colegio de Postgraduados. 196 p.
- Mancilla E., G.A. 2008. *Uso y Conservación de Suelo. Uso de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (USLE) en el Campo Forestal*. Consultado el 23 de diciembre de 2013 en: <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/120400>
- Martínez, J., M. Altieri, S.A. Fonseca, J. Caballero, J.J. Hernández y M. Noriega. 2006. *Manejo del Agua y Restauración Productiva en la Región Indígena Mixteca de Puebla y Oaxaca*. Banco Mundial. México, D. f. 103 p.
- Martínez P., G.T. 1988. *Aplicación de la metodología de cartografía de la erosión hídrica con enfoque geodinámico en la mixteca alta, área de Chazumba*. Tesis Departamento de Suelos- UACh. Chapingo, México. 180 h.
- Mijangos N., J.C. 2006. *Educación popular y desarrollo comunitario sustentable, una experiencia con los mayas de Yucatán*. Plaza y Valdés. México, D. F. 201 p.

- Morales E., C. 2005. *Pobreza, desertificación y degradación de tierras*. En Cesar Morales E y Soledad Parada (Ed.) *Pobreza, desertificación y degradación de recursos naturales*. Pág 25-58. Naciones Unidas-CEPAL. Santiago de Chile.
- Ortiz S., C.A. 2012. *Cartografía de Tierras Campesinas*. CONABIO. Biodiversitas 105: 1–5. <http://www.biodiversidad.gob.mx/Biodiversitas/Articulos/biodiv105art1.pdf>. Consultado el 1 de enero de 2014.
- Ortiz S., C.A. 1999. *Los Levantamientos Etnoedafológicos*. Tesis Doctoral. Instituto de Recursos Naturales. Colegio de Postgraduados. Montecillos, Texcoco, México.
- Ortiz-Solorio, C.A., Ma. Del C. Gutiérrez-Castorena., A.L. Licona-Vargas y P. Sánchez-Guzmán. 2005. “Contemporary Influence of Indigenous Soil (Land) Classification in Mexico”. *Eurasian Soil Science*, Vol. 38, Suplemento 1.
- Ostrom, E. 2011. *El gobierno de los bienes comunes: La evolución de las instituciones de acción colectiva*. Traducción y revisión técnica Leticia Merino Pérez. UNAM, Instituto de Investigaciones Sociales: Fondo de Cultura Económica. México. 402 p.
- Pájaro H., D. 1990. *Clasificación campesina de las tierras del ejido de Tocuila, Texcoco, Edo. México*. México. Colegio de Postgraduados. (Mimeo).
- Pájaro H., D. 2009. *La cartografía de tierras: una herencia mesoamericana*. *Revista de Geografía Agrícola* 43(julio-diciembre): 9-32.
- Pulido, J. y G. Bocco. 2011. *¿Cómo se evalúa la degradación de tierras? panorama global y local*. *Interciencia*. Vol. 36 n° 2: 96-103.
- Rojas L., O. 2004. *Establecimiento de cobertura vegetal en terrenos severamente erosionados de la Mixteca Alta Oaxaqueña*. Tesis. División de Ciencias Forestales-UACH. Chapingo, México. 67 p.
- Santos L., E. 1995. *Cuantificación de la erosión hídrica bajo diferentes coberturas vegetales en un andosol en Pátzcuaro, Michoacán*. Tesis. Departamento de suelos. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 60 h.
- SEMARNAT-CP. 2002. *Evaluación de la degradación del suelo causada por el hombre en la República Mexicana, escala 1: 250 000*. Memoria Nacional 2001-2002. México.
- SEMARNAT-UACH. 2003. *Evaluación de la pérdida de suelo por erosión hídrica y eólica de la República Mexicana escala 1: 1 000 000*. México.
- Tatyisavi, Kalu. 2015. *Curso de lengua Tu'un Savi "Palabra de la Lluvia", historia y cultura del Nuu Savi "País de la Lluvia". Variante de los municipios de Yucuhiti, Nuyoo y Colindantes, Tlaxiaco, Oaxaca, México*. México, D. F. 2015. 16 p.
- Wischmeier, W.H. y D.D. Smith. 1978. *Predicting Rainfall Erosion Losses-A Guide to Conservation Planning*. USDA Agric. Handbook No. 537. 58 p.

Agradecimientos

A la comunidad de Ñuu Ndeku (San Miguel Achiutla) y al Centro de Investigación para la Gestión de la Agroecología de la universidad autónoma Chapingo, por el financiamiento para el desarrollo de esta investigación.

Extenso ID: 248. Fidel Cedillo Rodríguez , José Luis Álvarez Palacios. PROPUESTA “ALTERNATIVAS PARA EL SUMINISTRO DE AGUA PARA LA CIUDAD DE XALAPA Y MUNICIPIOS CONURBADOS”

[Regresar al índice](#)

^a Universidad Nacional Autónoma de México, Dirección corta, fedelecedillo@hotmail.com

^b Instituto de Ecología, A.C., Km 2.5 Carretera Antigua a Coatepec N° 351, luis.alvarez@inecol.mx

RESUMEN

Como sustento para demostrar la viabilidad del presente trabajo, se analizaron estudios geológicos, hidrogeológicos, geofísicos y de hidrología superficial; efectuados por la UNAM, UV, CFE, CONAGUA e INEGI. En cartas topográficas escala 1:50 000, se remarcaron las curvas de nivel, la red hidrográfica, ubicación de pozos, norias y manantiales, con el apoyo de fotografías aéreas se trazó el parteaguas de las cuencas del río Nautla, río Actopan, río La Antigua y cuenca endorreica Libres-Oriental. Los estudios hidrogeológicos efectuados en el valle de Perote-Villa Aldama mencionan un censo de 260 pozos lo que demuestra el gran potencial de agua subterránea. El estudio de la CONAGUA menciona una descarga de agua subterránea, hacia las Minas; CFE demuestra y comprueba con planos piezométricos, que esta salida es a través de manantiales que son captados en un gran tanque de almacenamiento y por energía potencial generando electricidad, en La Central Hidroeléctrica Las Minas. Los resultados de los estudios regionales de geología superficial, vulcanológicos y geofísicos, efectuados por la UNAM y CFE, en la cuenca Libres–Oriental, comprobaron con perforación de pozos, la existencia de un sistema de acuíferos con una reserva alta de agua. Asimismo, el análisis de los resultados geológico-estructural y vulcanológico, de la cuenca media del río Actopan y cuenca alta del río La Antigua, identifican: en la primera, una depresión que da origen al Valle de Jilotepec-La Concha, cubierto por derrames de lava de gran capacidad de infiltración, aunado a la buena precipitación media anual >1500mm y al flujo base del río Actopan; los anteriores parámetros evidencian un sistema acuífero potencial para la extracción de agua, para una mayor contundencia de comprobación, deben efectuarse, sondeos eléctricos verticales. Las evidencias vulcanológicas y los criterios hidrogeológicos de la cuenca alta del río La Antigua, evidencia la existencia de una caldera volcánica, que en su interior debe existir un sistema acuífero. De este sucinto análisis, se identificaron cuatro sitios potenciales como alternativas para suministrar de agua potable a la ciudad de Xalapa y municipios conurbados: a) Sistema Hidrogeológico Perote-Las Minas b) Sistema Hidrogeológico Las Minas, c) Sistema Hidrogeológico Jilotepec, d) Sistema Hidrogeológico La Gloria.

Palabras clave: Sondeo Eléctrico Vertical, Caldera Volcánica, Flujo Base

INTRODUCCIÓN

Las alternativas para el suministro de agua a la ciudad de Xalapa y municipios conurbados, consideran principalmente Sistemas Acuíferos (SA), localizados en las cuencas siguientes: porción norte de la cuenca endorreica Libres–Oriental, cuenca alta río La Antigua, Cuenca alta del río Actopan y parte alta de la cuenca del río Nautla figura 1. Los sistemas acuíferos están almacenados en alternancias de lavas basálticas y andesíticas con intercalaciones de piroclásticos. El

funcionamiento de recarga y descarga de estos SAs, considera estudios hidrogeológicos que involucra estudios regionales de geología superficial, geología subterránea, hidrología superficial e hidrología subterránea. El objetivo del presente trabajo es demostrar la existencia, origen, movimiento distribución del agua subterránea, áreas de recarga y descarga, describir la conexión o intercomunicación de los sistemas acuíferos, proponer localizaciones estratégicas de construcción de pozos, para el suministro de agua en calidad y cantidad a Xalapa y municipios conurbados. Lo anterior sustentado en la reinterpretación datos y conclusiones de estudios efectuados por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Universidad Veracruzana (UV), Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), Sistema Veracruzano del Agua (CSVA) y Comisión Federal de Electricidad (CFE).

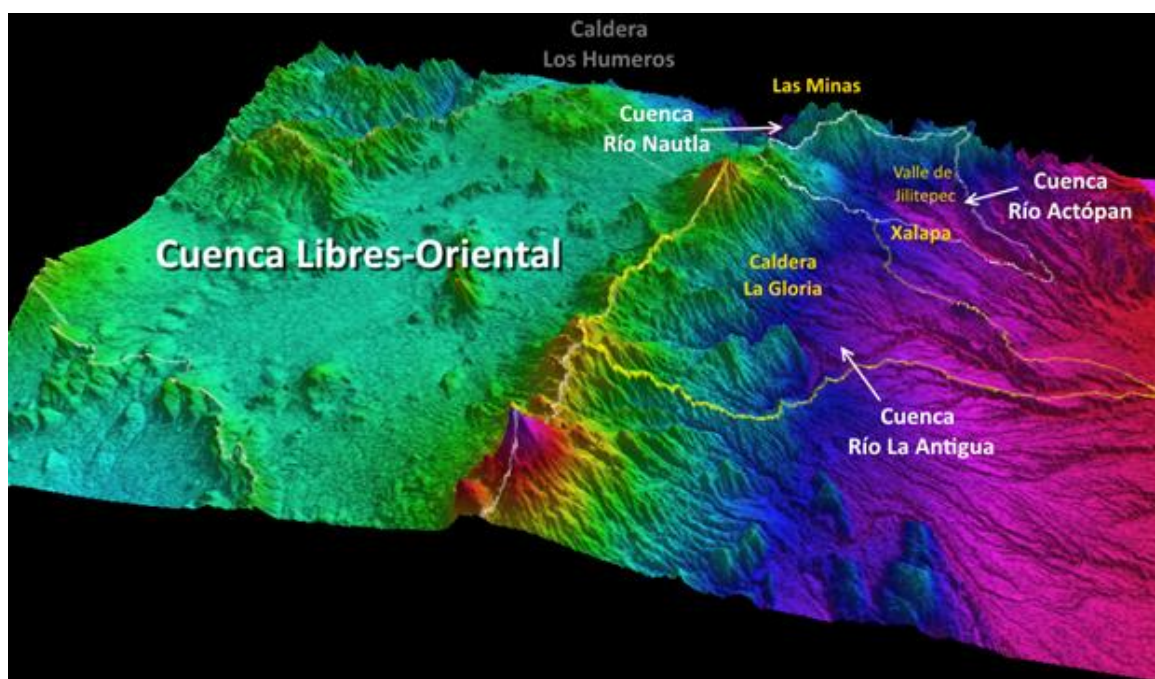


Figura 1.- Modelo tridimensional que muestra las cuencas hidrográficas y el área de estudio; las líneas amarillas demarcan los límites de cuencas y parteaguas de las mismas.

MATERIALES Y MÉTODOS

En planos topográficos escala 1:50 000 se remarcaron las curvas de nivel, red hidrográfica y con el apoyo de fotografías aéreas e imágenes de satélite, se trazó el parteaguas, delimitando las cuencas, además, se detectaron estructuras geológicas (grandes volcanes, conos cineríticos, coladas de lava basáltica, calderas volcánicas y grabens), las calderas contienen valles intermontanos con presencia de sistemas acuíferos demostrados por la extracción de agua por medio de perforaciones ubicados dentro de la "Caldera de Los Humeros" (CLH). (Cedillo, 1990). Asimismo, el gran graben que origina la cuenca Libres-Oriental (Garduño, Et Al, 1989), contiene varios sistemas acuíferos destacando el "Sistema Acuífero del Valle de Perote" (SAVP). También se detectaron los sistemas acuíferos: Sistema Acuífero del Valle de Jilotepec (SAVJ) y el posible sistema acuífero La Gloria (SALG) dentro del colapso de La Caldera La Gloria. Con columnas litológicas de pozos

geotérmicos y pozos de agua dentro de (CLH) y pozos de agua del (SAVP), se presenta el modelo hidrogeológico de los sistemas acuíferos (CLH)-(SAVP) figura 2. Con los datos de las precipitaciones medias anuales de la Carta de Hidrología Superficial de INEGI, se trazó el plano de isoyetas figura 3. Cabe agregar que para la reinterpretación del paisaje geológico se utilizaron modelos digitales de elevación de alta resolución como los ASTER, Modelo continuo de elevaciones de México proporcionado por INEGI y modelos del programa SRTM. Con estos datos y el uso del sistema de información geográfica Quantum GIS 2.2 se elaboraron modelos tridimensionales (3D) y modelos anaglíficos.

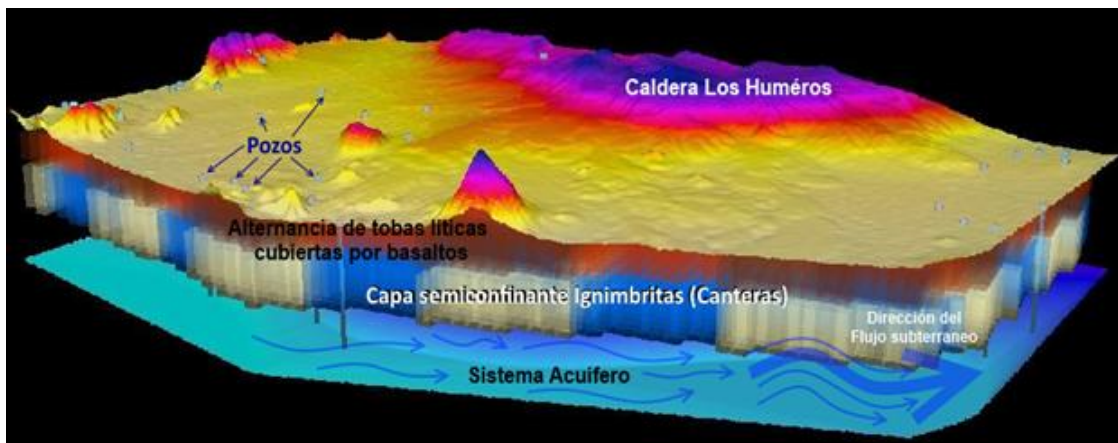


Figura 2.- Modelo tridimensional que muestra las cuencas hidrológicas y el área de estudio; las líneas amarillas demarcan los límites de cuencas y parteaguas de las mismas.

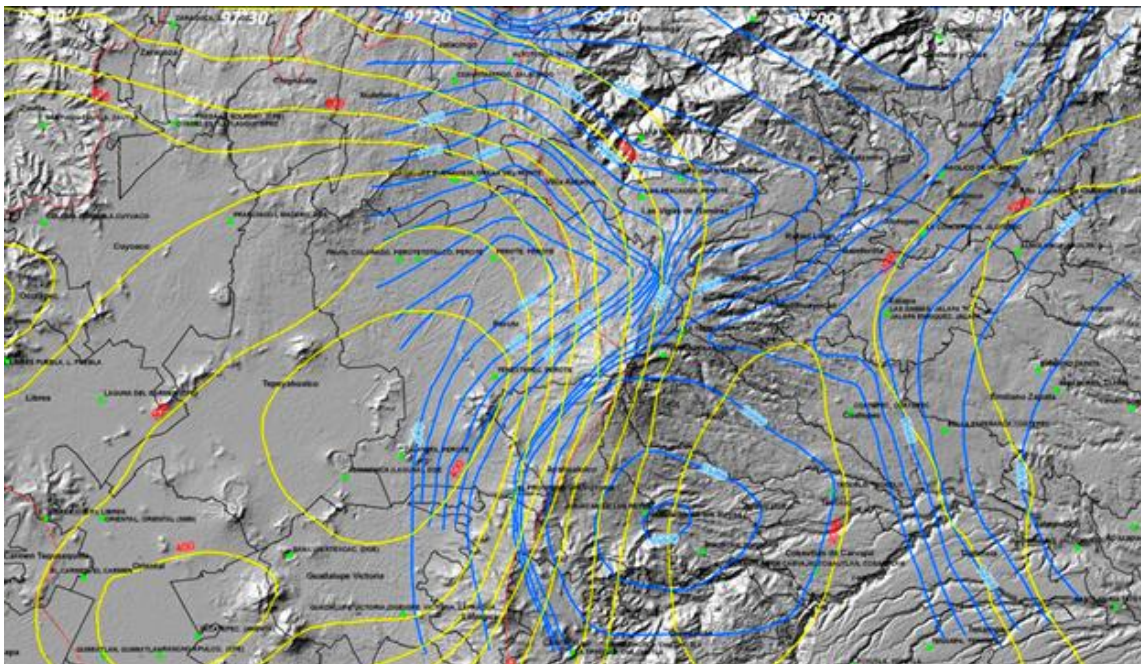


Figura 3.- Plano que muestra la precipitaciones (isoyetas amarillas) de INEGI y las precipitaciones calculadas a partir de los datos de las estaciones meteorológicas (isoyetas azules).

RESULTADOS

Como se observa en la figura 4 en el resultado del análisis se identificaron cuatro sitios potenciales como alternativas para suministrar de agua potable a la ciudad de Xalapa y municipios conurbados y estas son: a) Sistema Hidrogeológico Perote-Las Minas, b) Sistema Hidrogeológico Las Minas, c) Sistema Hidrogeológico Jilotepec, d) Sistema Hidrogeológico La Gloria. En cada una de ellas se identificaron criterios hidrogeológicos los cuales son los indicios o evidencias para que sean zonas con acuíferos potencialmente aptos para la extracción de agua, a continuación se hace una descripción de cada uno de ellos.

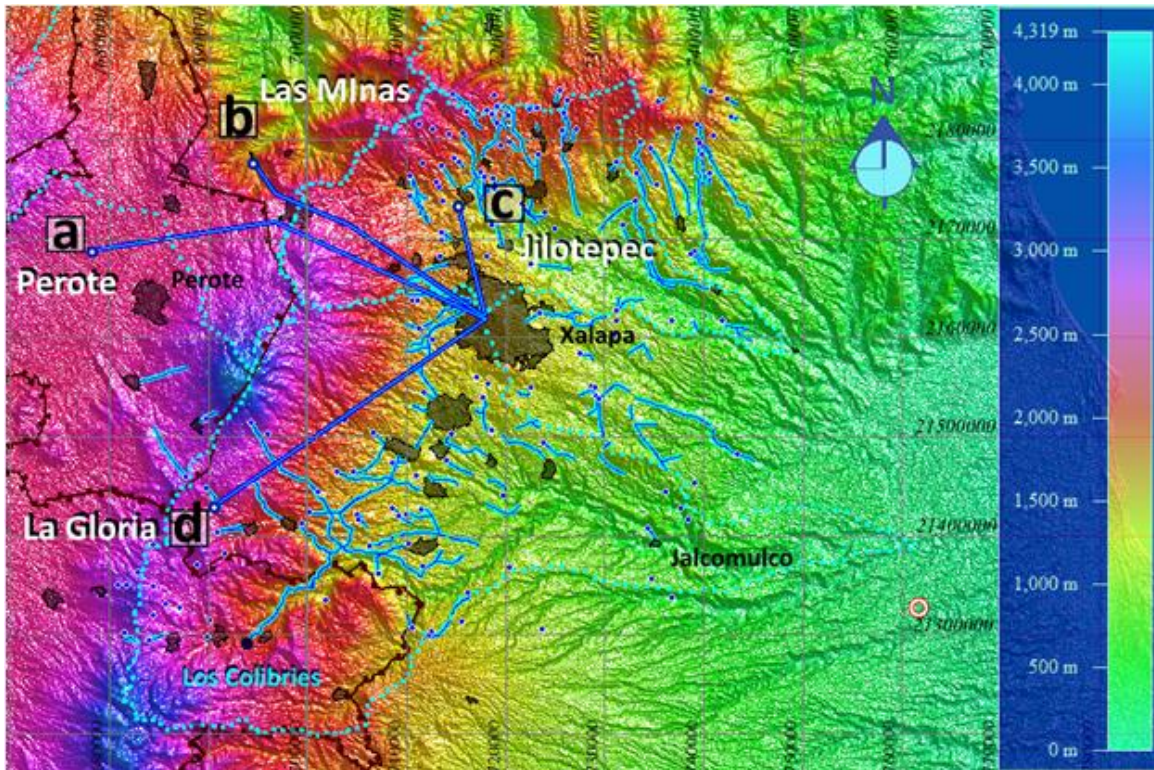


Figura 4.- Localización e identificación de las alternativas para el suministro de agua para la ciudad de Xalapa y municipios conurbados: a) Sistema Hidrogeológico Perote-Las Minas, b) Sistema Hidrogeológico Las Minas, c) Sistema Hidrogeológico Jilotepec, d) Sistema Hidrogeológico La Gloria.

a) Sistema Hidrogeológico Perote-Las Minas. Como se describió en otros párrafos, existen más de 50 pozos que utilizan el agua para uso agrícola. Esta alternativa considera también la ejecución de (SEVs) y estudios de gravimetría para conocer la profundidad y base del (SAVP), con los esos datos de ambos estudios, se construirán pozos, ubicados perpendiculares al flujo subterráneo regional. La figura 5 inciso a) muestra el perfil topográfico Perote-Xalapa, se sugiere que el sistema de conducción de la tubería se diseñe a lo largo de la autopista Perote-Xalapa. Es importante aclarar, que la construcción de los pozos, no se localizarán en el municipio de Perote. b) Sistema Hidrogeológico Las Minas. La figura 5 inciso b) el perfil topográfico, donde a través de rebombeo se llevaría esta agua almacenada y por gravedad será conducida por tubería de 12 pulgadas de diámetro a lo largo de la Autopista Perote-Xalapa, esta tubería tendrá bifurcaciones para los municipios que soliciten el vital líquido, la tubería llegará hasta la red de distribución de la Ciudad de Xalapa. c) Sistema Hidrogeológico Jilotepec. La ubicación y cercanía a La ciudad de Xalapa, del sistema acuífero del valle de Jilotepec-Espinal considera esta alternativa como la más viable, también se recomienda efectuar estudios geofísicos (geoelectricos y gravimétricos), el análisis de los resultados de ambos estudios, darán sustento para la construcción estratégica de pozos. En la figura 5 inciso c) se aprecia la distancia y desnivel topográfico. d) Sistema

Hidrogeológico La Gloria. Y en la misma figura pero en el inciso d) observamos la ubicación de la Caldera la Gloria, donde se efectuaran sondeos eléctrico verticales (SEVs) para comprobar la existencia y espesor del acuífero, descargado por el "flujo base" del Rio Xololoyan. El agua extraída por construcción de pozos, será conducida hasta interceptar el sistema de conducción Presa El Colibrí-Ciudad de Xalapa.

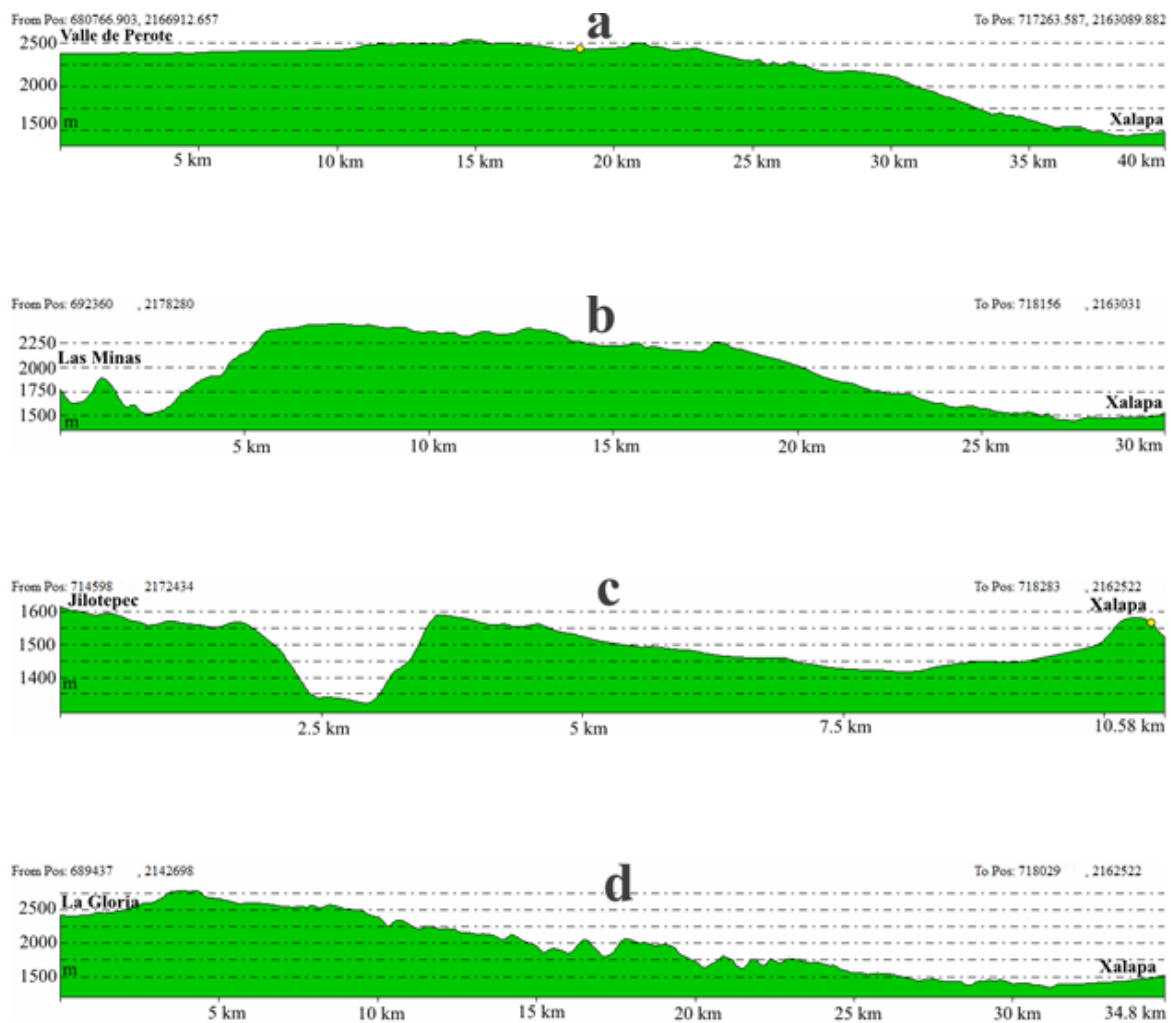


Figura 5.- Perfiles altitudinales y longitudes de las alternativas para el suministro de agua para la ciudad de Xalapa y municipios conurbados: a) Sistema Hidrogeológico Perote-Las Minas, b) Sistema Hidrogeológico Las Minas, c) Sistema Hidrogeológico Jilotepec, d) Sistema Hidrogeológico La Gloria.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En la parte alta de la cuenca del río Actopan se delimitó un gran valle que contiene un sistema acuífero, denominado Sistema Acuífero del Valle de Jilotepec (SAVJ), con pendiente hacia el oriente, localizado dentro del Municipio de Jilotepec. El flujo base medido en la estación hidrométrica el cafetal y dos pozos que extraen agua para uso potable demuestra la descarga del acuífero Jilotepec, figura 4. Estudios de la UNAM-PEMEX, postulan una gran falla lateral (Falla Veracruz) dentro de este valle de Jilotepec figura 6.

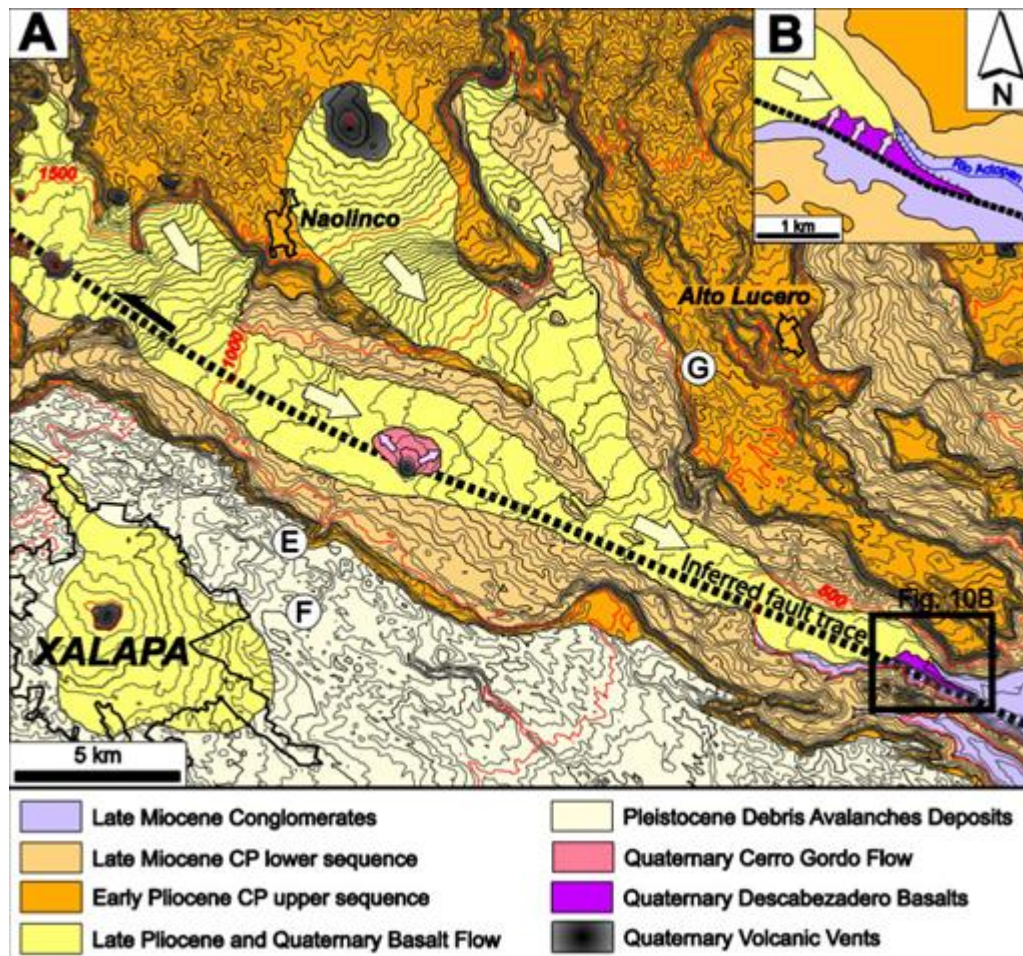


Figura 6.- La línea negra punteada muestra la falla lateral (Falla de Veracruz); en el recuadro negro de la esquina inferior derecha se resalta el valle de Jilotepec (Andeani, 2000).

El flujo base del río Xololoyan, corresponde a un probable sistema acuífero, ubicado dentro del valle intermontano originado por el colapso de la (Cadera de La Gloria). Observada por estudios geológicos de la UV-UNAM. El río Xololoyan es afluente del río los Pescados ubicado en la parte alta de la cuenca La Antigua, donde se ubica la presa El Colibrí, que suministra agua a la ciudad de Xalapa (ECA, 2010) como se aprecia en la figura 4. En la parte SE de la Cuenca alta del río Nautla, se ubica la microcuenca de la región de Las Minas donde existen manantiales que originan arroyos que corresponden a la descarga del acuífero de Perote, los manantiales son captados y transportados a un gran estanque de almacenamiento por energía potencial, energía cinemática, mueven turbinas, esta energía pasa al generador para suministrar energía eléctrica

al sistema hidroeléctrico Las Minas. En la cuenca Libres–Oriental se ubican varios sistemas acuíferos, siendo el de mayor crecimiento y explotación el acuífero Cuyuaco-Perote, actualmente explotado por sesenta y cinco pozos. A partir de 1990, inicia la localización de pozos, apoyados con estudios geoelectrónicos (sondeos eléctricos verticales, SEVs). Con columnas litológicas de pozos y su correlación con “afloramientos” de la geología superficial, se demuestra que este sistema acuífero lo conforman de la superficie a la cima: suelos, ignimbritas, alternancias de basaltos, andesitas y piroclásticos de características básicas. La base y profundidad de este acuífero, debe corresponder a rocas calizas; la sección geológico estructural, Los Humeros-Las Minas, demuestra que la base del sistema acuífero Cuyuaco-Perote, corresponden a rocas calizas (Cedillo, 2016). Las características litológicas de porosidad, permeabilidad y la medición del nivel del agua durante la construcción de los pozos, indican que el acuífero es SEMICONFINANTE.

Las figuras 7 y 8, muestran la profundidad del N.E. y la red de flujo. Las principales áreas de recarga son las estribaciones del Cofre de Perote y Caldera de Los Humeros, y las grandes superficies de lavas basálticas. Las áreas de descarga, mostrada por la red de flujo, corresponden a manantiales localizados en la región de Las Minas. La microcuenca del río Nautla localizada en el Municipio de Las Minas, muestra la red hidrográfica y ubicación de estaciones hidrométricas que miden los escurrimientos de los manantiales, que representan las descargas subterráneas del Sistema Acuífero de Perote Ver (Cedillo, 1994).

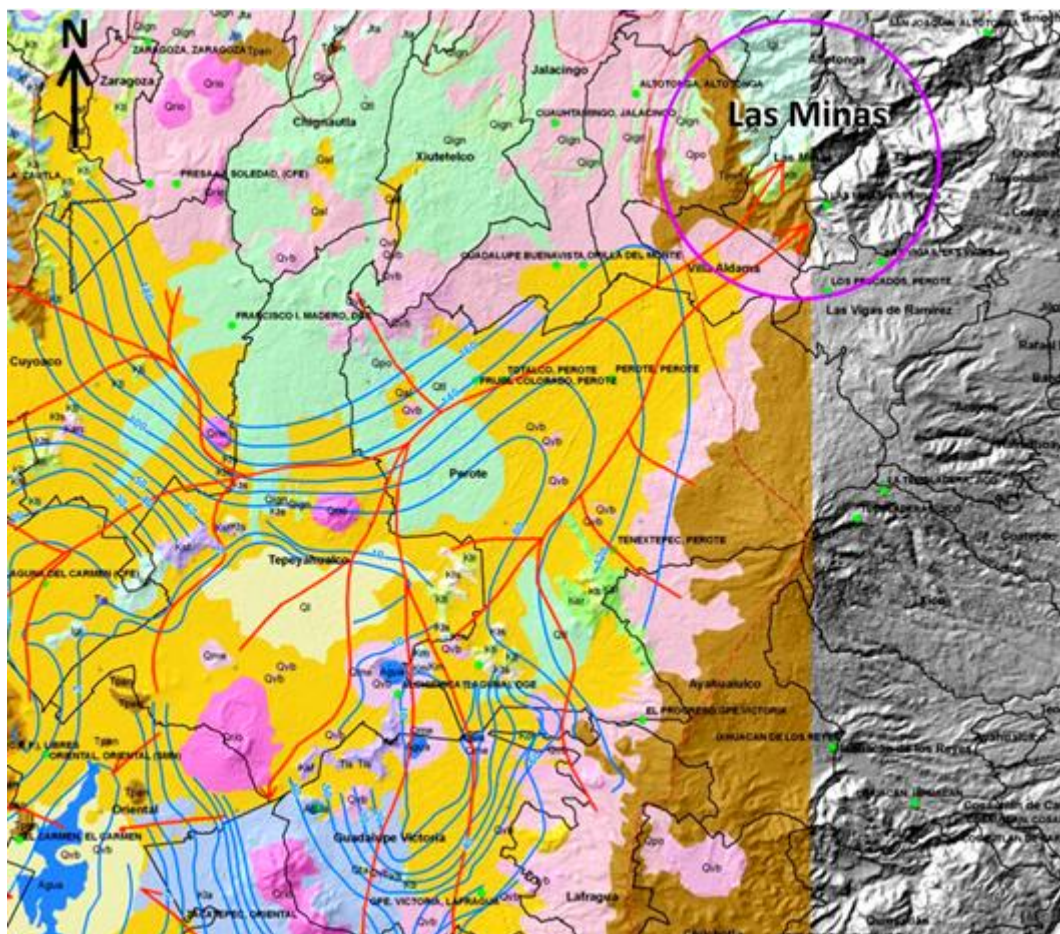


Figura 7.- Profundidad y red de flujo subterránea del valle de Perote; las líneas rojas señalan el sentido y dirección del agua subterránea y las líneas azules demarcan la profundidad del acuífero.

El gasto medio anual de 2.5 m³/seg, medido en la estación hidrométrica Las Minas, es un gasto que sobrepasa al gasto aportado por el área de esta microcuenca. En la región de las Minas, aflora la secuencia litológica que corresponde en la base a rocas intrusivas, cubiertas por calizas del Jurásico y cretácico, y estas a su vez suprayasidas por lavas andesíticas y basálticas con intercalaciones de piroclásticos, es en esta unidad litológica donde descarga el (SAVP).

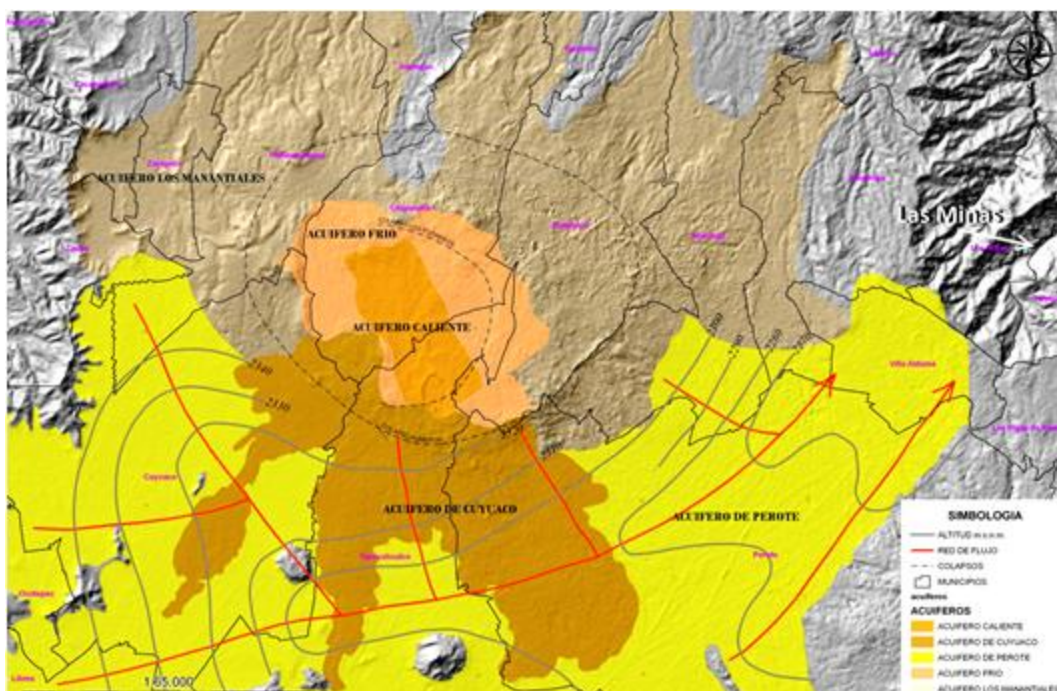


Figura 8.- Profundidad y red de flujo subterránea del valle de Perote; las líneas rojas señalan el sentido y dirección del agua subterránea las cuales se dirigen hacía las Minas. Las líneas grises demarcan la profundidad del acuífero.

La figura 2 muestra el modelo hidrogeológico regional (CLH)-(SAVP) donde observamos que en la porción oriente se localiza La CLH, dentro del colapso se localiza SALH este acuífero almacenado en una secuencia de piroclásticos que cubre a las ignimbritas Xaltipan (cantera). Es importante resaltar que el SAVP cubierto por las ignimbritas Xaltipan de características semi impermeable actúan como estrato confinante, por lo que el SAVP es un “Acuífero Semiconfinado” y está almacenado en la misma unidad litológica que descargan los manantiales. El Plano de Isoyetas figura 3 muestra un error considerable de mil milímetros de la estación climatológica, valor que modifica la distribución espacial de la precipitación. Con las conclusiones anteriormente mencionadas, se describen las alternativas para el suministro de agua a La ciudad de Xalapa y Municipios conurbados. La Cuenca Libres–Oriental, pertenece a la Región Hidrológica N denominada Balsas. En esta cuenca, se ubican varios sistemas acuíferos, siendo el de mayor crecimiento y explotación el acuífero Cuyuaco-Perote. A partir de 1990 inicia la localización de pozos, apoyados con estudios geoelectricos (Sondeos Eléctricos Verticales, SEVs), con las columnas litológicas de 10 pozos y su correlación con “afloramientos” de la geología superficial, se demuestra, que este sistema acuífero, lo conforman de la superficie a la sima por: suelos, ignimbritas, alternancias de basaltos, andesitas y piroclásticos de características básicas, La base de este acuífero se desconoce; la sección Geológico–Estructural, Los Humeros-Las Minas figura 2,

demuestra que la base del sistema acuífero Cuyuaco-Perote, corresponden a rocas Calizas (Cedillo, 2016). Las características de la litología y la medición del nivel del agua durante la construcción de los pozos, indican que el acuífero es semiconfinante. La figura 2 muestra el modelo hidrogeológico del sistema acuífero. Las figuras 8 y 9, visualizan la profundidad del N.E. y la Red de Flujo. Las principales áreas de recarga son las estribaciones del Cofre de Perote y caldera de Los Humeros, y las grandes superficies de lavas basálticas e infiltraciones del riego agrícola. Las áreas de descarga, mostrada por la red de flujo, corresponden a la región de Las Minas figura 9.

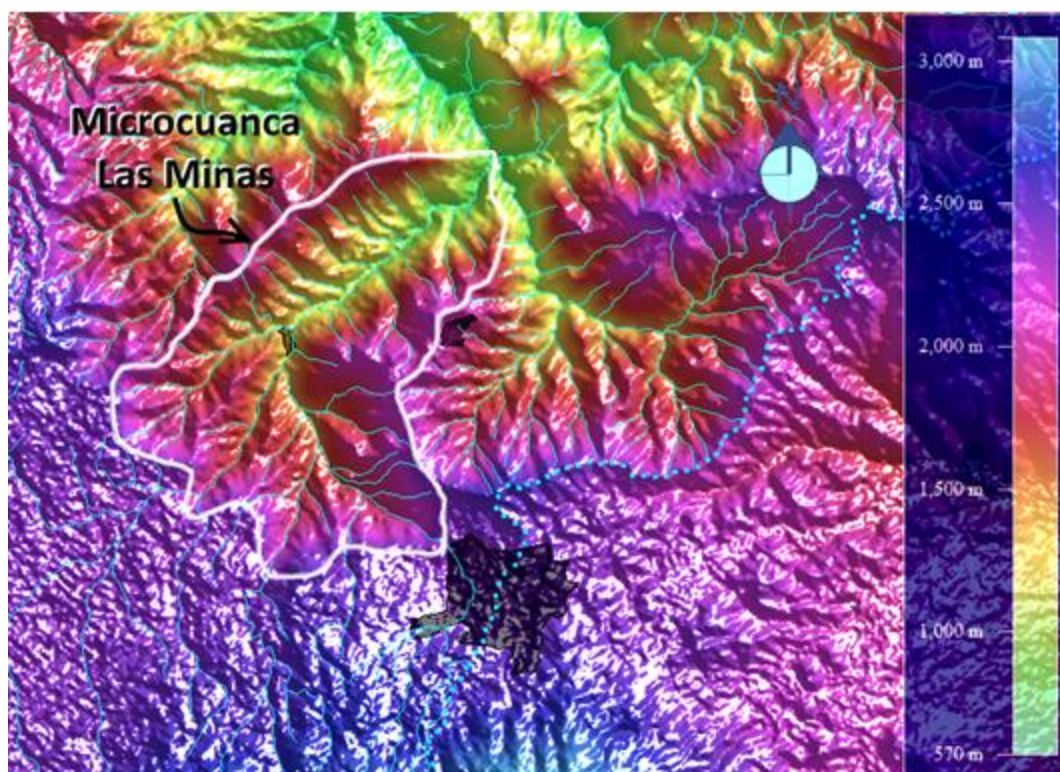


Figura 9.- Micro cuenca Las Minas; La línea blanca delimita el parte aguas de la microcuenca las Minas.

De toda la información analizada, concluimos, que desde el punto de vista geohidrológico las cuatro alternativas descritas son viables, la de mayor prioridad y más es económica, por cercanía a la ciudad de Xalapa, es la alternativa “Sistema Acuífero Valle de Jilotepec. Donde los tomadores de importantes decisiones (Gobierno Federal y Estatal) deben asesorarse de los principales centros de especialización

dedicados al estudio del Agua Subterránea, deben participar, la iniciativa privada, organizaciones no gubernamentales y ciudadanía, para que la alternativa se convierta en un proyecto viable- sustentable y solucione el déficit del agua en calidad y cantidad. El Sistema Acuífero Perote–Las Minas, ya considerado en el 2010 por la ECA como fuente alterna, para solucionar el complemento de abastecimiento de agua a La Ciudad de Xalapa, cumple con los requisitos hidrogeológicos ya comprobados y demostrados por más de 50 pozos de uso agrícola. Es necesario efectuar un modelo matemático que incluya, un estudio de gravimetría que determine la profundidad de las rocas sedimentarias, para conocer el espesor real del acuífero y el modelo conozca su geometría y pedrisca una explotación equilibrada.

LITERATURA CITADA

- Andeani L., et al 2000. The Neogeno Veracruz Fault: evidencias for left-lateral slip along the Southern Mexico block..Collége de France,UNAM,PEMEX.
- Cedillo F., 1984. Estudio geohidrológico Los Humeros –Las Derrumbadas en los Estados de Puebla-Veracruz .Informe interno. CFE.
- Cedillo F., 199I. Informe de la construcción de los Pozos Geotermohidrológicos de la Región de Los Humeros. Pué-Ver .Reporte Interno. CFE.
- Cedillo F. 1999. Modelo Hidrogeológico de Los Yacimientos Geotérmicos de Los Humeros. Puebla. Revista Mexicana de Geoenergía, Vol.15, No.3 págs. 159-170.
- Cedillo F. 2000. Geología del Subsuelo del Campo Geotérmico de Los Humeros, Puebla, Revista Mexicana de Geoenergía.16, págs. 7-16.
- Comisión Nacional del Agua, Subgerencia de Evaluación y Modelación Hidrogeológica. 2002.Determinación de la Disponibilidad de Agua en el Acuífero Valle de Actopan, Estado de Veracruz.
- Comisión Nacional del Agua. Subgerencia de Evaluación de Evaluación y Modelación Hidrogeológica.2002. Determinación de la Disponibilidad de Agua en el Acuífero Perote-Zalayeta .Estado de Veracruz.
- Diario Oficial de la Federación. 3 de noviembre 2008; Acuerdo por el que se da a conocer el resultado de los estudios de disponibilidad media anual de las aguas superficiales en las cuencas hidrológicas Río Actopan, Río La Antigua, Río Jamapa, Río Cotaxtla, Jamapa-Cotaxtla y Llanuras de Actopan mismos que forman parte de la porción de la región hidrológica denominada Papaloapan A.
- Diario Oficial de la Federación. 6 de noviembre 2011.”Acuerdo por los que se dan a conocer los estudios técnicos de aguas nacionales superficiales de la Cuenca Hidrológica Río Actopan de la Región Hidrológica denominada Papaloapan” A.

- Diario Oficial de la Federación. 3 de enero 2012. Acuerdo por los que se dan a conocer los estudios técnicos de aguas nacionales superficiales de la Cuenca Hidrológica Rio La Antigua de la Región Hidrológica denominada Papaloapan” A.
- Grupo de Trabajo Insitucional, para el Estudio de Calidad del Agua (ECA) y para el desarrollo de los Sistemas de Información Geográfica Municipales (SIGM), 2010. Estudios de Disponibilidad y Calidad del Agua en Xalapa-Enríquez, Veracruz. Fondo para el logro de los Objetivos del Milenio (FLOM). http://www.cinu.mx/minisio/Programa_Conjunto_Agua/Estudio_xalapa_Agua_FAO.pdf
- Flores. T. 2000. La Zona Carbonífera de Tlacolulan, Veracruz. Boletín de La Sociedad Geológica Mexicana .Tomo X.
- Rodriguez. S.R, W. Morales-Barrera, P. Layer, E. González-Mercado. 2010. A quaternary monogenetic volcanic field in the Jalapa región, Eastern Trans-Mexican volcanic belt:Geology, distribution and morphology of the volcanic vents. Journal of Volcanology and Geothermal 197 (2010) págs. 149-166.
- Yáñez. C., Casique. J. 1980. Informe geológico del Proyecto Geotérmico Los Humeros-Derrumbadas. CFE, informe inédito.

Extenso ID: 308. René Velázquez Moreno Y Alejandro Juárez Aguilar. DIAGNOSTICO POR UNIDADES DE PAISAJE DE LA CUENCA ENDORREICA DEL LAGO ZAPOTLÁN Y LA CUENCA DEL RÍO

[Regresar al índice](#)

Instituto Corazón de la Tierra

RESUMEN

Se realizó un diagnóstico de unidades de paisaje para evaluar la situación ambiental que presentan la cuenca del Lago de Zapotlán y la cuenca del río Coahuayana, esta última subdivida en tres subcuencas. Se diseñaron transectos desde la parta más alta a la más baja de cada una, utilizando la metodología de Valoración de paisaje desde infraestructuras lineales (Otero et al, 2004). El conjunto del territorio analizado es de 4,958 kilómetros cuadrados abarcando de manera total o parcial 12 municipios del sur y sureste de Jalisco, con alturas que van de los 300 a los 3,969 msnm.

Los resultados muestran que en toda la zona existen procesos de deterioro de los bosques causados por un avance sistemático de la agricultura y la ganadería principalmente, así como contaminación de cuerpos de agua por el uso excesivo de agroquímicos y depósito de aguas negras. Dichos procesos genera afectaciones a los ecosistemas terrestre y acuáticos así como alteraciones al ciclo hidrológico, que se ven reflejadas en la reducción de los volúmenes de los cuerpos de agua superficiales, aumento de la vulnerabilidad de la cuenca, y pérdidas en la rentabilidad agropecuaria que implica afectaciones socioeconómicas al sector rural y de producción agrícola-industrial.

La información obtenida permitió generar datos de campo para establecer líneas de acción y subprogramas de Conservación y Manejo, como parte del programa de Manejo Integral de las Cuencas Coahuayana- Zapotlán, elaborado para la Junta Intermunicipal de la Cuenca del Río Coahuayana, recientemente finalizado.

Palabras Clave: Perfil altitudinal, análisis de paisaje, SIG.

Extenso ID: 344. Norma Fernandez Buces, Pablo Rangel Hinojosa, Alexandro Rodríguez Santamaria, Sergio Lopez Noriega, Adriana Flores Diaz , Christina Siebe Grabach. ESTIMACIÓN DEL IMPACTO DE UN PROYECTO DE INFRAESTRUCTURA EN LA CAPTACIÓN DE AGUA EN EL SUELO PARA ESTUDIOS TÉCNICOS JUSTIFICATIVOS

[Regresar al índice](#)

^a Grupo Selome SA de CV: norma.fernandez@selome.com; pablo.rangel@selome.com; alexandro.rodriguez@selome.com; adriana.flores@selome.com

^b Instituto de Geología, UNAM: siebe@unam.mx

RESUMEN

La SEMARNAT autoriza el Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales para proyectos de infraestructura a partir de un Estudio Técnico Justificativo (ETJ) en el que se demuestre, entre otros puntos, que la obra proyectada no provocará la disminución en la captación de agua en la Cuenca Hidrológica Forestal. No obstante, no se señalan los procedimientos técnicos para ello, por lo que existe una alta heterogeneidad en la información que se presenta y analiza en un ETJ, lo que dificulta evaluar el efecto del proyecto y emitir el dictamen correspondiente. La realización de un ETJ dispone de 1-2 meses, por lo que se requiere contar con metodologías prácticas que permitan optimizar la información teórica, de campo y del proyecto, disponibles. Este procedimiento retoma (i) fundamentos teóricos, como el balance hídrico, modelado para estimar la cantidad de agua que entra en el sistema por la precipitación y la que sale por la evapotranspiración, así como el escurrimiento superficial; (ii) bases de datos, como las normales meteorológicas; (iii) constantes en Normas Oficiales Mexicanas; (iv) datos de campo, como la cobertura vegetal y tipo de vegetación en (v) Sistemas de Información Geográfica, para estimar mediante modelos raster, la cantidad de agua que se infiltra en las unidades de paisaje que integran la cuenca, y proyectar sus variaciones en función de los cambios en la cobertura vegetal que ocurren dentro del derecho de vía del proyecto durante su construcción. El volumen de agua que se infiltra en el suelo se calculó mediante la expresión: $\text{Infiltración} = \text{Precipitación} - (\text{Evapotranspiración} + \text{Esgurrimiento superficial})$. El procedimiento aquí expuesto permite elaborar mapas de escenarios a distintos tiempos y condiciones (sin proyecto, desmonte y despalle, construcción, reforestación como mitigación), asociados a las etapas de construcción de un proyecto de infraestructura, para identificar si su instalación representa un impacto significativo en proporción a la captación total de agua en el suelo dentro del resto de la cuenca.

Palabras clave: INFILTRACIÓN, CUSTF, SEMARNAT, IMPACTO, ESCENARIOS

1 INTRODUCCIÓN

La cuenca hidrológica conjuntamente con los acuíferos, constituye la unidad de gestión de los recursos hídricos; está integrada por subcuencas y microcuencas. En el Artículo 7° de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, inciso XI, se define a la Cuenca Hidrológico-Forestal (CHF) como: *La unidad de espacio físico de planeación y desarrollo, que comprende el territorio donde se encuentran los ecosistemas forestales y donde el agua fluye por diversos cauces y converge en un cauce común, constituyendo el componente básico de la región forestal, que a su vez se divide en subcuencas y microcuencas*. Si bien en la literatura científica no existe el término Cuenca hidrológico-forestal, ésta se homologa inicialmente con la definición

presentada en la fracción XVI del Artículo 3 de la Ley de Aguas Nacionales en la que se señala que la Cuenca hidrológica es: *La unidad del territorio, diferenciada de otras unidades, normalmente delimitada por un parteaguas o divisoria de las aguas –aquella línea poligonal formada por los puntos de mayor elevación en dicha unidad-, en donde ocurre el agua en distintas formas, y ésta se almacena o fluye hasta un punto de salida que puede ser el mar u otro cuerpo receptor interior, a través de una red hidrográfica de cauces que convergen en uno principal, o bien el territorio en donde las aguas forman una unidad autónoma o diferenciada de otras, aun sin que desemboquen en el mar.* En dicho espacio delimitado por una diversidad topográfica, coexisten los recursos agua, suelo, flora y fauna; y es en particular la presencia de unidades de vegetación nativa, relacionadas con el funcionamiento hidrológico de la cuenca, las que le brindan el carácter de “forestal” a la cuenca, en los términos de la definición que se maneja en un Estudio Técnico Justificativo, y por ende, la que conformará el marco de referencia de este trabajo.

Infiltración de agua

La infiltración se puede definir como el proceso por el cual el agua penetra en la superficie del suelo para posteriormente desplazarse a través del espacio poroso hacia el manto freático, y depende de propiedades del suelo como son la textura, compactación, contenido de materia orgánica, y de la cobertura vegetal, el uso del suelo, la pendiente, entre otros. El régimen de infiltración o captación de agua del suelo es sensible a condiciones cercanas a la superficie, lo que hace que la infiltración sea un proceso sensible al cambio de uso de suelo, y al manejo posterior, en particular de la cobertura (FAO 2000).

Balance hidrológico

La evaluación de los recursos hídricos de una cuenca requiere de una estimación correcta de la manera en que la precipitación se reparte entre la evapotranspiración, la escorrentía y la infiltración. En general, se puede afirmar que del agua que cae en un determinado sitio (precipitación = P), una parte vuelve a la atmósfera, ya sea por evaporación directa o por transpiración de la vegetación (evapotranspiración = ETR); otra parte escurre por la superficie (escorrentía superficial = ES), confluyendo a través de la red de drenaje hasta alcanzar los cauces principales y finalmente el mar; el resto se infiltra en el terreno y se incorpora al sistema de aguas subterráneas o al acuífero (infiltración = I). Estas magnitudes deben cumplir con la ecuación del balance hidrológico (Pladeyra et al s/f):

$$\text{Captación} - \text{Evapotranspiración} = \text{Escorrentía Superficial} + \text{Infiltración} \quad (1)$$

De esta manera, la cantidad de agua que entra en el sistema debe ser la misma que la que sale, y por lo tanto debe estar completamente balanceada. La fórmula para obtenerla es la siguiente:

$$\text{Precipitación} = \text{Infiltración} + \text{Evapotranspiración} + \text{Escurrimiento superficial} \quad (2)$$

Para calcular el volumen de agua que se infiltra al suelo se puede emplear esta misma relación con los datos disponibles para la región; es decir, con la precipitación, evapotranspiración y el cálculo del escurrimiento superficial; la que resulta ser la ecuación utilizada en este trabajo para estimar la captación de agua (infiltración) en los suelos de las diferentes unidades de paisaje de la cuenca:

$$\text{Infiltración} = \text{Precipitación} - (\text{Evapotranspiración} + \text{Escurrimiento superficial}) \quad (3)$$

Importancia, problema y justificación

Para la autorización de proyectos de infraestructura en materia de Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales por excepción, la SEMARNAT requiere la presentación de un Estudio Técnico Justificativo en el que se demuestre, entre otros aspectos, que la obra proyectada no provocará la disminución en la captación de agua en el suelo (artículo 117; LGDFS); no obstante, no se señalan los procedimientos técnicos para ello. Como consecuencia, existe una alta heterogeneidad en la

información que se presenta y analiza en un ETJ, lo que hace difícil para la autoridad evaluar el efecto del proyecto en la captación de agua dentro de la cuenca hidrológica-forestal.

La realización de un ETJ dispone usualmente de sólo 1 a 2 meses, por lo que se requiere contar con metodologías que utilicen información disponible o de fácil adquisición. En este trabajo, la estimación de la infiltración en la CHF se realiza por medio del cálculo del balance hídrico (3) con base en datos existentes y de fácil levantamiento. Con ellos se modelan escenarios de cambio de la cobertura a lo largo del desarrollo del proyecto en un SIG para obtener mapas de infiltración para cada unidad de paisaje (UP) en la cuenca.

Objetivo

Generar un procedimiento mediante el cual sea factible demostrar a la autoridad correspondiente que el cambio de uso de suelo en terrenos forestales, derivado de la construcción de un proyecto de infraestructura, no provocará la disminución en la captación de agua de forma significativa dentro de una CHF (tomado de Art. 117 de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable).

2 MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Material y fuentes de datos

- Carta topográfica para elaborar el Modelo Digital de Elevación
- Cartas de uso de suelo y vegetación del INEGI.
- Levantamiento de campo de suelo y coberturas de vegetación por unidad de paisaje.
- Imagen satelital multiespectral de alta resolución o fotografía aérea.
- Registros mensuales de estaciones meteorológicas de la zona

2.2 Procedimiento

2.2.1 Delimitación de la CHF

Inicialmente se delimita la CHF en la que el proyecto se encuentra inmerso a partir de un procedimiento combinado de modelación de escurrimientos y topografía para identificar microcuencas (Fernández-Buces et al., 2016). La extensión, los límites y la composición de la CHF varían de acuerdo a las características del proyecto que está siendo evaluado, por lo que su tamaño para el análisis del CUSTF debe ser acorde a la magnitud del proyecto, no solo en superficie y ámbito de alcance, sino también contener una completa representación de los principales elementos bióticos y abióticos de la zona que será modificada; en particular, aquellos que son relevantes en materia forestal, como resultan ser los tipos de suelo y la cobertura vegetal. Una vez delimitada la CHF, se identifican las unidades de paisaje dentro de ésta, las que constituyen los elementos del paisaje que reflejan el conjunto de interrelaciones derivadas de la interacción entre geomorfología, clima, vegetación, fauna, agua y modificaciones antrópicas (Dunn 1974, MOPT 1993).

2.2.2 Estimación de la Infiltración

Se estima la infiltración con base en la fórmula (3) en cada una de las Unidades de Paisaje al interior de la CHF, incluyendo los polígonos forestales y el área donde se ubicará el proyecto, que se denotan como unidades de paisaje adicionales para facilitar la modelación en un SIG mediante la rasterización de los datos y la estimación de la infiltración en cada pixel de las UP. Las metodologías para obtener las variables en la ecuación se presentan a continuación:

Precipitación (P): El mapa raster de precipitación se calcula a partir de las normales meteorológicas de las estaciones climatológicas de la región. Se emplearon datos de precipitación media anual de las estaciones meteorológicas, con las que se realizó una interpolación con el

método *Natural Neighbors* en ArcMap 10.1, el cual hace la interpolación a partir de promedios ponderados por una triangulación de Delauney a partir de las locaciones medidas y selecciona los nodos más cercanos para crear polígonos o escudos convexos alrededor de las locaciones. Este método se recomienda cuando los valores se encuentran distribuidos de manera irregular (ESRI, 2006).

Coeficiente de Esgurrimiento superficial (CE): El concepto de escurrimiento se aplica a “*el agua proveniente de la precipitación que circula sobre o bajo la superficie terrestre y que llega a una corriente para finalmente ser drenada hasta la salida de la cuenca*”. Para llevar a cabo el cálculo del escurrimiento superficial se calcula el Coeficiente de Esgurrimiento mediante el procedimiento que se cita en la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CNA-2000 (CNA, 2002), cuyo objetivo es establecer el método base para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales superficiales y subterráneas, para su explotación, uso o aprovechamiento. El análisis del CE se realiza mediante la asignación de valores a cada una de las unidades de paisaje dentro de la CHF. Estas unidades consisten en una agregación ordenada y coherente de las partes elementales de un paisaje y son lo más homogéneas al interior y heterogéneas posible entre sí, en relación a su valor de paisaje (Escribano et al. 1991). Se consideran la cobertura vegetal, el tipo de suelo y la morfología del terreno como factores delimitadores de las UP. Es importante señalar que, al igual que ocurre en la CHF, la delimitación de las UP varía en respuesta al tamaño del proyecto bajo análisis, no obstante, su integración siempre es acorde a las formas del terreno y los tipos de vegetación, de manera que puedan identificarse claramente dentro de la CHF.

Con base en lo anterior, el escurrimiento superficial se calcula a partir del Coeficiente de Esgurrimiento (CE), que representa el porcentaje de agua de precipitación que escurre sobre la superficie hasta acumularse en los cuerpos de agua mediante la siguiente expresión.

$$C_s = \frac{V_s}{V_p} \quad (6)$$

$$C_s = \frac{K(P-250)}{2000} \rightarrow \text{Para } K \leq 0.15$$

$$C_s = \frac{K(P-250)}{2000} + \frac{K-0.15}{1.5} \rightarrow \text{Para } K > 0.15$$

Donde:

Ce = Coeficiente de escurrimiento anual

K = Parámetro que depende del tipo y uso actual del suelo (Cuadro 1).

Cuadro 1. Valores de la constante *K* en función del tipo y uso de suelo a considerar para el cálculo del CE.

Uso del suelo	Tipo de suelo		
	Permeables*	Medianamente permeables**	Casi impermeables***
Barbecho. áreas incultas y desnudas	0.26	0.28	0.30
Cultivos:			
En hilera	0.24	0.27	0.30
Legumbres o rotación de pradera	0.24	0.27	0.30
Granos pequeños	0.24	0.27	0.30
Pastizal (% de suelo cubierto o pastoreo):			
Más del 75% -poco-	0.14	0.20	0.28
Del 50 al 75% -regular-	0.20	0.24	0.30
Menos del 50% -excesivo-	0.24	0.28	0.30
Bosque:			
Cubierto más del 75%	0.07	0.16	0.24
Cubierto del 50 al 75%	0.12	0.22	0.26
Cubierto del 25 al 50%	0.17	0.26	0.28
Cubierto menos del 25%	0.22	0.28	0.30
Zonas urbanas	0.26	0.29	0.32
Caminos	0.27	0.30	0.33
Pradera permanente	0.18	0.24	0.30

Fuente: CNA, 2002: * Suelos permeables (arenas profundas y loess poco compactos); ** Suelos medianamente permeables (arenas de mediana profundidad: loess algo más compactos que los correspondientes a los suelos permeables y terrenos migajosos); *** Suelos casi impermeables (arenas o loess muy delgados sobre una capa impermeable, o bien arcillas).

El CE refleja la relación entre el volumen de escurrimiento anual (V_e) y el volumen de precipitación anual (V_p), y puede obtenerse a partir de la permeabilidad de los suelos (*K*) y la cubierta vegetal por polígono asignados a cada polígono delimitado para las unidades de paisaje y CUSTF. El cálculo se procesó con la herramienta *raster calculator*, utilizando posteriormente el método de interpolación Natural Neighbors del programa ArcGis.

El efecto de la evapotranspiración se incluye en el CE, es decir, que se considera el agua que no escurre debido a la pérdida por evapotranspiración. Estas fórmulas son válidas para valores de precipitación anual entre 350 y 2,150 mm.

Coefficiente de escurrimiento por unidad de paisaje dentro de la C.H.F.

Se estimó el volumen medio anual de escurrimiento natural de la CHF, para lo cual se sacó un promedio del Ce de las unidades de paisaje y el promedio anual de precipitación en el área de estudio. La ecuación utilizada fue la siguiente:

$$P * At * Ce \quad (7)$$

Dónde:

P= Precipitación anual (Mm³).

At = Área total (km²).

Ce = Coeficiente de escurrimiento anual.

Evapotranspiración ET: La evapotranspiración se refiere a la pérdida de agua en forma de vapor por la transpiración de las plantas y la evaporación de los cuerpos de agua. Depende de muchos factores, como el estado hídrico de las plantas, tipo de vegetación, adaptaciones contra la pérdida del agua (como en las suculentas y cactáceas), además de múltiples factores climáticos. Sin embargo, es posible estimar la evapotranspiración real a partir de la temperatura y precipitación media anual con la fórmula de Turc (Sánchez, 2001; UNESCO, 2006). Como primer paso, se calcula el índice mensual de calor, con la relación:

$$i = \left(\frac{T}{5} \right)^{1.514} \quad (8)$$

Dónde:

i = índice mensual de calor, tomando meses de 30 días con 12 horas diarias de sol.

T = temperatura media mensual registrada, [°C].

Posteriormente se calcula la evapotranspiración con la fórmula de Turc:

$$ET = \frac{P}{\sqrt{0.9 + \left(\frac{P}{500 + 25T + 0.05T^2} \right)^2}} \quad (9)$$

Donde ET es la evapotranspiración, P es la precipitación media anual y T es la temperatura media anual.

Se calcula la evapotranspiración potencial utilizando la relación:

$$ETa = 1.6 \left(\frac{10T}{1} \right)^a \quad (10)$$

Dónde:

ETa = evapotranspiración potencial, [mm];

T = temperatura media mensual, [°C];

I = suma de los índices mensuales;

a = coeficiente que está en función de la suma de los índices mensuales de calor:

$$a = 0.49239 + 1972 \times 10^{-5} * I - 771 \times 10^{-7} * I^2 + 675 \times 10^{-9} * I^3 \quad (11)$$

El mapa de temperatura media anual se obtiene a partir de las normales climatológicas de las estaciones meteorológicas de la región, utilizando el método de interpolación *Natural Neighbors*. Se emplea el mismo mapa de precipitación media anual generado para calcular el escurrimiento superficial.

Para el cálculo de la evapotranspiración en el SIG se aplica la expresión:

$$ET = P > (SquareRoot(0.9 + (Power((P > (300 + (25 * T) + (0.05 * (Power(T, 3))))), 2)))) \quad (12)$$

Obtenidos estos valores se procede a realizar el cálculo de la infiltración de la CHF. Se estima la infiltración para cada uno de los polígonos correspondientes a las unidades de paisaje delimitados dentro del área de análisis. Para estimar la cantidad de agua que puede llegar a infiltrar cada UP se considera lo siguiente:

$$Inf = hp - ETa - ES \quad (13)$$

Dónde:

Inf = infiltración promedio mensual, [mm].

hp = precipitación promedio mensual, [mm].

ETa = Evapotranspiración media mensual ajustada, [mm].

ES = Escurrimiento medio mensual, [mm].

2.2.3 Modelación de escenarios

Para el análisis del proyecto se consideran tres escenarios principales:

1) Escenario actual: Estimación de la infiltración en suelo a nivel CHF y específico para los polígonos forestales que requieren ser desmontados dentro del área del proyecto¹.

Inicialmente se modela un escenario de referencia considerando el estado actual de la cobertura vegetal en los sitios a ocupar por el proyecto y la baja o nula cobertura vegetal en los sitios que se tienen identificados para realizar acciones de reforestación como compensación ambiental de la obra dentro de la cuenca, tal y como lo solicita la SEMARNAT en su oficio resolutivo. Este valor

¹ Para los que se solicita autorización en materia de CUSTF por excepción a la DGGFS de la SEMARNAT.

de infiltración estimado se obtiene a partir del cálculo de un intervalo de confianza probabilístico que incluye la variabilidad que existe en la estimación al interior de cada unidad de paisaje. Se totalizan los máximos y mínimos de infiltración para todas las unidades, con el fin de obtener el total de agua que se infiltra en la CHF sin la presencia del proyecto. Para el efecto se toma en cuenta la cobertura vegetal forestal existente y se le asigna un valor de acuerdo a las condiciones actuales del sitio siguiendo los criterios de la Norma NOM-011-CNA-2000 (CNA, 2002) (Cuadro 1) para hacer una estimación de la infiltración a nivel de toda la cuenca y a nivel de los polígonos forestales, y la proporción en que éstos contribuyen al total de agua en la cuenca.

2) Escenario durante la obra: Estimación de la infiltración en suelo a nivel CHF y específico para los polígonos forestales desmontados considerando el tiempo que duran sin cobertura vegetal

Este escenario modela la condición más extrema que se esperaría tener en un suelo, estando éste totalmente desprotegido de cubierta vegetal y alterado con implementos mecánicos, por el tiempo en el que el programa de obra señala que durarán las actividades de desmonte y despalme de los polígonos forestales y el sitio a ocupar por el proyecto. Se espera que la evaporación y escurrimiento aumenten, reduciéndose la capacidad de infiltración en los sitios desmontados, por lo que este escenario corresponde al nivel mínimo de infiltración que se puede esperar durante las obras en los polígonos para los que se solicita CUSTF. Como resultado de este escenario se obtiene un intervalo de valores estimados para la infiltración a nivel de CHF y a nivel de polígonos forestales y se hace la comparación con respecto al primer escenario en cada caso. Se estima además la proporción de merma en la infiltración que podría ocurrir durante estas etapas y se discute en términos de la significancia del impacto.

Una vez que se ha realizado la modelación con las actividades de desmonte, en donde todo el terreno que queda expuesto, se realiza una segunda modelación, asignando un valor de K a la franja de ocupación directa del proyecto de $K=0.33$ (NOM-011-CNA-2000; CNA, 2002), correspondiente a la constante que corresponde para una zona de caminos, o suelos compactados impermeables y sin vegetación, con lo que es factible estimar la infiltración a nivel CHF bajo estas condiciones y se realiza la comparación en términos de la proporción de merma que implica a nivel de la CHF y se discute la significancia de dicho impacto.

3) Escenario posterior a la obra con mitigación: Estimación de la infiltración en suelo a nivel CHF al concluir las obras y considerando la reforestación como mitigación aplicada en sitios con baja o nula cobertura vegetal en la cuenca.

Bajo este escenario se considera la condición en la que la reforestación de sitios deteriorados como parte de la compensación ambiental que exige la SEMARNAT en la autorización en materia de impacto ambiental del proyecto, se ha llevado a cabo en zonas previamente elegidas por el programa de reforestación correspondiente. Estas zonas se ubican dentro de la propia CHF. A partir de estas consideraciones se estima la infiltración actual en la CHF considerando una cobertura vegetal recuperada en los sitios elegidos para la reforestación, para lo que se considera un valor de K, acorde a la densidad y tipo de vegetación por reforestar (por ejemplo $K=0.07$; correspondiente a una zona forestal). Se compara la infiltración de la cuenca actualmente y la que ocurre al contar con una reforestación madura en los sitios, para identificar si la cantidad de agua que se infiltra bajo este escenario de mitigación, es igual, menor o mayor que la que actualmente ocurre en la cuenca. De esta forma se pueda identificar si el CUSTF provocará la disminución en la captación de agua o no, como lo señala el artículo 117 de la LGDFS, como un requerimiento para la autorización del proyecto en materia de cambio de uso de suelo en terrenos forestales por excepción. En este

escenario es importante incluir el proyecto terminado en la modelación, para lo que se le debe asignar a dichos polígonos un valor del factor K acorde a cobertura por pavimento o concreto, correspondiente a zonas urbanas (p.ej, $K=0.29$) por corresponder a las características similares a la infraestructura que quedará instalada en la zona del proyecto.

En términos del impacto ambiental, esta modelación permite identificar si los sitios propuestos a reforestar constituyen una unidad de paisaje suficiente para mantener e incluso mejorar la cantidad de agua que puede captarse en la CHF, o bien si es necesario incluir una mayor cantidad de áreas a reforestar para lograr esta finalidad y mitigar con ello el efecto negativo que el proyecto pudiera ocasionar sobre la cantidad de agua que anualmente se estima pudiera estar captándose en toda la cuenca.

3 RESULTADOS

A manera de ejemplo se presentan los resultados obtenidos para los anteriores tres escenarios en la evaluación de infiltración de un proyecto de infraestructura en la zona de conservación del Distrito Federal. Se muestran los mapas que resultan de la interpolación de las variables climáticas y edáficas bajo determinadas coberturas vegetales utilizados en el cálculo raster del modelo.

3.1 Ejemplos de mapas raster utilizados en la modelación

Mapas de las variables consideradas para estimación de la infiltración en cada una de las UP dentro de la CHF con los cálculos para las variables utilizadas para la estimación de la infiltración:

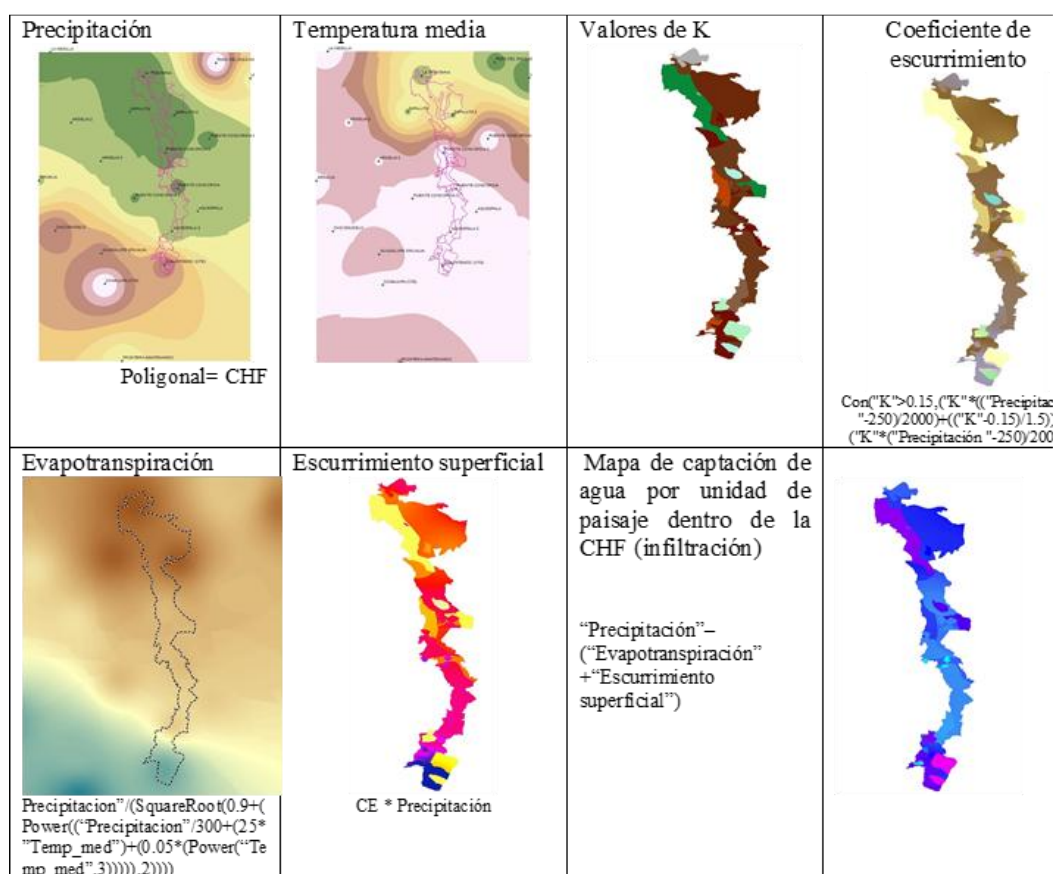


Figura 1.- Ejemplos de mapas utilizados para la estimación de la infiltración por unidad de paisaje en el SIG y mapa resultado de la estimación para una CHF en la zona de conservación del Distrito Federal.

3.1.1 Intervalos de confianza

La cantidad de agua que puede infiltrarse en la cuenca se puede estimar de forma general, no obstante dada la considerable variación al interior de cada unidad de paisaje, resulta conveniente estimar esta cantidad a partir de intervalos de confianza probabilísticos obtenidos a partir de los valores promedio y desviación estándar en cada pixel dentro de las unidades de paisaje, considerando la siguiente expresión:

$$\bar{y} - \frac{1.96 \delta}{\sqrt{n}} \leq \mu \leq \bar{y} + \frac{1.96 \delta}{\sqrt{n}} \quad (14)$$

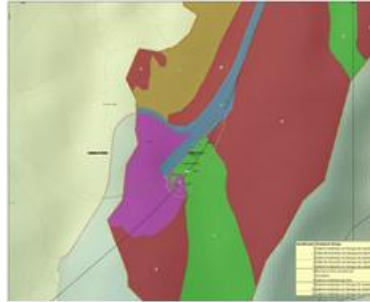
Donde: \bar{y} : promedio

δ desviación estándar

n: total de puntos por unidad de paisaje o polígono forestal/reforestación

3.2 Resultados de las estimaciones de infiltración y proyección de escenarios

1) Identificación de las unidades de paisaje dentro de una CHF



Número de la Unidad de Paisaje	Unidad de paisaje	Superficie en Ha
1	Ladera modelada con bosque de oyamel	14.79
2	Valle intermontano con bosque de oyamel	10.16
3	Ladera modelada con bosque de oyamel	50.57
4	Valle intermontano con bosque de oyamel	22.48
5	Ladera modelada con bosque de oyamel	11.55
6	Rampa erosiva con pastizal	11.53
7	Autopista	13.12
8	Ladera modelada agrícola	18.70
9	Ladera modelada con bosque de oyamel	1.83
10	Ladera modelada con bosque de oyamel	3.08
11	Ladera modelada con bosque de oyamel	24.55
Total		184.20

Figura 2.- Ejemplo de unidades de paisaje dentro de una CHF en la zona de conservación del Distrito Federal como mapa base utilizado para las modelaciones que se proponen en este procedimiento y el cálculo de sus superficies en el SIG.

2) **Escenario actual:** Estimación de la infiltración en suelo a nivel CHF y específico para los polígonos forestales que requieren ser desmontados dentro del área del proyecto.

Cuadro 2: Ejemplo de la modelación de la infiltración en la CHF y por UP bajo el escenario actual (UP=unidad de paisaje; PF= polígono forestal; R=sitio a reforestar como mitigación)

Polig	Unidad de paisaje (UP)	Total de puntos SIG UP (n)	Tasa promedio de infiltración (mm/m2 año)	Superficie total por UP (m2)	Infiltración por UP (m3 a año)	límite inferior del intervalo de infiltración (m3/año)	límite superior del intervalo de infiltración (m3 a año)
UP 1	Ladera modelada con bosque de oyamel	14.71	643.32	147,933.27	95,101.59	95,077.20	95,245.91
UP 2	Valle intermontano con bosque de oyamel	10.21	653.22	101,465.77	66,229.11	66,250.91	66,347.31
UP 3	Ladera modelada con bosque de oyamel	50.45	654.59	504,011.17	335,111.11	335,000.22	335,222.01
UP 4	Valle intermontano con bosque de oyamel	20.57	655.87	20,004.79	137,378.31	137,353.25	137,403.38
UP 5	Ladera modelada con bosque de oyamel	11.94	650.01	11,939.71	78,709.00	78,781.43	78,816.57
UP 6	Rampa erosiva con pastizal	9.50	372.01	9,936.71	34,816.06	34,803.28	34,828.84
UP 7	Autopista	12.97	319.07	12,927.42	41,239.71	41,180.40	41,298.97
UP 8	Ladera modelada agrícola	18.71	455.49	18,657.07	85,349.37	85,317.39	85,381.35
UP 9	Ladera modelada con bosque de oyamel	1.83	485.05	1,828.73	8,883.35	8,880.80	8,885.83
UP 10	Ladera modelada con bosque de oyamel	3.08	635.88	3,938.24	25,332.30	25,304.68	25,339.92
UP 11	Ladera modelada con bosque de oyamel	24.55	637.53	24,673.67	157,374.29	157,277.15	157,471.43
PF 1	Polígono forestal en obra OUSFP	04	690.75	5,077.13	3,354.71	3,354.18	3,355.25
PF 2	Polígono forestal en obra OUSFP	21	659.59	2,292.50	1,512.33	1,511.91	1,512.74
PF 3	Polígono forestal en obra OUSFP	6	703.34	42.49	29.59	29.47	29.69
PF 4	Polígono forestal en obra OUSFP	35	658.59	3,475.00	2,289.80	2,288.99	2,290.62
PF 5	Polígono forestal en obra OUSFP	12	660.79	1,172.33	774.88	774.47	774.94
R1	Polígono para reforestación mitigación	85	371.57	8,070.99	3,221.91	3,220.90	3,222.90
R2	Polígono para reforestación mitigación	59	372.21	5,908.94	2,198.52	2,197.93	2,199.32
R3	Polígono para reforestación mitigación	24	373.29	2,312.70	853.31	853.00	853.61
R4	Polígono para reforestación mitigación	1.83	529.20	1,778.85	9,410.60	9,408.81	9,412.39
				1,859,824.35	1,089,487.70	1,088,966.2	1,089,999.79
				SUPERFICIE	TOTAL	MIN	MAX

3) **Escenario durante la obra:** Estimación de la infiltración en suelo a nivel CHF y específico para los polígonos forestales desmontados considerando el tiempo que duran sin cobertura vegetal.

Cuadro 3: Ejemplo de la modelación de la infiltración en la CHF y por unidad de paisaje durante el desmonte para construcción del proyecto

Polig	Unidad de paisaje	Tasa promedio de infiltración (mm/m2/año)	Superficie total por UP (m2)	Infiltración por UP (m3/año)	limite inferior del intervalo de infiltración (m3/año)	limite superior del intervalo de infiltración (m3/año)
UP 1	Ladera modelada con bosque de oyamel	643.32	147,923.27	95,161.59	95,077.26	95,245.91
UP 2	Valle intermontano con bosque de oyamel	653.22	101,495.77	66,299.11	66,250.91	66,347.31
UP 3	Ladera modelada con bosque de oyamel*	664.89	504,011.17	335,111.11	335,000.22	335,222.01
UP 4	Valle intermontano con bosque de oyamel*	666.87	206,004.79	137,378.31	137,353.25	137,403.38
UP 5	Ladera modelada con bosque de oyamel	660.01	119,390.71	78,799.00	78,781.43	78,816.57
UP 6	Rampa erosiva con pastizal	372.61	92,898.71	34,615.06	34,603.28	34,626.84
UP 7	Autopista	319.01	129,274.42	41,239.71	41,180.46	41,298.97
UP 8	Ladera modelada agrícola	456.49	186,967.07	85,349.37	85,317.39	85,381.35
UP 9	Ladera modelada con bosque de oyamel	486.26	18,268.73	8,883.35	8,880.86	8,885.83
UP 10	Ladera modelada con bosque de oyamel	635.88	39,838.24	25,332.30	25,324.68	25,339.92
UP 11	Ladera modelada con bosque de oyamel	637.83	246,734.67	157,374.29	157,277.15	157,471.43
PF 1	Polígono forestal en obra CUSTF	330.44	5,077.13	1,677.66	1,677.30	1,678.03
PF 2	Polígono forestal en obra CUSTF	329.78	2,292.50	756.03	755.75	756.30
PF 3	Polígono forestal en obra CUSTF	330.62	424.49	140.35	140.29	140.40
PF 4	Polígono forestal en obra CUSTF	329.13	3,476.90	1,144.37	1,143.83	1,144.90
PF 5	Polígono forestal en obra CUSTF	330.59	1,172.33	387.56	387.43	387.68
R1	Polígono para reforestación mitigación	371.57	8,670.99	3,221.91	3,220.96	3,222.86
R2	Polígono para reforestación mitigación	372.21	5,906.94	2,198.62	2,197.93	2,199.32
R3	Polígono para reforestación mitigación	373.29	2,312.70	863.31	863.00	863.61
R4	Polígono para reforestación mitigación	329.81	17,782.85	5,865.05	5,863.66	5,866.43
			1,839,924.38	1,081,798.05	1,081,297.05	1,082,299.05
			SUPERFICIE	TOTAL	MIN	MAX
			REDUCCIÓN	7,669.66	12 MESES	
			REDUCCION	1,917.41	3 MESES	

4) **Escenario posterior a la obra con mitigación:** Estimación de la infiltración en suelo a nivel CHF al concluir las obras y considerando la reforestación como mitigación aplicada en sitios con baja o nula cobertura vegetal en la cuenca.

Cuadro 4. Ejemplo de la modelación de la infiltración en la CHF y por unidad de paisaje al concluir la construcción del proyecto y realizar la reforestación como mitigación ambiental

Polig	Unidad de paisaje	Tasa promedio de infiltración (mm/m2/año)	Superficie total por UP (m2)	Infiltración por UP (m3/año)	limite inferior del intervalo de infiltración (m3/año)	limite superior del intervalo de infiltración (m3/año)
UP 1	Ladera modelada con bosque de oyamel	643.32	147,923.27	95,161.59	95,077.27	95,245.92
UP 2	Valle intermontano con bosque de oyamel	653.22	101,495.77	66,299.11	66,250.91	66,347.31
UP 3	Ladera modelada con bosque de oyamel*	664.89	504,011.17	335,111.11	335,000.22	335,222.01
UP 4	Valle intermontano con bosque de oyamel*	666.87	206,004.79	137,378.31	137,353.25	137,403.38
UP 5	Ladera modelada con bosque de oyamel	660.01	119,390.71	78,799.00	78,781.43	78,816.57
UP 6	Rampa erosiva con pastizal	372.61	92,898.71	34,615.06	34,603.28	34,626.84
UP 7	Autopista	319.01	129,274.42	41,239.71	41,180.46	41,298.97
UP 8	Ladera modelada agrícola	456.49	186,967.07	85,349.37	85,317.39	85,381.35
UP 9	Ladera modelada con bosque de oyamel	486.26	18,268.73	8,883.35	8,880.86	8,885.83
UP 10	Ladera modelada con bosque de oyamel	635.88	39,838.24	25,332.30	25,324.68	25,339.92
UP 11	Ladera modelada con bosque de oyamel	637.83	246,734.67	157,374.29	157,277.15	157,471.43
PF 1	Polígono forestal en obra CUSTF	330.44	5,077.13	1,677.66	1,677.30	1,678.03
PF 2	Polígono forestal en obra CUSTF	329.78	2,292.50	756.03	755.75	756.30
PF 3	Polígono forestal en obra CUSTF	330.62	424.49	140.35	140.29	140.40
PF 4	Polígono forestal en obra CUSTF	329.13	3,476.90	1,144.37	1,143.83	1,144.90
PF 5	Polígono forestal en obra CUSTF	330.59	1,172.33	387.56	387.43	387.68
R1	Polígono para reforestación mitigación	371.57	8,670.99	3,221.91	3,220.96	3,222.86
R2	Polígono para reforestación mitigación	372.21	5,906.94	2,198.62	2,197.93	2,199.32
R3	Polígono para reforestación mitigación	373.29	2,312.70	863.31	863.00	863.61
R4	Polígono para reforestación mitigación	329.81	17,782.85	5,865.05	5,863.66	5,866.43
			1,839,924.38	1,081,798.05	1,081,297.05	1,082,299.05
			SUPERFICIE	PROMEDIO	MIN	MAX
			INCREMENTO EN INFILTRACION EN POLIG REFOREST			
			11,275.77	11,272.99	11,278.61	

5) **Mapa de infiltración en CHF** y área del proyecto donde se localizan los polígonos forestales a remover.

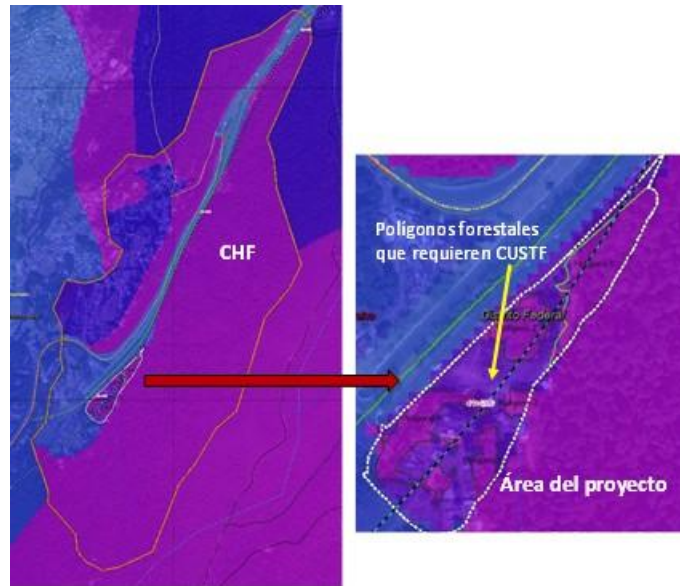


Figura 3. Ejemplo de mapa de infiltración en la CHF y área del proyecto

6) Gráfico comparativo de infiltración entre los tres escenarios proyectados

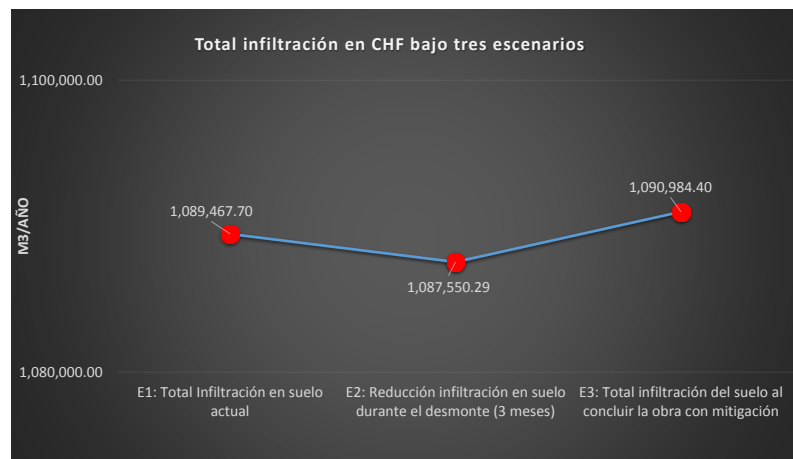


Figura 4. Ejemplo de la Infiltración media estimada en una CHF bajo los tres escenarios proyectados

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El procedimiento aquí presentado resulta ser una metodología ágil de estimar de forma comparativa el efecto de un proyecto de infraestructura sobre la infiltración de agua en los suelos de una cuenca. Parte de utilizar la información disponible y permite el manejo de varias escalas de información (regional y detallada) para obtener una representación gráfica y valoración numérica del volumen de agua estimado que puede infiltrarse en la cuenca en estudio, bajo determinadas condiciones ambientales. El manejo de la cobertura de vegetación en cada unidad de paisaje, en función del uso de suelo actual y a que esté destinada permite visualizar si las acciones de reforestación propuestas serán suficientes para conservar o incluso mejorar la cantidad de agua que capta la cuenca en el mediano plazo. Asimismo permite visualizar si el tiempo que el suelo donde se construirá el proyecto permanece descubierto implica una merma significativa de la cantidad de agua que inicialmente se estima se infiltra en la cuenca.

Este procedimiento facilita el poder analizar y mostrar de forma comparativa que un proyecto de infraestructura se apega o no a lo señalado en el artículo 117 de la LGDFS en materia de conservación de la cantidad de agua

5. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecemos el apoyo de la empresa Grupo Selome, SA de CV para la realización de este modelo, así como a la Pl.T. Xóchitl Ramírez por su apoyo para la elaboración de los mapas y modelaciones en SIG.

6. LITERATURA

- CNA NOM-011-CNA-2000 Diario Oficial de la Federación Fecha de Publicación: 17 de Abril de 2002. NORMA OFICIAL MEXICANA, CONSERVACIÓN DEL RECURSO AGUA-QUE ESTABLECE LAS ESPECIFICACIONES Y EL MÉTODO PARA DETERMINAR LA DISPONIBILIDAD MEDIA ANUAL DE LAS AGUAS NACIONALES
- Dunn M.C. 1974. Landscape evaluation techniques: an appraisal and review of the literature. Centre for Urban and Regional Studies, University of Birmingham, Birmingham, United Kingdom. 123 pp.
- Escribano, M. et al. (1991): El Paisaje, MOPT, Madrid.
- ESRI. ArcGis 9, Arc MAP Tutorial.
- FAO (2000) Manual de captación de agua de lluvia: Experiencias en América Latina. Serie: Zonas áridas y semiáridas N° 13. Oficina regional de FAO para América Latina y el Caribe. Santiago. República de Chile.
- Fernández Buces et al., 2016. Procedimiento para la delimitación de la Cuenca Hidrológica Forestal para Estudios Técnico Justificativos. Cartel Mesa 5: Políticas públicas, instrumentos de planeación y participación, y su articulación institucional. IV Congreso Nacional de Manejo de Cuencas Hidrográficas. Xalapa, Veracruz.
- Jensen JR. 2000. Remote sensing and the environment. Prentice-Hall: Upper Saddle River, New Jersey. p. 544.
- MOPT. 1993. Guía metodológica para el estudio del medio físico y la planificación. Ministerio de Obras Públicas y Transporte, Series Monográficas, Madrid, España. 809 pp.
- Pladeyra, S.C., Escolero Fuentes, O., Dominguez Mariani, E. y Martínez Edda, S. s/f. Ciclo Hidrológico. Atlas de la Cuenca Lerma-Chapala.
- Sánchez M. 2001. Métodos de estimación de evapotranspiración utilizados en Chile. Revista de Geografía Norte Grande, N° 28.
- Shaker J, Wrightsell J. 2000. Editing in ArcMap. ESRI, New York. p. 449.
- UNESCO. 2006. Evaluación de los Recursos Hídricos. Elaboración del balance hídrico integral por cuencas hidrográficas. Documentos Técnicos del PHI-LAC, N°4.

Mesa 5. Políticas públicas, instrumentos de planeación y participación, y su articulación institucional.

Extenso ID: 75. Ricardo Sandoval Minero, Paola Gordon Luna, Aldo Iván Ramírez Orozco. INSTRUMENTACIÓN DE UNA HERRAMIENTA DE VINCULACIÓN ENTRE TOMADORES DE DECISIONES, ACADÉMICOS E INTERESADOS: EL CENTRO DE DECISIONES Y LA RED DEL AGUA PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE

[Regresar al índice](#)

Centro del Agua, Tecnológico de Monterrey, Ave. Eugenio Garza Sada 2501 CP 64849 Monterrey, N.L., email: ^a r.sandoval@itesm.mx, ^b paolagordonluna@itesm.mx, ^c aldo.ramirez@itesm.mx

RESUMEN

La gestión de las cuencas hidrográficas es en sí misma compleja, en tanto implica alcanzar metas parcialmente divergentes, planteadas por distintos actores y a través de medidas estructurales y no estructurales cuyo impacto en los procesos físicos, socioeconómicos y ambientales, no puede ser plenamente anticipado ni controlado, y cuya instrumentación usualmente depende de entidades sin una vinculación estructural. La emergencia de factores como la variabilidad climática, el movimiento mundial de mercancías y los fenómenos sociodemográficos, han introducido una mayor complejidad y conflictividad a las decisiones de gestión hídrica. La construcción de espacios para conectar y comunicar el conocimiento científico de la academia con el ámbito práctico de la función pública, ha sido planteada como una forma de alcanzar una gestión hídrica más efectiva en este contexto de complejidad creciente. En este artículo se describe la concepción de una propuesta metodológica y tecnológica innovadora, para propiciar la toma de decisiones colaborativa, basada en modelación de los procesos físicos, sociales y económicos, en un ambiente de inmersión y con apoyo en sistemas avanzados de visualización. Asimismo, se describe la implementación de la red del agua para América Latina y el Caribe, como componente fundamental para acopiar experiencias y promover la adopción de modelos colaborativos de gestión de cuencas en la región. Son presentados los supuestos de partida y reseñados los principales retos que se esperan en la implementación de esta iniciativa.

Palabras clave: modelación, decisión, organizaciones de frontera, comunidades epistémicas

1 INTRODUCCIÓN

Actualmente, 36% de la población mundial vive en regiones sujetas a estrés hídrico debido al crecimiento económico y demográfico; en estas regiones se produce el 22% del producto interno bruto de los países. Si las tendencias continúan, en el 2050 será un 52% de la población y un 45% del PIB los que dependerán de regiones en riesgo por estrés hídrico (VEOLIA IFPRI, 2011). Las crecientes presiones provocadas por una economía global de consumo, la variabilidad climática y el crecimiento demográfico, reducen cada vez más los márgenes de acción para la gestión del agua y las cuencas hidrográficas, lo que hace más necesario mejorar la comunicación entre las partes interesadas y hacer uso de la mejor ciencia disponible para evitar conflictos y maximizar el uso de recursos escasos.

En América Latina y el Caribe se presentan condiciones particulares de extremos y desigualdad geográficas y sociales. Aunque se cuenta con el 30% del escurrimiento mundial, dos terceras partes de la población habitan en regiones áridas o semiáridas. La cobertura de los servicios de agua y saneamiento ha crecido sostenidamente, pero la calidad de los servicios es muy variable, el acceso es desigual y la gobernanza, pobre; 70% de las aguas residuales son todavía vertidas sin tratamiento. Su crecimiento poblacional equivale a crear una nueva ciudad de 560,000 habitantes cada mes y, aunque es la región en desarrollo más urbanizada del mundo, una cuarta parte de sus habitantes urbanos vive en zonas irregulares sin acceso formal a los servicios (Mahlknecht & Pastén, 2013).

En este contexto de complejidad, los tomadores de decisiones en el sector público enfrentan restricciones presupuestales, retos crecientes y una mayor demanda ciudadana por información y participación en la toma de decisiones de política; por otra parte, dichas decisiones son más efectivas cuando cuentan con los insumos científicos adecuados, pero persiste una barrera entre quienes producen y quienes utilizan la ciencia, por lo que es necesario activar remedios que zanden esta brecha, particularmente estableciendo mecanismos que permitan la interacción sostenida entre ambos grupos que permita simultáneamente impulsar la incorporación del conocimiento científico en las decisiones de política, así como alimentar la agenda de investigación con la experiencia práctica y reducir las asimetrías de información entre los *stakeholders*. “Enfocar los esfuerzos a generar y compartir mejor la información entre tomadores de decisiones y científicos puede contribuir a alinear mejor las contribuciones científicas y las aspiraciones de política en las arenas de toma de decisiones, proveyendo de una base robusta para una toma de decisiones basada en la evidencia” (OECD, 2015).

Una de las figuras que han sido propuestas para cerrar la brecha entre científicos y desarrolladores de políticas públicas, con el fin de generar mejores políticas en contextos de incertidumbre, han sido las “organizaciones de frontera”. En este artículo se presenta el marco teórico que anima la creación de estas organizaciones y se describen los criterios considerados para el diseño e implementación de un proyecto de centro de decisiones para el manejo efectivo de los recursos hídricos en América Latina y el Caribe, auspiciado por el Tecnológico de Monterrey, la Fundación FEMSA y el Banco Interamericano de Desarrollo (IADB, 2013). Junto con el diseño e instalación de equipos y mobiliario en un espacio diseñado para propiciar la inmersión de los participantes en el proceso de decisión, el proyecto incluye el desarrollo conceptual de un marco de decisión colaborativa, el desarrollo de dos proyectos piloto y la integración de una red de intercambio de lecciones aprendidas en materia de decisión colaborativa en gestión de cuencas en la región.

2 MARCO DE REFERENCIA

2.1 Las organizaciones de frontera en el diseño efectivo de políticas

Ha sido propuesto (Guston, 2001, pág. 399) que desdibujar las fronteras entre ciencia y política, en vez de deslindarlas y separarlas como se hace comúnmente, puede conducir a un diseño de políticas más productivo, aun enfrentando riesgos de “politizar la ciencia o *cientifizar* la política”. Una forma de dar estabilidad y preservar los valores e intereses de ambas comunidades, la han dado los “objetos de frontera” —como en el caso de las patentes que funcionan como una meta para científicos y políticos—, una vez que los actores consienten en adoptar dichos objetos como una medida de desempeño para sus propios objetivos. Sin embargo, se requieren también cambios culturales y en las prácticas para dar verdadera estabilidad a la relación entre ciencia y política; las “organizaciones de frontera” propician dichos cambios al crear oportunidades e incentivos para la

producción sistemática de objetos de frontera, estimular la participación regular de actores de ambas esferas y de profesionales como mediadores, y actuar bajo distintas líneas de rendición de cuentas para cada uno de esos entornos (Guston, 2001).

En el caso del agua, las organizaciones de frontera pueden ayudar a estabilizar y ordenar la interacción entre las comunidades científica y política cuando se enfrentan altos niveles de incertidumbre, con el fin de incorporar dicha incertidumbre al diseño de políticas mediante la aplicación del principio precautorio, el cual a su vez implica actuar de manera preventiva, explorar un mayor rango de alternativas y ampliar la participación pública en la toma de decisiones (White, Corley, & White, 2008).

Un tipo particular de organización de frontera es el denominado “teatro de decisiones”, un espacio con elementos tecnológicos y metodológicos asociados a un objeto de frontera —usualmente una capacidad de almacenamiento, procesamiento y análisis de datos mediante sistemas de cómputo—, diseñado para facilitar la decisión colaborativa entre científicos y tomadores de decisiones de política.

2.2 Finalidad y descripción del modelo general de trabajo

En términos de ingeniería de sistemas, el modelo general de trabajo se ha concebido como un “sistema de capacidades” (Faulconbridge & Ryan, 2015), no sólo compuesto por hardware y software, sino también por el conjunto de la organización, el personal, los sistemas de adiestramiento, las instalaciones, los datos, el soporte, los procedimientos operativos y las políticas organizacionales. El sistema global no genera productos, sino la capacidad operativa de alcanzar un propósito definido, lo que implica desarrollar la descripción lógica (*el qué se desea alcanzar*) antes de desarrollar la descripción física (*el cómo*) de aquél.

En estos términos, la *finalidad* del Centro de Decisiones (CDD) puede ser expresada como sigue:

“Propiciar una mejor comunicación entre actores del ámbito científico y del de diseño de políticas en el análisis de problemas complejos de gestión del agua, con objeto de propiciar mejores políticas públicas en contextos de incertidumbre, minimizando tiempos de respuesta y recursos y maximizando el uso de la mejor ciencia disponible”

Así, el mencionado “sistema de capacidades” se convierte en un objeto de frontera que permite mediar entre los ámbitos científico y político en las diferentes etapas del proceso, desde el intercambio de información, análisis del problema, selección de herramientas de modelación, construcción y prueba de los modelos, aplicación de metodologías de decisión colaborativa, análisis de escenarios y priorización de alternativas. Puede también incorporar como un tercer ámbito de intercambio de información y análisis al de los representantes de las partes interesadas.

El hecho de que la aplicación de la plataforma tecnológica y metodológica del CDD pueda lograr la implantación efectiva de mejores políticas de gestión del recurso, dependerá de condiciones propias de cada caso de estudio y del contexto institucional y contingente del propio proceso de decisión. Por ello se concibe al CDD como una herramienta de soporte, que busca apoyar el diseño de políticas mediante un enfoque precautorio, pero aportando elementos de decisión, y no propiamente una “solución óptima” o consensual.

Por otra parte, la propuesta se centra en el desarrollo de capacidades para la toma de decisiones basada en modelos numéricos, lo que implica contar con tres habilidades: modelación, facilitación y adquisición de conocimiento (Hare, 2011). Esta última capacidad se busca cubrir mediante técnicas

de visualización avanzada y metodologías de trabajo adecuadas, en un espacio que genere una sensación de “inmersión” de los participantes.

Con base en la revisión de experiencias similares, la descripción lógica del sistema de capacidades se orienta a satisfacer los requerimientos que conducen a la finalidad del modelo general:

- Propiciar la generación de mejores políticas públicas de manejo del agua
 - Mejorar la comunicación entre el ámbito científico y el político
 - Aportar elementos objetivos de decisión con base en datos y modelos de representación geográfica, simulación y optimización (modelación).
 - Facilitar la consideración simultánea de distintos parámetros o factores de índole física, ambiental, social o económica (integración).
 - Traducir los elementos técnicos en representaciones adecuadas para las diferentes audiencias en los ámbitos científico, de política pública y de la participación social (visualización).
 - Organizar y transmitir los elementos técnicos, su representación gráfica y las capacidades de modelación de manera adecuada para generar las condiciones de trabajo colaborativo y construcción de consensos (facilitación).

La Figura 1 representa esquemáticamente la descripción funcional del modelo general.

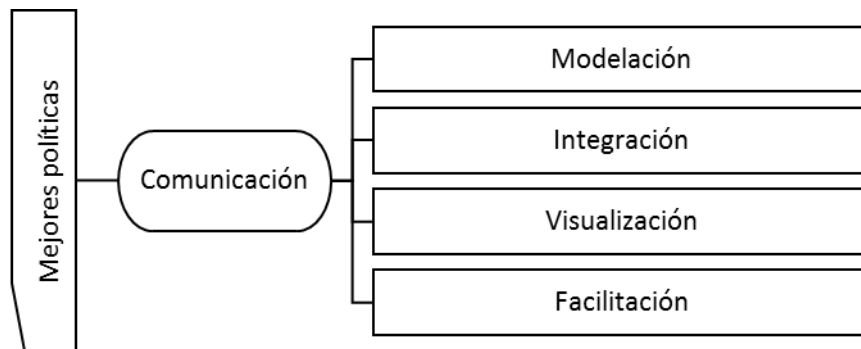


Figura 1 Descripción funcional del modelo general de trabajo

La siguiente figura muestra la relación entre los ámbitos científico y de políticas, cuya vinculación se busca propiciar mediante el proyecto.

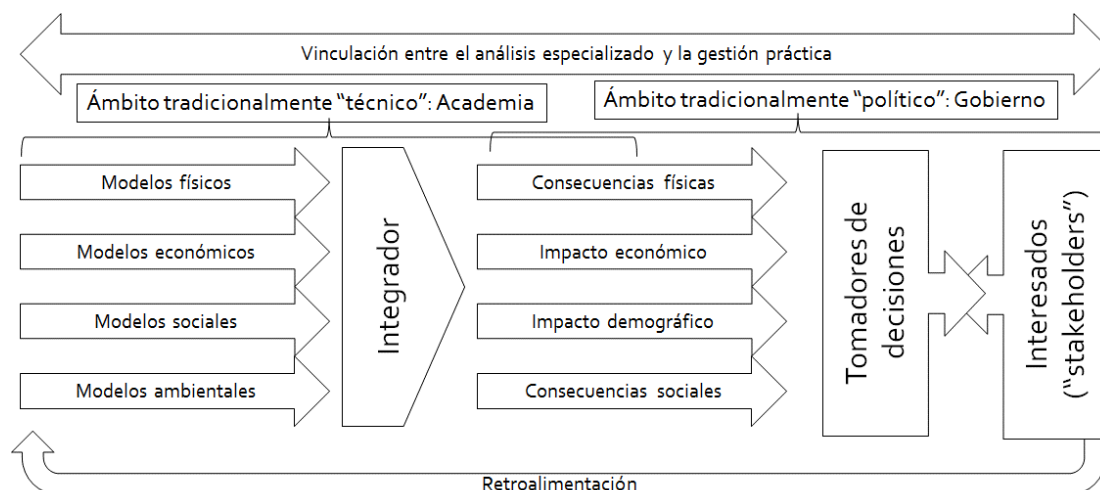


Figura 2 Conceptualización del Centro de Decisiones como “Objeto de Frontera”

2.3 Elementos de un “teatro de decisiones” – experiencias precedentes

La experiencia más avanzada en cuanto a la instrumentación de espacios para la decisión es el Teatro de Decisiones de la Universidad Estatal de Arizona, en los Estados Unidos de América. Cuenta con los siguientes elementos (ASU, 2015):

- Sistema complejo para integración de entradas y salidas de los diferentes modelos de simulación y enviar y recibir datos hacia el ambiente multipantallas, grupos de computadoras o equipos individuales.
- Sistemas avanzados de visualización cartográfica, geográfica y numérica.
- Ambiente de visualización en inmersión.
- Equipo de alta capacidad de cómputo para análisis y simulación.
- Alta capacidad de almacenamiento de datos.
- Capacidad de transmitir a instalaciones remotas.
- Programas que apoyan el trabajo colaborativo entre aplicaciones y plataformas.

Otro proyecto similar es el “BC HydroTheatre” (BC Hydro Theatre, 2015), “instalación para la participación de la comunidad y la prueba de percepciones” que utiliza tecnologías avanzadas de visualización e interacción para involucrar a las audiencias en simulaciones de escenarios sostenibles; es utilizado sobre todo para integrar datos en plataformas de información geográfica de acceso libre, visualización 3D y herramientas de modelación. Está ubicado en el Centro para la Investigación Interactiva sobre Sostenibilidad de la Universidad de Columbia Británica en Canadá.

Existe también una instalación similar en el Tecnológico de Monterrey, Campus Ciudad de México, integrada por una batería de pantallas planas y equipo de cómputo para simulación y visualización. El diseño del modelo ha tomado como base el desarrollo de tres capacidades: modelación, visualización e integración.

2.4 Concepción física e implementación del modelo

Como se mencionó en el punto 2.2, para el desarrollo de un CDD en Monterrey se establecieron cuatro funciones clave y para cada una se propuso una estructuración física:

Función	Estructuración
1. Capacidad de modelación de procesos físicos, socioeconómicos y ambientales.	<ul style="list-style-type: none"> • Integración de un equipo núcleo de modelación de procesos básicos. • Identificación de especialistas asociados al proceso. • Análisis, selección e implementación de una base de programas de cómputo para la simulación de los procesos. • Disponibilidad de un servidor de cómputo dedicado a la modelación in situ. • Acopio de información según cada caso específico.
2. Capacidad de integración de los modelos en ejercicios de simulación de escenarios para el análisis de problemas complejos.	<ul style="list-style-type: none"> • Integración de especialistas en ingeniería de sistemas y programación para el desarrollo de los programas integradores. • Disponibilidad de un equipo de cómputo para alojar y ejecutar los programas integradores.
3. Técnicas avanzadas de visualización.	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis, selección e implementación de programas de cómputo para la visualización geográfica y gráfica de los datos y procesos modelados. • Disponibilidad de un medio adecuado para la proyección de la información gráfica en un espacio que genere la sensación de inmersión y propicie la colaboración de los participantes.
4. Metodologías adecuadas para la instrumentación de procesos de decisión multi-actor y multi-objetivo, basados en la capacidad de modelación y visualización.	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis, selección e implementación de programas y métodos para la facilitación de procesos de análisis, modelación y decisión colaborativa en problemas multi-objetivo y multi-actor. • Incorporación de capacidades de moderación o facilitación para trabajo en procesos de decisión colaborativa, mediación o negociación. • Espacios adecuados para propiciar la colaboración y comunicación de los participantes.

En concordancia y en apoyo a lo anterior, el proyecto se estructuró con cinco componentes principales:

- i. *Estudio de demandas y necesidades* del sector, con objeto de responder a las condiciones, caracterizar los problemas típicos e identificar a los potenciales socios y clientes dentro del sector en América Latina y el Caribe.
- ii. *Establecimiento del CDD en el Tecnológico de Monterrey* (equipo núcleo, instalaciones, espacio, programas y modelo de trabajo)
- iii. *Desarrollo e implementación de dos casos piloto* en América Latina (uno en México, otro fuera de México)

- iv. *Implementación de la Red del Agua de América Latina y el Caribe (RAALC)*, con el fin de hacer acopio de lecciones aprendidas en la región en materia de gestión colaborativa de los recursos hídricos, así como promover el intercambio de experiencias en la implementación del proceso
- v. *Diseminación de conocimiento y construcción de capacidades*

2.5 Modelo conceptual del Centro de Decisiones

La Figura 3 muestra el modelo general del proyecto.

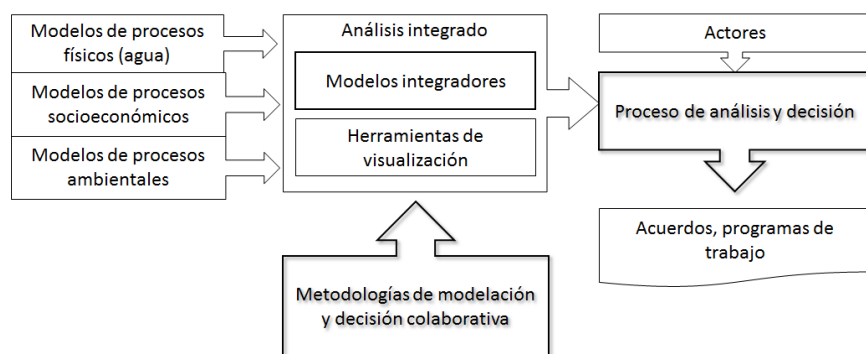


Figura 3 Modelo conceptual del proyecto

Se integran en el sistema de capacidades las de modelación, integración, visualización y facilitación para la consecución de mejores resultados.

A continuación, se reseñan los avances a la fecha y se señalan los principales retos identificados para lograr una implementación exitosa del modelo.

3 RESULTADOS A LA FECHA

3.1 Estudio de demandas y necesidades

Esta componente tiene como resultados clave el lograr:

- Clientes potenciales identificados y ubicados
- Lista priorizada de clientes potenciales
- Lista priorizada de socios estratégicos potenciales
- Reporte del estudio de detección de necesidades
- Estrategia de trabajo del Centro

Fue elaborada una encuesta sobre la problemática y necesidades de apoyo a la decisión en materia de gestión del agua en 11 países, con representantes de 138 organizaciones o casos y partiendo de un cuestionario de 41 preguntas, más reactivos de identificación y caracterización del entrevistado.

Se abordaron las siguientes temáticas:

- Actitud general hacia el manejo del agua
- Participación en el manejo efectivo del agua
- Alianzas
- Inversión en recursos
- Principales responsables del manejo del agua en el país en cuestión
- Interés en colaborar con el Centro del Agua
- Formación de capital humano
- Datos personales

Lo anterior en seis tipos de organizaciones:

- Gobierno
- Empresas e iniciativa privada
- Organismos no gubernamentales
- Organismos internacionales
- Organismos operadores del agua
- Instituciones académicas o de investigación

La siguiente tabla muestra el universo del estudio.

PAÍS	CASOS
Argentina	9
Bolivia	11
Brasil	15
Chile	9
Colombia	17
Guatemala	13
México	23
Nicaragua	14
Perú	10
República Dominicana	14
Venezuela	13
TOTAL	148

3.2 Establecimiento del Centro de Decisiones en el Tecnológico de Monterrey (Campus Monterrey)

Esta componente incluyó los siguientes resultados clave:

- Espacio físico adaptado
- Mobiliario instalado
- Equipo de visualización instalado y funcionando
- Clúster de cómputo instalado y funcionando
- Licencias adquiridas e instaladas
- Personal de la unidad ejecutiva central contratado
- Personal técnico para proyectos piloto contratado

Después de evaluar diferentes alternativas, se decidió instalar el CDD, en un espacio aproximado de 260 m2 en el lobby o planta baja del edificio del CEDES en el Campus Monterrey del ITESM. Con base en esa determinación se llevó a cabo el proyecto ejecutivo y la definición y adquisición de mobiliario y equipos.

La unidad ejecutiva central está formada por un Director Operativo del proyecto, una Coordinadora de la RAALC, un auxiliar de la red, un Coordinador y un Auxiliar de Sistemas. Simultáneamente se ha formado un equipo para el desarrollo del primer proyecto piloto, con dos especialistas con posdoctorado en modelación y dos especialistas en gestión del agua e hidrología, además del equipo de profesores investigadores del Centro del Agua.

Asimismo, se han implementado modelos en programas o sistemas de soporte a la decisión basados en MS Office, R y Riverware como parte del primer piloto, además de llevar a cabo pruebas y

evaluaciones de sistemas como AquaTools, WEAP y sistemas de información geográfica como Q-GIS y ArcInfo.

3.3 Casos piloto

El primer piloto se encuentra en desarrollo. Se trata del apoyo para la integración de un Plan Hídrico Integral para el Estado de Nuevo León, en cuya primera etapa se ha llevado a cabo un ejercicio de evaluación robusta de alternativas para el abastecimiento de la Zona Metropolitana de Monterrey. En el proceso se han llevado a cabo reuniones de intercambio de información, análisis de la problemática, evaluación de escenarios y análisis de alternativas tanto con el responsable del sistema de abastecimiento, Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey, como con las oficinas locales de la Comisión Nacional del Agua, además de presentar los avances al Consejo para la Planeación Estratégica de Nuevo León y a representantes de universidades y organizaciones sociales del Estado.

Para el segundo caso piloto, se cuenta con un análisis documental de las condiciones de los países de la región, así como con los resultados del estudio de demandas y necesidades, con los cuales se integra la convocatoria para la selección del caso en común acuerdo con los organismos que participan en el proyecto.

3.4 Implementación de la Red del Agua para América Latina y el Caribe (RAALC)

A partir de la implementación de la red LatinAqua, que estaba inactiva desde el año 2011, se rediseñó y desplegó un nuevo proyecto como sub-red de lecciones aprendidas en gestión del agua enfocada inicialmente hacia documentar procesos de soporte a la decisión. La incorporación de los participantes puede hacerse de manera individual o institucional, a través de un vínculo que ya se encuentra activo (<http://goo.gl/forms/JBZ1wIEN5x>). Está en desarrollo el paquete de beneficios que se ofrecerá a quienes se unan a la RAALC, especialmente la posibilidad de establecer conexiones entre pares, intercambiar información y contactos para gestionar apoyo técnico o económico, acceder a publicaciones en línea y especialmente difundir e intercambiar experiencias en cuanto a buenas prácticas o lecciones aprendidas en el manejo de los recursos hídricos.

Se ha distribuido el material sobre la Red a los miembros anteriores de LatinAqua y a los nuevos miembros de RAALC, fue rediseñado el sitio de internet y se están desarrollando aplicaciones y videos para difundir el nuevo concepto de la red.

Destaca la realización del 1er Encuentro en Procesos de Soporte a la Decisión para la Gestión Participativa del Agua, el 14 de abril de 2016, que incluyó una sesión plenaria con diversas autoridades y representantes locales e internacionales, 13 conferencias magistrales, 3 mesas de discusión, 5 ponencias de trabajos de investigación, la presentación de la RAALC y el lanzamiento de la convocatoria para formar parte de la sub-red de Lecciones aprendidas, un taller con los asistentes, 3 visitas técnicas y una mesa de trabajo con especialistas en el tema.

La siguiente tabla relaciona los trabajos presentados.

Conferencista	Institución	Tema
Dr. Aldo Iván Ramírez Orozco	Tecnológico de Monterrey	Sistemas de soporte para la toma de decisiones participativa apoyada en modelos: el caso del sector hídrico.
Dr. Julio César Salazar	Proyecto GEF Amazonas	Desarrollo de sistemas para la GIRH en la Amazonía: Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Guyana, Perú, Surinam y Venezuela.
Dr. Luis Manuel Martínez Rivera	Universidad de Guadalajara	Procesos de participación para la gestión integrada de la cuenca del río Ayuquila-Armería
Dr. Raúl Artiga	Experto ATI Programa PAAPIR UE	El caso del plan trifujo en el Alto Lempa: Oportunidades y desafíos para la gestión compartida en cuencas transfronterizas de Centroamérica.
Dr. Jorge Hidalgo Toledo	Instituto Mexicano de Tecnología del Agua	Resolución de conflictos por el agua en la cuenca Lerma-Chapala
Dr. Joaquín Andreu	Universidad Politécnica de Valencia	Análisis participativo del conflicto hídrico del trasvase Júcar-Vinalopó (España) mediante el uso de un sistema de soporte a la decisión
Ing. José Alberto Riascos	Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca	Instrumentos de planificación y apoyo a decisiones robustos (ADR) en la gestión del agua en Colombia
Dr. Guillermo F. Mendoza	US Army Corps of Engineers	Planificación con visión compartida: los casos de Perú y República Dominicana
Dr. Samuel Sandoval	University of California, Davis	Gestión del agua y procesos de toma de decisiones
Dr. Javier Paredes	Universidad Politécnica de Valencia	Sistema soporte de decisión para la consideración de aspectos ambientales en los procesos participativos de la planificación y gestión hídrica
Dr. Agustín Robles	Instituto Tecnológico de Sonora	Toma de decisiones para la gestión colaborativa de los recursos hídricos y modelación participativa en la cuenca del río Sonora, México
Arq. Dave Flanders	University of British Columbia	Participatory flood management and visualization in Delta, Metro Vancouver
Dr. Matt Hare	NeWater Project-PINCC-UNAM	Nuevos enfoques para el manejo adaptativo del agua de frente a la incertidumbre: modelaje participativo de escenarios

A partir de este encuentro se obtuvieron importantes orientaciones tanto por parte de los especialistas como de los asistentes, donde abundaron no sólo académicos sino representantes del sector público y de organismos de participación de usuarios (Comités y Consejos de Cuenca).

3.5 Diseminación del conocimiento y construcción de capacidades

Se han llevado a cabo los siguientes cursos asociados al proyecto:

- Curso-taller “Herramientas para la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos”, ofrecido el 13 de abril de 2016 a petición de la CONAGUA, en las instalaciones del Campus Monterrey, con 17 participantes, en su mayoría Gerentes Operativos de Consejos o Comités de Cuenca coordinados por CONAGUA.
- Curso-taller “Gobernanza y gestión del agua por cuenca hidrográfica en un contexto de cambio climático”, impartido el 1 y 2 de junio de 2016 en el marco de la Asamblea Mundial de la Red Internacional de Organismos de Cuenca, en Mérida, Yuc. Contamos con 88 asistentes, incluyendo participantes de varios países latinoamericanos y de España.

Para difundir los avances del proyecto, se han elaborado insertos para difundir la propuesta del proyecto del CDD en:

- La “Carta de la RIOC”, órgano de comunicación de la Red Internacional de Organismos de Cuenca que se publica en formato electrónico e impreso en tres idiomas, español, francés e inglés.
- La revista del 30 aniversario del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA).
- La revista “Agua y Saneamiento”, publicada por la Asociación Nacional de Empresas de Agua y Saneamiento (ANEAS), que se distribuye a más de 850 sistemas operadores, así como a proveedores, organizaciones civiles y funcionarios en todo el país.

Se ha presentado la concepción general del proyecto en tres reuniones con carácter internacional:

- En el 2º Congreso Interamericano de Cambio Climático el 16 de marzo de 2016, en la Ciudad de México.
- En el Primer Encuentro Internacional sobre Procesos de Soporte a la Decisión para la Gestión Participativa del Agua, en Monterrey el 14 de abril de 2016.
- En el Curso Internacional sobre Gobernanza, en Mérida, Yuc., el 1º de junio de 2016.

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El proyecto se encuentra en una fase inicial, donde a través del desarrollo de los pilotos se tendrá que evaluar y adecuar el diseño funcional y físico del modelo general para lograr los objetivos planteados.

De manera preliminar, se han identificado los siguientes factores como claves para el éxito de un proceso de apoyo a la decisión colaborativa basada en modelos numéricos para la región de América Latina y el Caribe:

Factores	Descripción
1. Marco institucional o de gobernanza	El marco jurídico de los países de la región no siempre considera de manera explícita el uso de modelos o la participación de academia, gobierno e interesados en la planificación e implementación de medidas de gestión (incluyendo infraestructura y medidas no estructurales), así como existencia de organizaciones formales que canalicen dichos procesos de decisión participativa. Existen manuales y documentos de orientación, así como experiencias concretas de uso de modelos en la gestión de conflictos (caso Lerma-Chapala) o la planificación en cuencas de la región, pero no una formalización del uso de modelos como la hay en el marco jurídico español.
2. Información	La región enfrenta todavía retos importantes en cuanto a la accesibilidad, calidad, confiabilidad y alcance de las bases de datos de parámetros ambientales, climáticos, hidrológicos, sociales y económicos necesarios para la modelación de los procesos. La instrumentación de procesos participativos o colaborativos justamente puede abonar a favor del intercambio de información y datos entre los actores del sector.
3. Sistemas de monitoreo	Hay diferencias importantes en la cobertura, accesibilidad y confiabilidad de las redes y sistemas para la medición y el monitoreo de parámetros físicos y socioeconómicos asociados a la gestión del agua en la región. Sin embargo, los avances tecnológicos y la normativa en materia de transparencia y rendición de cuentas están presionando hacia una mayor

Factores	Descripción
	cobertura y publicidad de los datos.
4. Cultura de participación	La implementación de los planes hídricos por cuenca con apoyo en instancias de coordinación y concertación ha creado progresivamente capacidades y demandas de participación en la región. En cada caso, será necesario valorar en qué medida se llevan a cabo y son efectivamente tomadas en cuenta las opiniones y aportaciones de los interesados y de la academia en las decisiones de política pública, proyectos y operación en la gestión del agua.
5. Estado de los recursos	El CDD ha sido concebido para el tratamiento de problemas complejos de gestión, en los que suele haber varios interesados, decisores, criterios u objetivos, así como implicaciones no evidentes de las alternativas de decisión sobre parámetros físicos, ambientales, económicos y sociales; suele haber también un conjunto de actores sin relación jerárquica estricta, de cuya coordinación depende la ejecución de los programas. Se considera más propicio para instrumentar un proceso de decisión basado en modelos aquel entorno donde los recursos naturales, económicos e institucionales presentan una situación problemática, pero no han sido degradados a un extremo crítico.
6. Presiones	El ritmo en el que existen los factores están afectando la disponibilidad y calidad de los recursos naturales, económicos e institucionales en cada entorno en cuestión puede afectar la viabilidad de instrumentar un proceso de soporte a la decisión colaborativa. Se considera más propicio un entorno donde la presión no es excesiva, de manera que un proceso participativo tenga mejores posibilidades de incidir efectivamente en la toma de decisiones y la aplicación de soluciones.
7. Capacidad de ejecución de acciones de respuesta	El que las propuestas de cambio institucional, inversión, organización o fortalecimiento que surjan del proceso de planificación o decisión colaborativa puedan llevarse efectivamente a cabo es fundamental para el éxito del proceso. Se considera más propicio un entorno en el que se cuenta con las capacidades financiera, técnica y administrativa para ejecutar las acciones que resulten del proceso.
8. Antecedentes en modelación	Es favorable implementar estos procesos donde existan ejercicios de modelación matemática de procesos físicos, ambientales y socioeconómicos, anteriores o en curso, que puedan facilitar la recopilación de información y el trabajo con las contrapartes interesadas. Se considera más propicio un entorno donde las autoridades han llevado a cabo procesos de planeación colaborativa con apoyo en modelación.
9. Presencia de socios estratégicos	En particular para el trabajo en otros países de la región, la existencia de organizaciones del sector académico o público que cuenten con experiencia, equipos o sistemas de apoyo a la decisión, puede ser muy propicia para el desarrollo de estos procesos.

5. AGRADECIMIENTOS

El proyecto del Centro de Decisiones para el Manejo Efectivo del Recurso Hídrico en América Latina y el Caribe forma parte de la segunda cooperación entre el Banco Interamericano de Desarrollo, el Tecnológico de Monterrey y Fundación FEMSA, a través del proyecto RG-T2390. Los autores agradecen al equipo del proyecto por sus insumos y colaboración en la construcción de esta plataforma innovadora para la solución de problemas complejos en el sector hídrico de la región, así como la coordinación del Fondo de Agua Metropolitano de Monterrey, y la colaboración de Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey y la Dirección del Organismo de Cuenca Río Balsas de la Comisión Nacional del Agua por su participación en el primer proyecto piloto.

6. LITERATURA CITADA

- ASU. (2015). *ASU Decision Theater Network*. Recuperado el Julio de 2016, de <https://dt.asu.edu/tools>
- BC Hydro Theatre. (2015). *elementslab*. Obtenido de <http://elementslab.ca/tools/hydro-theatre/>
 - Faulconbridge, I., & Ryan, M. (2015). *Introduction to Systems Engineering*. Canberra, Australia: Argos Press.
 - Guston, D. H. (2001). Boundary Organizations in Environmental Policy and Science: An Introduction. *Science, Technology, & Human Values*, 26(4), 399-408.
 - Hare, M. (2011). Forms of Participatory Modelling and its Potential for Widespread Adoption in the Water Sector. *Environmental Policy and Governance*, 386-402. doi:10.1002/eet.590
 - IADB. (18 de Septiembre de 2013). *Decision Theater for an Effective Water Resources Management in Latin America*. Obtenido de www.iadb.org/en/projects: <http://www.iadb.org/Document.cfm?id=38053536>
 - Mahlke, J., & Pastén, E. (2013). *Diagnóstico de los Recursos Hídricos en América Latina*. Monterrey, N.L.: Pearson Educación.
 - OECD. (2015). *Stakeholder Engagement for Inclusive Water Governance. OECD Studies on Water*. Paris, Francia: OECD.
 - VEOLIA IFPRI. (2011). *Sustaining growth via water productivity: 2030/2050 scenarios - Final results document*. Veolia Water North America and International Food Policy Research Institute (IFPRI). Recuperado el 2 de junio de 2016, de http://growingblue.com/wp-content/uploads/2011/05/IFPRI_VEOLIA_STUDY_2011.pdf
 - White, D. D., Corley, E. A., & White, M. S. (2008). Water Managers' Perceptions of the Science-Policy Interface in Phoenix, Arizona: Implications for an Emerging Boundary Organization. *Society & Natural Resources*, 21(3), 230-243. doi:10.1080/08941920701329678

Extenso ID: 243. Erick Giovanni Navarro Cárdenas. **ÍNDICE SOBRE PROSPERIDAD DE AGUA EN LA COMUNIDAD DE TUMBISCA, MICHOACÁN.**

[Regresar al índice](#)

¹Universidad Nacional Autónoma de México, Escuela Nacional de Estudios Superiores, unidad Morelia. Antigua carretera a Patzcuaro #8701 Morelia, Michoacán de Ocampo. Correo electrónico: enavarro@lcambientales.unam.mx

Resumen

El índice sobre prosperidad de agua (IPA+) es una plataforma de trabajo, utilizada para estudiar la relación entre el agua y el desarrollo en un territorio; integra información de distintas fuentes y naturalezas, agrupándola en 5 componentes principales: Recursos (Precipitación, cantidad y calidad del agua), Acceso (El acceso que tiene la población a los recursos hídricos), Capacidad (Capacidad de mantener el sistema de agua, incluye indicadores socioeconómicos), Uso (Describe los distintos usos que se le da a los recursos hídricos) y Ambiente (Indicadores ambientales, cobertura forestal, erosión hídrica, pérdida de cultivos agrícolas). Cada componente incluye un conjunto de subcomponentes, también llamados indicadores, mismos que son valorizados en un rango de 0 a 100, dependiendo de su desempeño. Los valores de los sub componentes y componentes son agregados en el cálculo del índice, obteniendo una cifra final que busca representar la relación entre agua y desarrollo en un territorio determinado.

Palabras clave: Agua y desarrollo; Indicadores ambientales; Desarrollo rural; Pobreza; Ordenamiento territorial.

En el presente estudio se desarrolló el índice sobre prosperidad de agua en la localidad de Tumbisca; un pequeño asentamiento rural cercano a Morelia, capital del estado mexicano de Michoacán. El resultado del índice obtuvo un valor numérico de 61.17, el cual es considerado de intermedio a alto, lo cual describe que existe una relación positiva entre los recursos hídricos, el acceso que se tiene a los mismos, la capacidad de manejarlos, el uso que se les da y el ambiente donde ocurre el manejo. A su vez, con ayuda del IPA+ fue posible identificar las áreas de oportunidad y mejora en la relación entre agua y desarrollo en la localidad de Tumbisca.

Las conclusiones del trabajo indican que es posible construir el Índice de Pobreza de Agua a escala local, utilizando información existente, confiable y actual, complementando con información obtenida en campo, también fue posible formular propuestas concretas para mejorar la relación entre agua y desarrollo en la localidad de Tumbisca. Por último el ejercicio de utilizar el IPA+ como plataforma de trabajo, permitió ubicar aspectos de mejora y debilidades, tanto en los procesos de la relación entre agua y desarrollo, como en el método del IPA+, con el fin de aportar experiencia para futuros trabajos que busquen probar la utilidad del índice.

Introducción

Existe una relación entre el acceso al agua con calidad y cantidad suficiente, la salud y el bienestar, la soberanía alimentaria y producción de alimentos, el desarrollo económico, así como el mantenimiento y función de los ecosistemas; por lo tanto cuando se busca implementar estrategias que mejoren las condiciones de un territorio y sus habitantes, es primordial conocer el estado de los recursos hídricos y su relación con el desarrollo integral (prosperidad) o su ausencia (pobreza) (United Nations World Water Assessment Programme, 2015).

La pobreza tiene distintas dimensiones de análisis, así como definiciones. Se entiende como la ausencia de capacidad para satisfacer las necesidades básicas de un individuo o grupo humano, de forma generalizada se tomaba el ingreso monetario como una medida simple de pobreza, actualmente se propone abordar la pobreza como un fenómeno de múltiples causas y efectos, utilizando el término de Pobreza Multidimensional (Bourguignon & Ckavartty, 2003). El acceso al agua está vinculado con la pobreza, reducir la pobreza a través del manejo del agua es un marco de trabajo útil en favor de los pobres, permitiendo la introducción de temas interrelacionados; como son la gobernanza, calidad del agua, acceso, oportunidades de vida, construcción de capacidades y empoderamiento, manejo y prevención de desastres relacionados al agua, así como el manejo de los ecosistemas (United Nations World Water Assessment Programme, 2015).

Una manera de definir la pobreza de agua es la siguiente: “La pobreza de agua es la situación de estrés o escases de los recursos hídricos (Institucionales, sociales, económicos, políticos y/o de aspectos físicos), que exceden las necesidades individuales básicas de salud, prosperidad y una vida segura...” (Sternlieb & Laituri, 2010).

La pobreza de agua es un concepto diferente a la mera escasez física del agua “...Cuando la cantidad tomada de las fuentes existentes es tan grande que se suscitan conflictos entre el abastecimiento de agua para las necesidades humanas, las ecosistémicas, las de los sistemas de producción y de las demandas potenciales” (Costa Posada et al., 2005), otro concepto distinto es el de estrés hídrico o el grado de presión sobre los recursos hídricos; el cual se considera alto cuando la demanda sobrepasa el 50% de la oferta hídrica de una fuente abastecedora (Infante Romero & Ortiz, 2008).

El presente estudio se enfoca en la relación entre la disponibilidad natural, el acceso y manejo del agua, con el desarrollo (Prosperidad) o su ausencia (Pobreza.). Es decir, la forma en que el acceso al agua; considerando la cantidad y calidad, las condiciones de sanidad e higiene, la capacidad de organización, manejo y mantenimiento de los sistemas que distribuyen el agua, los distintos usos del líquido, así como la relación con el ambiente donde ocurre el manejo; pueden o no ayudar a mejorar las condiciones en la calidad de vida de un grupo humano en determinado territorio.

Agua y pobreza en el contexto rural: Existe una relación entre el desarrollo de las comunidades rurales, la presencia o ausencia de pobreza y un adecuado acceso al agua para sus distintos usos. La conexión pareciera ser evidente, ya que se necesita del agua para sobrevivir y tener una salud adecuada y por ende la capacidad de trabajar o realizar actividades. En la producción agrícola es indispensable para los cultivos de auto consumo o producción comercial, en el funcionamiento de pequeñas industrias y negocios, actividades artesanales, así como en el sector de servicios y turismo.

Sin embargo la compleja relación entre agua y desarrollo rural aún tiene mucho por ser estudiada, ya que también existen casos donde incluso teniendo un acceso adecuado al agua en cantidad y

calidad, no se logra erradicar la pobreza; lo anterior puede relacionarse con otros factores de tipo político, económico o cultural. (Kommenic et al., 2009).

Es necesario que en los contextos rurales se busque un equilibrio entre los capitales Natural (Recursos naturales y servicios ambientales), Humano (Habilidades, conocimientos, bienestar físico y salud), Social (Organizaciones, redes y relaciones sociales), Financiero (Dinero, créditos/deudas, ahorros) y Físico (Infraestructura, tecnología, bienes materiales) mismos que deben distribuirse de una forma equitativa, para lograr el desarrollo de las comunidades y formas de sustento para sus habitantes. (Scoones, 1998);(Sullivan *et al.*, 2003).

El Centro Internacional de Agua y Sanidad elaboró una síntesis sobre distintos trabajos realizados en el planeta, que buscan mejorar el abasto de agua potable contextos rurales (International Water and Sanitation Centre, 2004), en su informe hablan sobre la importancia del manejo comunitario, el apoyo gubernamental, académico y de organizaciones no gubernamentales, en busca de lograr reducir en un 50% la proporción de la población sin acceso al agua potable de calidad, así como erradicar la pobreza a nivel mundial, siendo ambos parte de los objetivos de desarrollo del milenio establecidos por la Organización de las Naciones Unidas en su declaración del milenio. (ONU, 2000), así como en los recientemente planteados objetivos para el desarrollo sustentable en sus metas 6 y 1 respectivamente (PNUD, 2016).

¿Es posible que una comunidad no alcance la prosperidad, aun teniendo una alta disponibilidad de agua? O en caso contrario ¿Se pueden lograr niveles altos de desarrollo en situaciones de estrés hídrico? ¿Cuáles otros aspectos tienen un papel en la relación entre agua y desarrollo? Por otro lado es importante tener en cuenta que existen distintas condiciones en relación al manejo del agua, mismas que pueden variar en función de las características ambientales específicas de cada territorio.

Es importante mencionar que para poder abordar el manejo del agua, los estudios deben hacerse de forma integrada, considerando aspectos ecológicos, económicos, sociales, culturales y políticos. (Oswald Spring *et al.*, 2009).

Una forma que existe de aproximarse a la relación entre agua y desarrollo es mediante el uso de indicadores, que permitan generar información proveniente de fuentes con distintas naturalezas y orígenes. El IPA+ es un ejemplo de este tipo de aproximaciones

Preguntas de Investigación: General: ¿Cómo es la relación entre el agua y el desarrollo en la localidad de Tumbisca, Michoacán? **Particulares:** ¿Es posible construir el índice sobre prosperidad de agua en la localidad de Tumbisca, Michoacán? ¿Cuáles son los temas prioritarios para mejorar la relación entre agua y desarrollo en la localidad de Tumbisca? ¿Puede el índice sobre prosperidad de agua aportar información útil para mejorar la relación entre agua y desarrollo en la localidad de Tumbisca?

Objetivos: General: Identificar de forma general la situación actual sobre la relación entre agua y desarrollo en la localidad de Tumbisca. **Particulares:** Construir el índice sobre prosperidad de agua en la localidad de Tumbisca, utilizando información actual y local. Identificar los temas prioritarios de mejora en la relación entre agua y desarrollo en la localidad de Tumbisca, con base en los resultados del Índice.-Proporcionar información que pueda ser útil en la toma de decisiones sobre el manejo del agua y en la mejora de la relación entre agua y desarrollo en la localidad de Tumbisca.

Marco teórico

Existen varios tipos de indicadores que han sido desarrollados para poder aproximarse a la realidad ambiental del planeta y las sociedades humanas, un notable ejemplo es el índice de desarrollo humano, utilizado ampliamente a escala nacional y regional, mismo que integra la información disponible en áreas ligadas al desarrollo humano, como son: Salud, educación, economía y derechos humanos. Otros índices como el índice de sustentabilidad ambiental, han sido desarrollados desde que la Organización de las Naciones Unidas estableció las metas de desarrollo del milenio (ONU, 2000). Desde entonces surgió la necesidad de obtener información sobre los avances realizados en materia de combate a la pobreza y el logro de las metas de desarrollo a nivel mundial.

Sternlieb & Laituri (2010) hacen una revisión de los distintos índices e indicadores ambientales desarrollados para monitorear la situación global del medio ambiente, el progreso realizado en la búsqueda de mejorar la relación entre agua y desarrollo, así como erradicar la pobreza. En su trabajo, resaltan la importancia de las agencias donadoras de recursos financieros, distintas organizaciones civiles, gobiernos y académicos relacionados con el tema, reconocen que se ha avanzado en desarrollar indicadores que permitan monitorear el impacto de las políticas aplicadas para ayudar a mejorar las condiciones en países con bajos niveles de acceso al agua potable, pero aún hace falta vincular las escalas más locales (la gente de las comunidades) con los científicos, gobiernos y agencias internacionales encargadas de las políticas de asistencia en el sector. (Sternlieb & Laituri, 2010)

No obstante los avances obtenidos, los índices también tienen desventajas reconocidas; pueden tener una visión estática, datos insuficientes o de baja calidad, dificultades al combinar temas diferentes, pérdida o distorsión de la información después de la agregación, a menudo no son transparentes o los métodos de cálculo y sus supuestos son ocultos. (Molle & Mollinga, 2003); (Wilk & Jonsson, 2013).

El índice sobre pobreza de agua (Water Poverty Index): Desarrollado por Sullivan (2001) (2002) así como Lawrence, Meig, & Sullivan (2002). El índice surgió como el resultado de un conjunto de experiencias académicas a nivel internacional, principalmente de académicos europeos, interesados en el tema de la relación entre la falta de acceso al agua potable y la pobreza, mayoritariamente en países de los llamados “en vías de desarrollo”. Los autores del índice, pretendían encontrar una manera de integrar y analizar la información sobre desarrollo, con aspectos relacionados al manejo del agua, utilizando cifras existentes.

Proponen considerar cinco componentes principales que describen la situación de la relación entre agua y desarrollo en un territorio definido. **Recursos, Acceso, Capacidad, Uso y Ambiente.** Los componentes contienen diversos sub componentes, también llamados indicadores y buscan integrar aspectos relacionados al agua que en otros estudios son tratados separadamente.

Si el índice se basa en los aspectos relevantes para los tomadores de decisiones en determinado territorio, puede ser útil para conocer la situación actual del agua, poner metas relevantes en su

manejo, monitorear el progreso de un proyecto, buscando ayudar a tomar decisiones informadas y transparentes. (Sullivan et al., 2003)

El índice sobre pobreza de agua propuesto por Sullivan fue criticado en un inicio cuando fue desarrollado a escala internacional, por no tomar en cuenta la capacidad de adaptación de los habitantes, ocultar los verdaderos factores que influyen en el manejo del agua y no poder describir las causas, impactos y remedios para la escasez del agua, además de no incluir aspectos relacionados a la calidad del agua y tener métodos de pesaje (el valor de cada componente en el total del índice) arbitrarios (Feitelson & Chenoweth, 2002) (Molle & Mollinga, 2003), autores que a su vez proponen otro método para obtener un índice de pobreza de agua a escala nacional, permitiendo comparaciones internacionales.

El índice de pobreza de agua también ha sido desarrollado y estudiado en distintos niveles de organización política y territorial. A nivel nacional (Jenmali & Matoussi, 2013); regional, estatal o a nivel de cuenca (Cullis & O'Regan, 2003), (Heidecke, 2006), (Abraham et al., 2006), (Giné Garriga & Pérez Foguet, 2008), (Giné Garriga & Pérez Foguet, 2010), (López Álvarez et al., 2013) ; nivel municipal (Herrera Castelazo et al., 2007), (Awojobi, 2014) y local (Sullivan et al., 2003)

También se ha incluido el uso de datos cualitativos, situación que puede aumentar la comprensión sobre que mejoras se necesitan, ya que los datos cuantitativos miden “cuanto” y los cualitativos “cómo” funcionan algunos elementos. Aun así es importante tener cuidado en que los datos usados para describir estos factores sean actuales y que reflejen las visiones de un amplio número de tomadores de decisiones, incluyendo los menos poderosos, los más pobres, mujeres, hombres y niños.

Sullivan *et. al.* (2006) hacen una revisión de la aplicación del índice a diferentes escalas hasta ese momento, reconociendo que el mayor potencial de aplicación para el índice se encuentra en las escalas regional, municipal, local y comunitaria. En general mantienen la propuesta inicial en cuanto a la estructura del índice, la cual se representa por la siguiente expresión matemática:

$$IPA = \frac{\sum_{i=1}^n W_i X_i}{\sum_{i=1}^n W_i}$$
 Dónde: **IPA**= Índice sobre pobreza de agua. **X_i**= cada componente de la estructura del IPA. **W_i**= Peso aplicado a componente. También puede representarse con la siguiente expresión: **IPA = ((Wr R) + (Wa A) + (Wc C) + (Wu U) + (We E))**

$$(Wr + Wa + Wc + Wu + We)$$

Dónde: **R**= Componente Recursos. **A**= Componente Acceso. **C**= Componente Capacidad. **U**= Componente Uso. **E**= Componente Ambiente (para evitar su confusión con Acceso se abrevia usando “E”, en referencia a “Environment” que significa ambiente en inglés). **Wr, Wa, Wc, Wu, We** = Peso aplicado a cada uno de los componentes respectivamente.

Cada componente se pondera en un rango de 0 a 100, así que el resultado del **IPA** también ocurre en ese rango; 0 corresponde a una situación de pobreza absoluta, mientras que 100 representaría la mejor condición posible. El peso se refiere al valor que le damos a cada componente en el total del índice, es decir, si es equitativo entre los cinco componentes, cada componente valdría 20 unidades de las 100 totales.

Método

Construcción del índice sobre prosperidad de agua: Giné Garriga & Pérez Foguet, (2010) proponen tres pasos generales para la construcción del Índice: 1.- Selección de indicadores: a) Compilación y validación de los datos disponibles. b) Definición y primera propuesta de indicadores. c) Clasificación de los indicadores con base en el marco conceptual. d) Análisis estadístico preliminar de los indicadores propuestos. e) Selección de los indicadores a nivel de subíndices. 2.- Construcción del índice: a) Asignación de los pesos para los subíndices. b) Agregación de los subíndices. 3.- Validación del índice: a) Análisis.

Para el presente trabajo, se toma como referencia la estructura general, aunque se omiten los análisis de peso estadístico, asignando pesos equitativos entre los distintos componentes, es decir que el valor final máximo para cada uno de los cinco componentes es de 20, dentro de las 100 unidades totales del índice.

La construcción del índice se basa en la premisa de utilizar la información disponible, principalmente con bases de datos desarrolladas por el trabajo de la UNAM en Tumbisca (Cieco UNAM-Grupo Balsas A.C., 2008), así como del Censo Nacional del INEGI (INEGI, 2010), para complementar la información también se incluye la obtención de datos en campo.

Se implementó la técnica de observación participante, involucrando al investigador con la comunidad a través de su participación voluntaria en la construcción de cisternas para el almacenamiento de agua, así como túneles con malla para la producción de hortalizas, como parte de la implementación del Ordenamiento Territorial Comunitario. El investigador realizó visitas con duración de entre 2 a 4 días, sumando un total de 31 días en la localidad de Tumbisca, generando el acercamiento entre investigador y habitantes, lo cual facilitó la obtención y entendimiento de la información necesaria para la construcción del índice. Se diseñó una encuesta estructurada semi-abierta, utilizada como herramienta de investigación (Anguita Casas et al., 2003) (ver anexo 1), además el proceso de observación participante se registró utilizando como herramienta el diario de campo (ver anexo 2), anotando las actividades, perspectivas, sucesos o momentos relevantes durante la estancia del investigador en la localidad.

Cálculo del índice y agregación de los componentes: Una vez elegidos los indicadores relevantes para construir el índice de prosperidad de agua en la localidad de Tumbisca, se procedió a hacer una revisión en las bases de datos del censo 2010 realizado por el Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI, 2010), el informe final del Ordenamiento Territorial Comunitario (CIEco UNAM-Grupo Balsas A.C., 2008), así como de una encuesta piloto sobre aspectos relacionados al manejo del agua en la localidad de Tumbisca, aplicada a finales del año 2013 y principios del 2014. De las fuentes anteriores, se obtuvieron datos para 7 de 19 indicadores en total, dos indicadores sobre cantidad y calidad de agua (R2 y R3), se obtuvieron de una tesis de maestría (De la Torre, en proceso), dónde también se colaboró en muestreos para la toma de datos en las fuentes de agua. Para el caso de los 10 indicadores restantes, se obtuvieron de la encuesta a nivel hogar en 18 de 54 viviendas, con una representatividad equivalente al 33.3% del total de viviendas en la localidad.

Después de estimar los valores para cada uno de los sub-componentes, se procedió a transformar a la escala numérica de 0 a 100, para el caso de los porcentajes se adoptó directamente el porcentaje, por ejemplo: “Porcentaje de hogares con acceso al agua potable = 90%”; el valor hipotético para ese sub componente sería de 90 puntos. Para otros casos, se procedió a categorizar utilizando cinco

valores: 0, 25, 50, 75 y 100, correspondiendo el 0 a la peor situación posible y el 100 la mejor condición.

Después de ponderar los indicadores en una escala de 0 a 100, se procedió a hacer una construcción preliminar del índice, utilizando el programa informático Excel® para calcular el valor de cada sub componente, componente y el valor total del índice.

Sitio de estudio: El ejido de Tumbisca se ubica en los Municipios de Morelia, Charo y Tzitzio (*ver figura 1*); en el Estado de Michoacán, en la zona de transición entre el eje neo-volcánico y la sierra madre del sur. El Ejido cuenta con siete localidades, la zona norte del ejido (localidad de “el Laurelito”) pertenece a la cuenca endorreica de Cuitzeo mientras que la parte sur del ejido donde se ubican el resto de las localidades pertenece a la cuenca del río Balsas (CIEco UNAM-Grupo Balsas A.C., 2008).

El Ejido cuenta con una fisiografía accidentada y con una variedad de microclimas y ambientes, lo cual propicia una gran diversidad de paisajes, ecosistemas y tipos de vegetación; que van desde el bosque de pino, bosque de encino, vegetación de galería, hasta las selvas bajas caducifolias, estas características hacen de su territorio un espacio geográfico valioso para la conservación, restauración y manejo de ecosistemas. : La estructura del ejido es predominantemente rural, siendo Tumbisca su principal localidad con una población de 218 habitantes, según el censo nacional (INEGI, 2010). Es considerada de alto grado de marginación en el catálogo de localidades, que puede ser consultado vía internet (SEDESOL, 2013).

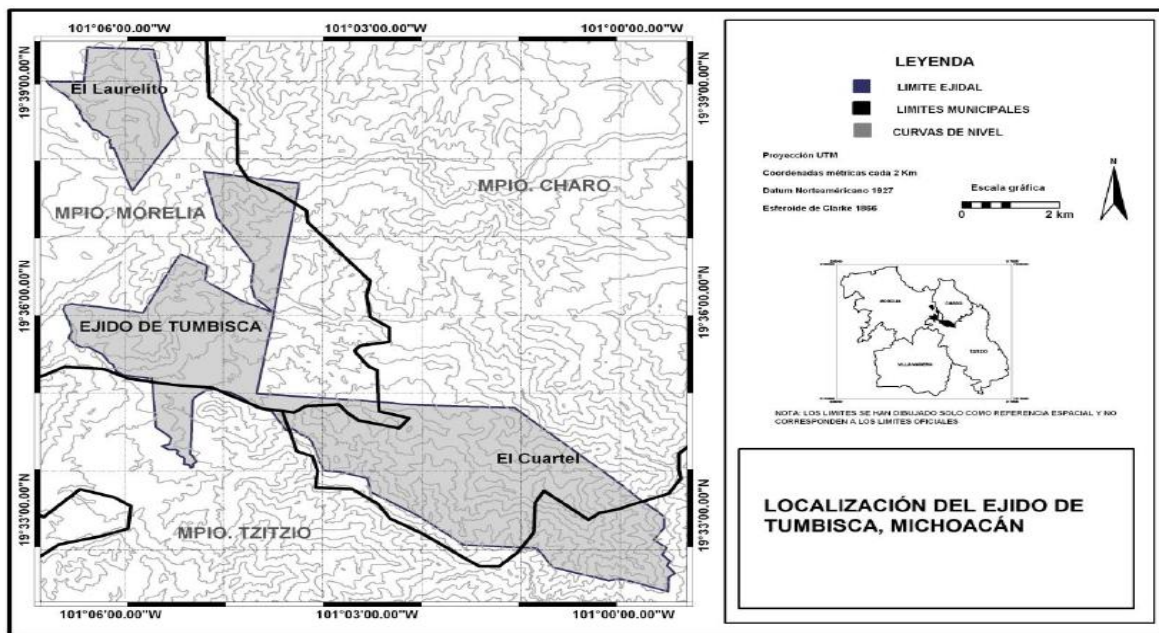
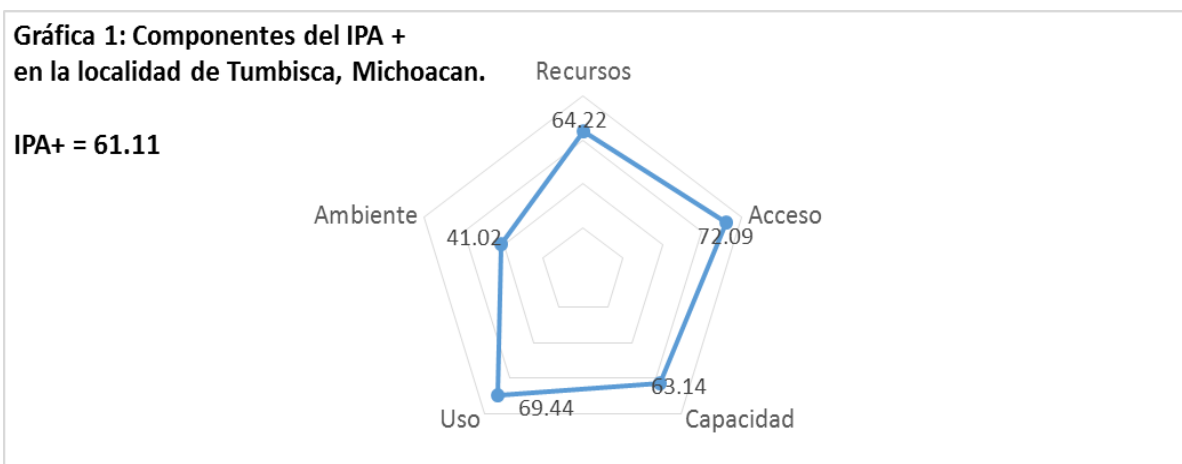


Figura 1: Ubicación Geográfica del Ejido de Tumbisca, tomada de Suárez Reyes (2013)

Resultados y análisis: Para construir el índice en el presente trabajo, se aplicaron pesos equitativos entre los cinco componentes y subcomponentes, es decir que cada componente tiene un valor

máximo igual a 20 del total de 100 puntos, los resultados de cada componente y el valor total del índice se muestran a continuación (*ver gráfica 1*):

$$\begin{aligned}
 \text{IPA+} &= \frac{((20 \text{ R}) + (20 \text{ A}) + (20 \text{ C}) + (20 \text{ U}) + (20 \text{ E}))}{(20 + 20 + 20 + 20 + 20)} \\
 &= \frac{((20(64.23)) + (20(72.09)) + (20(63.14)) + (20(69.44)) + (20(41.02))))}{(20 + 20 + 20 + 20 + 20)} \\
 &= \frac{(1284.40) + (1441.80) + (1262.80) + (1388) + (820.40)}{100} \\
 &= \frac{6197.40}{100} = 61.97
 \end{aligned}$$



Gráfica 1: “Componentes del IPA+ en la localidad de Tumbisca”, Elaboración propia.

Es posible observar que el componente Recursos obtuvo un valor intermedio-alto (64.22), aunque 2 de 3 sub componentes obtuvieron valores altos, el valor del componente disminuyó a causa de la alta variabilidad en la cantidad de agua que proveen las fuentes.

El componente acceso obtuvo un puntaje alto (72.09) lo cual indica que existen condiciones adecuadas en el acceso a una fuente segura, sanidad adecuada, así como poca incidencia de conflictos internos.

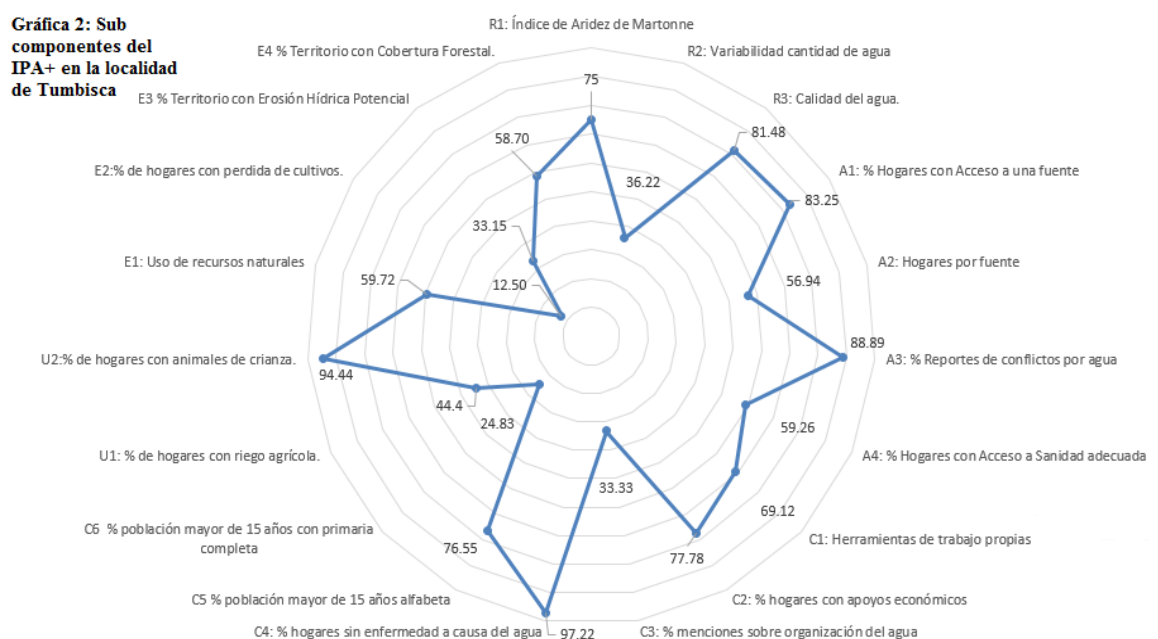
El componente capacidad obtuvo un valor intermedio (63.14) lo cual indica que es posible mejorar en cuanto a la capacidad de organización para el mantenimiento y administración del agua en la localidad, así como en aspectos sociales y económicos, incluyendo salud y educación.

El componente uso tuvo un valor intermedio-alto (69.44) Lo cual indica que existen las condiciones en cuanto a cantidad de agua para satisfacer la demanda de uso a nivel doméstico, así como los usos agrícola y ganadero. Es necesario buscar otros usos productivos que tengan un beneficio directo para la economía de los hogares y familias en la localidad, ya que una mayor

proporción del terreno no es apto para establecer agricultura de riego, tampoco para ganadería extensiva.

El componente ambiente fue el que tuvo el puntaje más bajo (41.02) lo cual se debe principalmente a la alta incidencia en la pérdida de cultivos, así como el porcentaje del terreno vulnerable a la erosión de los suelos. Se debe trabajar más en la conservación de la cobertura forestal e implementación de técnicas para la conservación de suelos, con el fin de evitar pérdida de suelos. También es necesario buscar técnicas y soluciones que permitan disminuir la incidencia de desastres y plagas que afecten a los cultivos, sería conveniente diversificar las formas de aprovechamiento y conservación de los servicios ambientales que los bosques de la comunidad proveen.

El valor total para el índice fue de **61.11**, el cual se ubica en el límite entre intermedio y alto, que en lo general describe una relación positiva entre agua y desarrollo. En el presente resumen no se alcanza a describir el método para la obtención de cada indicador, sin embargo los resultados se incluyen como referencia (*ver gráfica 2*).



Gráfica 2: “Sub componentes del IPA+ en la localidad de Tumbisca”, Elaboración propia.

Utilidad del IPA+ y propuestas

Identificación de áreas para atención. Con base en el desarrollo del IPA+ en la localidad de Tumbisca, en busca de mejorar la relación entre agua y desarrollo, el presente trabajo propone las siguientes áreas de atención:

a) Recursos:-Conservación y mantenimiento de las fuentes de agua potable para mantener su calidad.-Conservación y restauración de la cobertura forestal, para mantener servicios ambientales, especialmente la cantidad de agua. -Monitoreo periódico de la cantidad y calidad de agua en las fuentes de abastecimiento para conocer su comportamiento temporal. **b) Acceso:**-Mejorar las condiciones de sanidad e higiene, para evitar la contaminación derivada de la disposición

inadecuada de aguas residuales, así como problemas de salubridad.-Asegurar la adecuada distribución de las fuentes de agua entre los distintos hogares, para evitar desigualdades y conflictos, así como para evitar la futura sobreexplotación de alguna fuente de abastecimiento. **c) Capacidad:**-Mejorar la capacidad de organización interna respecto al manejo del agua, con el fin de establecer acuerdos claros y duraderos, prevenir y evitar el despojo de los recursos pertenecientes al ejido y administrar los recursos hídricos de la localidad, de forma que se establezca un manejo sustentable con el paso del tiempo y que la localidad sea capaz de adaptarse a las transformaciones internas y externas conservando un equilibrio (resiliencia).-Trabajar en conjunto con los docentes que laboran en la localidad en distintos niveles educativos, con el fin de consolidar, reforzar y mantener el servicio educativo en la localidad, de forma permanente y constante, reforzando el derecho de los niños y niñas a una educación de calidad, permanente y gratuita; así como transmitir el respeto y cuidado hacia el ambiente, la vida y entre los humanos. **d) Uso:** -Implementar técnicas que permitan incrementar el uso agrícola del agua, ya sea a través de invernaderos, túneles de malla para hortalizas o sistemas de riego, con el fin de elevar la producción agrícola tanto para el autoconsumo, como para su comercio.-Buscar alternativas de usos productivos, que permitan incrementar los ingresos de los hogares o de la localidad en su conjunto. **e) Ambiente:** -Buscar soluciones técnicas al problema con la pérdida de cultivos, por sus diversas causas, así como buscar alternativas en la agricultura, que ayuden a disminuir el uso de pesticidas, herbicidas y fertilizantes de origen sintético.-Trabajar en la conservación de los suelos, así como en la prevención de su erosión.-Diversificar el aprovechamiento de recursos naturales o buscar alternativas productivas que involucren el manejo forestal, sin poner en riesgo la integridad de los bosques.-Poner atención al manejo de los residuos sólidos (basura), ya que en muchos casos es vertida a la intemperie, ocasionando contaminación.-Prevenir la incidencia de incendios forestales.

La utilidad de la información resultante de la aplicación del IPA+ en la localidad de Tumbisca dependerá de la retroalimentación que se haga con la localidad, ya que finalmente son los pobladores locales quienes en su vida cotidiana son los tomadores de decisiones sobre el territorio y el manejo de sus recursos.

Ubicando las carencias y omisiones del presente estudio, es importante mencionar que desde la perspectiva del investigador, se falló en la premisa de construir el índice de prosperidad de agua con ayuda de la comunidad, ya que a pesar de haber obtenido información local y de primera mano, la elección de indicadores, revisión, recopilación y organización de datos, así como la construcción del índice, fueron realizadas por el autor del trabajo, fallando en lograr por completo la propuesta metodológica (Wilk & Jonsson, 2013), (Jonsson & Wilk, 2014) que distingue al IPA+ del IPA, citando la definición del IPA+ de los anteriores autores: “... *Se distingue en que debe incluir indicadores relevantes para la gente local, que definan la situación en relación al agua desde el sentir de la comunidad, basarse en diferentes tipos de datos provenientes de fuentes variadas y enfatiza los aspectos positivos dando una idea de prosperidad y no de pobreza. Su meta es que los asuntos relacionados al manejo del agua sean tratados participativamente...*”. Aun así se logró utilizar datos provenientes de fuentes variadas, para incluir la perspectiva de los habitantes de la localidad, sería conveniente hacer retroalimentación sobre el presente trabajo, utilizando el taller grupal como técnica.

Para futuros trabajos en el tema, sería interesante poder medir la tasa de consumo doméstico en los hogares, continuar con los monitoreos de calidad y cantidad de agua en las fuentes de abasto, así como desarrollar el índice en otras localidades con contextos diferentes, con el fin de comparar y

contrastar resultados, así como ampliar el tamaño de las muestras y hacer análisis estadísticos de los datos, para darle mayor solidez a la construcción del índice.

Conclusiones: 1.-La localidad de Tumbisca presenta una condición aceptable en la relación entre agua y desarrollo.-Es posible construir el Índice de Pobreza de Agua a escala local, utilizando información existente, confiable y actual, complementando con información obtenida en campo, sin embargo para poder construir el Índice de Prosperidad de Agua, hace falta involucrar desde el principio y de lleno a los habitantes del territorio a estudiar. 2.-Para darle utilidad a la información resultante de los índices de pobreza o prosperidad de agua, se necesita de la voluntad conjunta de las autoridades y habitantes locales, instituciones gubernamentales, así como de académicos y organizaciones no gubernamentales vinculadas a los proyectos de desarrollo comunitario. 3.-Los índices pueden dar un panorama general sobre la realidad y su funcionamiento, simplificando la complejidad, por lo que su uso debe ser con precaución y cautela, ya que no representan verdades absolutas.

Notas: Para cualquier duda o comentario favor de contactar al autor en el correo proporcionado, esperando que el presente resumen extenso haya sido de su agrado. El trabajo de tesis completo puede ser consultado en el siguiente enlace electrónico, dentro de la plataforma de tesis de la Universidad Nacional Autónoma de México:
<http://132.248.9.195/ptd2016/abril/409043198/Index.html>

Agradecimientos.

A la Universidad Nacional Autónoma de México, por ser la principal y máxima casa de estudios en México. A la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, por abrirme las puertas y ser mi cuna como universitario. Al Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad, el Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, así como la Escuela Nacional de Estudios Superiores, unidad Morelia, por darme formación como Universitario durante los últimos cinco años y medio. A todos los docentes que fueron parte de mi formación académica, especialmente aquellos que demostraron su compromiso con la Licenciatura en Ciencias Ambientales en su proceso de crecimiento. Agradezco al Dr. José de Jesús Fuentes Junco, por su apoyo y paciencia como director de tesis. Expreso mi gratitud a los miembros del jurado: Dra. Alicia Castillo Álvarez, Dr. Manuel Eduardo Mendoza Cantú, Dr. Ernesto Vicente Vega Peña y Mtra. Carla Noemí Suárez Reyes, por sus valiosos comentarios y aportes para la conclusión del presente trabajo. A los trabajadores y administrativos del campus Morelia, por darle funcionamiento diario a nuestro entorno de trabajo. Agradezco el apoyo del entonces Consejo Estatal de Ciencia, Tecnología e Innovación de Michoacán, así como al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por el apoyo financiero otorgado para la conclusión del presente trabajo.

Quiero dedicar el presente trabajo al ejido de Tumbisca, Michoacán, especialmente a la localidad principal; a sus niños y niñas, jóvenes y adultos. Por haberme permitido conocer su realidad, compartir anécdotas e historias, ratos de trabajo y otros tantos de fiesta, sus dolores y tristezas, así como sus alegrías.

Referencias y trabajos citados

- Abraham et al. (2006). *Utilización del Índice de Pobreza Hídrica como herramienta del ordenamiento territorial en zonas áridas. Mendoza (Argentina)*. Mendoza, Argentina.: IADIZA - CONICET.
- Anguita Casas et al. (2003). La encuesta como técnica de investigación. Elaboración de cuestionarios y tratamiento estadístico de los datos. *Atención Primaria*, 31(8), 527-538.
- Avalos, C. (2009). Lo bueno y lo malo: El polémico uso de agroquímicos. *Generación*(134), 10-15.
- Awojobi, O. N. (Septiembre de 2014). Water Poverty Index: An Apparatus for Integrated Water Management in Nigeria. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 8(2), pp. 591-599.
- Barkin, D. (1998). La producción de agua en México: Aportación campesina al desarrollo Mexicano. *Cuadernos de desarrollo Rural num.40*, 17-27.
- Bourguignon, F., & Ckarakavarty, S. J. (2003). The Measurement of Multidimensional Poverty. *The Journal of Economic Inequality*, 25-49. doi:10.1023/A:1023913831342
- Cieco UNAM-Grupo Balsas A.C. (2008). *Ordenamiento territorial del ejido de tumbisca*. Morelia, Michoacan.
- Costa Posada et al. (Noviembre de 2005). El índice de escasez de agua ¿Un indicador de crisis ó una alera para orientar la gestión del recurso hídrico? *Revista de Ingeniería*(22), 105.
- Cullis, J., & O'Regan, D. (2003). Targeting the water-poor through water poverty mapping. *Water Policy*, 6 (2004), 397-411.
- DOF. (2014). *Programa Nacional Hídrico 2014-2018*. Secretaría de Gobernación. Ciudad de México.: Diario Oficial de la Federación Mexicana. Obtenido de http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5339732&fecha=08/04/2014
- Feitelson, E., & Chenoweth, J. (Diciembre de 2002). Water Poverty; Towards a meaningful indicator. *Water Policy*, 263-281.
- Giné Garriga, R., & Pérez Foguet, A. (2008). *Enhancing the water poverty Index: Towards a meaningful indicator*. Open Archives Initiative.
- Giné Garriga, R., & Pérez Foguet, A. (2010). Improved method to calculate a Water Poverty Index at a local scale. *Journal of Environmental Engineering*, Vol. 136, No. 11., pp. 1287-1298.
- Heidecke, C. (2006). *Development and evaluation of a Regional Water Poverty Index for Benin*. International Food Policy Research Institute, Environment and production technology division. Washington D.C: IFPRI.
- Herrera Castelazo et al. (2007). Incorporación de la vulnerabilidad a inundaciones al Índice de pobreza del Agua en el municipio de Juárez. *CULCyT*, 4(23), 31-50. Obtenido de <http://erevistas.uacj.mx/ojs/index.php/culcyt/article/view/424/404>
- IHP. (2016). *Water security VIII, theme 3 "Adressing Water Scarcity and Quality"*. (Unesco) Recuperado el 19 de abril de 2016, de <http://www.unesco.org/new/en/natural-sciences/environment/water/ihp-viii-water-security/3-water-scarcity-and-quality/>
- INEGI. (2010). *Censo Nacional*. México, D.F.: Instituto Nacional de Geografía y Estadística.
- Infante Romero, H. A., & Ortiz, L. F. (Diciembre de 2008). Ajuste metodológico al índice de escasez de agua propuesto por el IDEAM en el plan de ordenamiento del río Pamplonita, Norte de Santander, Colombia. *11*, 165-173.
- International Water and Sanitation Centre. (2004). *TOP Scalling Rural Water Supply*. Delft, Holanda: IRC.
- Jarüp, L. (2003). Hazards of heavy metal contamination. *British Medical Bulletin.*, 68, 167-182. doi:10.1093/bmb/ldg032

- Jenmali, H., & Matoussi, M. (2013). A multidimensional analysis of water poverty at local scale: application of improved water poverty index for Tunisia. *Water Policy* (15), 98–115.
- Kommenic et al. (2009). Assessing the usefulness of the water poverty index by applying it to a special case: Can one be water poor with high levels of acces? *Physics and Chemistry of the Earth*, 219-224.
- López Álvarez et al. (2013). Cálculo del Índice de Pobreza de Agua en Zonas Semiaridas: Caso del Valle de San Luis Potosí. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 4(29), 249-260.
- Molle, F., & Mollinga, P. (2003). Water Poverty Indicators: Conceptual problems and Policy Issues. *Water Policy* 5, 529–544.
- ONU. (2000). *Declaración del Milenio*. Nueva York: Organización de las Naciones Unidas.
- PNUD. (2016). *Metas de desarrollo sostenible*. Nueva York: Programa de las Naciones Unidas Para el Desarrollo. Recuperado el 20 de Abril de 2016, de <http://www.undp.org/content/undp/en/home/librarypage/sustainable-development-goals/undp-support-to-the-implementation-of-the-2030-agenda/>
- Scoones, I. (1998). *Sustainable Rural Livelihoods: A Framework for Analysis*. Brighton: Sustainable Livelihoods Research Programme. Obtenido de <http://mobile.opendocs.ids.ac.uk/opendocs/bitstream/handle/123456789/3390/Wp72.pdf?sequence=1>
- Sternlieb, F., & Laituri, M. (2010). Water, Sanitation, and Hygiene (WASH) Indicators: Measuring Hydrophilanthropic Quality. *Journal of Contemporary Water Research & Education*(145), 51-60.
- Suárez Reyes, C. N. (2013). *Empoderamiento y reapropiación del territorio para el manejo de recursos naturales: un análisis geográfico para la planeación del uso de suelo*. Universidad Nacional Autónoma de México., Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental. México, D.F.: Posgrado en geografía.
- Sullivan et al. (2003). The Water Poverty Index: Development and application at the community scale. *Natural Resources Forum Num.* 27, 189-199.
- United Nations World Water Assessment Programme. (2015). *World Water Development Report 2015: Water for a Sustainable World*. París.: Unesco.
- Westing, A. H. (1986). *Global Resources and International Conflict : Environmental Factors in Strategic Policy and Action*. Nueva York, Estados Unidos de América : Oxford University Press Inc.
- Wilk, J., & Jonsson, A. (2013). From Water Poverty to Water Prosperity- A More participatory tool. *Water Resources Management*,, 695-713.
- World Economic Forum. (21 de Abril de 2016). *Sitio web oficial del Foro Económico Mundial*. Obtenido de <https://www.weforum.org/global-challenges/environment-and-resource-security/projects/global-water-initiative>

Extenso ID: 280. Georgina Vidriales Chan; Tajín Fuentes Pangtay. ACUERDOS POR NUESTRA AGUA, DE INICIATIVA CIUDADANA A POLÍTICA PÚBLICA CON ENFOQUE DE CUENCA.

[Regresar al índice](#)

^a SENDAS AC, mix_maak@yahoo.com.mx

^b SENDAS AC, murcilag@prodigy.net.mx

Se presenta la experiencia de once años de trabajo de la sociedad civil organizada y sectores académicos para promover la adopción del enfoque de gestión integral de cuenca como elemento orientador de la gestión pública del agua en la ciudad de Xalapa.

Desde 2005 investigadores de la Universidad Veracruzana, INECOL y la UNAM, junto con SENDAS AC promueven la incorporación del cuidado, conservación y buen manejo de las zonas proveedoras como parte de la gestión integral del agua de la capital de Veracruz. Para llevar a cabo esta propuesta se partió de estudios diversos como dinámica de vegetación y usos del suelo, zonas de atención prioritarias por servicio ambiental hidrológico y diagnósticos comunitarios participativos, para establecer una línea base sobre las condiciones y problemáticas socio ambientales de una de las fuentes de abasto de agua de Xalapa; la subcuenca del río Pixquiac.

La investigación se ha conducido a partir de las preguntas y problemáticas planteadas cuyo origen son las iniciativas y acciones concretas que se desarrollan paralelamente desde el inicio de la experiencia. El enfoque de investigación-acción ha generado un corpus de conocimientos científicos que orientan las acciones e iniciativas estratégicas, como es el caso del programa Acuerdos por Nuestra Agua (ANA). ANA es un instrumento para financiar las acciones de gestión integral de la subcuenca, cuyas líneas de inversión son tres: conservación, restauración y reorientación productiva.

ANA fue diseñado por los colaboradores académicos y SENDAS AC y propuesto al Ayuntamiento de Xalapa desde el 2006. A lo largo de cuatro administraciones el grado de apropiación de esta iniciativa por parte del municipio ha variado, siendo hasta la actual administración que el diálogo sostenido durante diez años ha cristalizado en la creación de un área de gestión de cuencas dentro de CMAS-Xalapa; la firma de un convenio de fondos concurrentes por cinco años con Fondo Ambiental Veracruzano del Gobierno del Estado y la CONAFOR y en el lanzamiento de una campaña conjunta de información dirigida a los habitantes de Xalapa para sensibilizarlos de la riqueza natural local, problemas y como participar en las actividades de cuidado de la subcuenca.

Palabras clave: Subcuenca río Pixquiac; Acuerdos por Nuestra Agua; Compensación por Servicios Ambientales, Nuestra Agua Xalapa.

Extenso ID: 303. Alejandro Juárez Aguilar. COMITÉS DE SUBCUENCAS COMO ESTRATEGIA DE MANEJO TERRITORIAL EN EL SUR DE JALISCO.

[Regresar al índice](#)

Instituto Corazón de la Tierra

RESUMEN:

Como forma de mejorar la operación de las juntas intermunicipales de medio ambiente (JIMAS) que operan en Jalisco, las cuales agrupan a un conjunto de municipios para el manejo cuencas específicas, se planteó la integración de comités de trabajo por subcuencas, como mecanismo para atender problemas de una manera más eficaz y con mayor vinculación con actores locales. Un problema común en las JIMAs es la escasa participación de algunos municipios que se sienten poco representados en la toma de decisiones, así como las dificultades del equipo técnico para atender el conjunto del territorio. Los comités de subcuenca se plantean para estar integrados por un representante de cada municipio con presencia en la subcuenca, un técnico ambiental de la JIMA, un representante ciudadano, un investigador y un enlace de nivel estatal y/o federal. La labor del comité incluye la identificación de microcuencas prioritarias (territorios entre mil y 6 mil hectáreas, con un cuerpo de agua central y pobladores en condiciones de marginación, entre otras características); la integración de un Plan Rector de Producción y Conservación, la vinculación con los pobladores de las microcuencas y con la JIMA en para procesos de obtención de financiamiento, diseño técnico, difusión y capacitación. El modelo está siendo implementado en la cuenca del Río Coahuylana (Jalisco), formado por doce municipios y cuatro subcuencas.

Palabras Clave: Gobernanza, participación, ILLBM

Extenso ID: 66. Johanna Elizabeth Mejia-Sajquim, Raúl Francisco Pineda-López, Aldo Mario Rene Tobar-Gramajo, Juan Anfredo Hernández-Guerrero, Claudia Sarai Ramos. IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANEJO DE MICROCUENCAS, EN DOS CASOS DE ESTUDIO EN LOS MUNICIPIOS DEL ALTIPLANO DEL DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS, GUATEMALA.

[Regresar al índice](#)

¹Maestría en Gestión Integrada de Cuencas. Universidad Autónoma de Querétaro. ²Profesor Titular VI, del Centro Universitario de San Marcos. Universidad San Carlos de Guatemala.

El manejo de cuencas utiliza varias técnicas, herramientas e instrumentos para lograr sus fines, uno de ellos es el plan de manejo de cuencas, el cual permite orientar acciones y decisiones que favorezcan al desarrollo de la gestión de recursos naturales y de conservación del ambiente. En el caso de Guatemala, se implementó un modelo de micro-regionalización basado en microcuencas y dirigido hacia la planificación contribuyendo a la descentralización municipal y los sistemas de participación ciudadana, todo ello a través de un proyecto de la Unión Internacional para la Conservación UICN, en la región del altiplano de Departamento de San Marcos. El proyecto se implementó en 14 microcuencas y 13 micro-regiones. Así, en el presente trabajo se analizará solo dos microcuencas (Las Barrancas y Tojcheche) que presentan condiciones similares, pero los resultados fueron muy diferentes, por ello se buscó conocer, analizar y comparar la experiencia de intervención en el Manejo de Microcuencas y así, determinar los factores que influyen en el proceso. Para responder al objetivo se desarrolló la siguiente metodología: 1) Revisar y analizar documentos base, como diagnósticos, planes de cuenca y municipales, caracterizaciones y acuerdos municipales. 2) Se realizaron diferentes actividades evaluativas: entrevistas semi-estructuradas, reuniones y transecto. 3) Integración de información, a través de una línea de tiempo de la percepción de los exintegrantes de los consejos de microcuenca, organización no gubernamental y Municipal. Y un análisis de los capitales. La aplicación de esta metodología permitió realizar una comparación de los capitales de las comunidades. Este ordena los recursos en dos grandes grupos: los recursos humanos, que a la vez se subdividen en recursos humanos, sociales, políticos y culturales; y los recursos materiales, los que incluyen los recursos naturales, financieros y construidos. La aplicación de esta metodología permitió encontrar diferencias como la apertura de una oficina municipal de cuencas y delimitar a un municipio con este enfoque. Así también, se encuentran generalidades en ambas microcuencas, como la apertura política, fortalecimiento de capacidades en técnicos municipales, empoderamiento de líderes comunitarios e implementación de una herramienta de planificación que se aplica a nivel municipal. Finalmente El recopilar las experiencias generadas en los tres niveles, demuestra que la aplicación del modelo, ha producido una serie de cambios que ha mejorado los aspectos biofísicos y sociales en ambas microcuencas.

Palabras claves: metodología, comparación, evaluación, Guatemala.

[Regresar al índice](#)

^a COTAS Huichapan, Manuel Chávez Nava #3 Centro Huichapan Hidalgo, email: gerente@cotashtn.org.mx

RESUMEN

El Comité Técnico de Aguas Subterráneas (COTAS), del Acuífero Huichapan-Tecoautla-Nopala es una Asociación Civil conformada por usuarios de aguas nacionales de los diversos sectores de la región, creada en el año 2000. Cuyo objetivo es la promoción y ejecución de programas y proyectos con el fin de estabilizar y preservar los niveles de aguas subterráneas, haciendo un uso eficiente del agua y realizando obras para la recarga natural o artificial del acuífero.

En el estudio Geohidrológico realizado en el año 2006 para un mejor análisis e interpretación el acuífero se subdivide en 6 subsistemas; en el subsistema acuífero Tecozautla, zona con mayor extracción de agua subterránea, existe un abatimiento de hasta 80 cm por año y en la publicación del Diario Oficial de la Federación, de fecha 2 de noviembre de 2015, menciona un déficit de agua de 9.55 millones de metros cúbicos anuales; es decir que se extrae más agua de la que se puede recargar de forma natural, a través de la lluvia.

Para mitigar el efecto de sobreexplotación formulamos un Plan de Gestión empleando diversos métodos participativos con usuarios en talleres en donde se plasmaron las necesidades hídricas de la región. Actualmente es el instrumento rector que rige esta asociación civil, el cual es implementado por la Gerencia Operativa y el Comité Directivo atendiendo la problemática de sobreexplotación del acuífero.

Después de varias gestiones, dado que fue complicado trabajar sin asesoría técnica, en el año 2006, esta A.C. comienza a recibir subsidio por parte del Ejecutivo Federal a través de la CONAGUA Dirección Local Hidalgo y la Comisión Estatal de Agua y Alcantarillado del Gobierno del Estado de Hidalgo por un importe de 1'000,000.00 (Un millón de pesos) anuales para la consolidación de la asociación y para el desarrollo de estudios, investigaciones y actividades de la Gerencia Operativa quien fortalece la parte técnica de la asociación. Pero en el año 2016 derivado de las políticas de austeridad del Gobierno Federal, dicho subsidio federal sufre un recorte del 32%.

Para la administración se nombra un Comité Directivo que se renueva cada 3 años y se integra por todos los usos del agua de la zona que abarca 3 municipios del estado de Hidalgo: Huichapan, Tecozautla y Nopala de Villagrán sumando una superficie total de 1,448.00 km².

Dentro de los proyectos más relevantes que hemos realizado se encuentran: la cuantificación en un Sistema de Información Geográfica de toda la superficie de riego con aguas subterráneas en el año 2012. Obteniendo el resultado de toda la superficie que falta por tecnificar y formulado el Plan de Gestión del acuífero conformada por ocho programas y veintitrés proyectos, que se articulan entre sí, a través de 31 objetivos, 31 metas, 29 indicadores de impacto y 27 indicadores de gestión, para evaluar y valorar las acciones realizadas en el año.

A partir de este momento comenzamos una gestión intensiva con todas las dependencias federales y estatales; incluso hasta llegar a la cámara de diputados para presentar la problemática de nuestro acuífero; así como la propuesta de inversiones económicas necesarias para atacar la problemática de sobreexplotación del acuífero: Con dos líneas específicas de acción: 1) El Uso eficiente del agua para la tecnificación de 1800 hectáreas de riego por gravedad, que importa una inversión de 188 millones de pesos y la identificación de 45 km² de zonas de mayor permeabilidad para favorecer la recarga con información del Servicio Geológico Mexicano, que implica una inversión de más de 200 millones de pesos. Adicionalmente estamos trabajando un proyecto para la perforación de 10 pozos de absorción para infiltrar agua pluvial con una inversión de 28.5 millones de pesos para infiltrar anualmente 2 millones de metros cúbicos de agua que representaría el 20% de todo el déficit de nuestro acuífero.

Palabras clave: COTAS, Huichapan, Tecozautla, acuífero, recarga y sobreexplotado.

1 INTRODUCCIÓN

El presente trabajo tiene por objeto presentar los resultados de las gestiones realizadas una vez que esta asociación fue constituido. Trabajamos en un Plan de Gestión del Acuífero Huichapan Tecozautla Nopala cuyo objetivo principal es la preservación y estabilización del acuífero con dos líneas estratégicas: El uso eficiente del agua y la conservación de suelo y agua; además de la reforestación para aumentar la infiltración del agua para el acuífero.

Actualmente el acuífero Huichapan-Tecozautla presenta la problemática de sobreexplotación de acuerdo a la última publicación en el DOF² con déficit de 9.55 millones de metros cúbicos anuales que se manifiesta en una reducción de volúmenes de agua subterránea con repercusiones directas a los distintos sectores de la región:

- a) Descenso de niveles de agua de hasta 80 cm anualmente.
- b) Reducción en rendimiento de pozos y en consecuencia la disminución de caudales.
- c) Incremento en los costos de extracción, producto del descenso de los niveles de aguas subterráneas.
- d) Problemas de abatimiento y por consiguiente fallas en los equipos de bombeo; como el caso del Pozo de agua potable del Municipio de Tecozautla y el Ejido Bomanxhota del mismo municipio.
- e) Mayor riesgo de contaminación de las aguas subterráneas
- f) Rezago del desarrollo de sectores productivos

El acuífero Huichapan-Tecozautla comprende una superficie de 1,448 km², se ubica en la porción centro occidental del estado de Hidalgo. Al norte colinda con los municipios de Ezequiel Montes y Cadereyta de Montes Estado de Querétaro, al sur con el Estado de México (municipios de Polotitlán y Jilotepec), al oriente con los municipios de Zimapán, Tasquillo, Alfajayucan y Chapantongo Estado de Hidalgo y al poniente con los municipios de Tequisquiapan y San Juan del Río, Querétaro.

² Fuente: Acuerdo por el que se da a conocer el resultado de los estudios técnicos de aguas nacionales subterráneas del Acuífero Huichapan-Tecozautla, clave 1307, en el Estado de Hidalgo, Región Hidrológico-Administrativa Golfo Norte. DOF: 2 de noviembre de 2015.

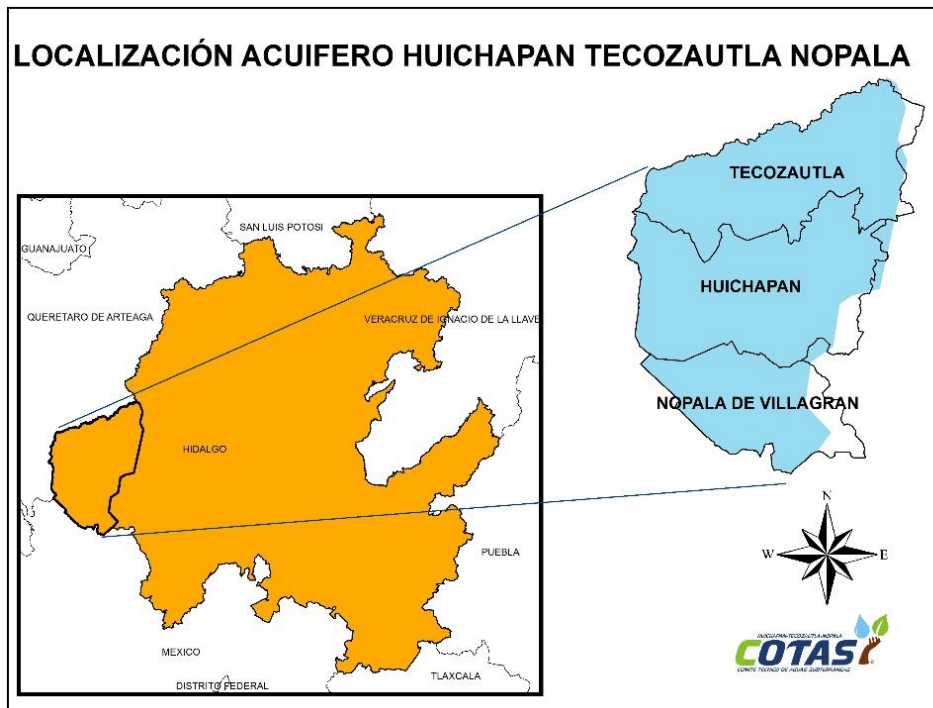


Ilustración 1. Localización del acuífero

El acuífero Huichapan-Tecoautla se circunscribe a los vértices presentados en la Tabla 1. Vértices del polígono del acuífero, por lo que geohidrológicamente al norte colinda con los acuíferos Valle de Tequisquiapan, Valle de Cadereyta y Zimapán, al oriente con los acuíferos de Ixmiquilpan, Chapantango-Alfajayucan y El Astillero, al sur con los acuíferos de Polotitlán y Valle del Mezquital, mientras que al poniente con el acuífero Valle de San Juan del Río; Ilustración 2. Acuíferos Colindantes. Geográficamente abarca los municipios de Tecozautla, Huichapan y Nopala de Villagrán y parcialmente se circunscriben los municipios de Tepetitlán, Chapantongo y Alfajayucan. Administrativamente el acuífero pertenece al Organismo de Cuenca Golfo Norte y al Consejo de Cuenca Río Pánuco.

Vértice	Longitud Oeste			Latitud Norte			Observaciones
	Grados	Minutos	Segundos	Grados	Minutos	Segundos	
1	99	28	24.5	20	37	17.4	
2	99	29	5.3	20	34	46.8	
3	99	28	16.6	20	33	6.4	
4	99	30	33.6	20	22	57.5	
5	99	32	54.5	20	22	24.6	
6	99	33	55.8	20	21	45.1	
7	99	34	27.4	20	18	22.1	
8	99	36	18.8	20	17	9.2	
9	99	36	48.1	20	13	45.0	
10	99	34	37.0	20	11	33.0	
11	99	35	40.7	20	10	11.0	Del 11 al 12
12	99	37	46.1	20	8	41.0	Del 12 al 13
13	99	50	31.2	20	16	53.4	Del 13 al 14
14	99	51	28.7	20	27	32.6	Del 14 al 15
15	99	48	20.7	20	32	39.4	Del 15 al 16
16	99	30	3.2	20	39	43.1	
17	99	29	13.4	20	39	12.7	
1	99	28	24.5	20	37	17.4	

Tabla 1. Vértices del polígono del acuífero. ³

³ Fuente: Acuerdo por el que se dan a conocer el resultado de los estudios de disponibilidad media anual de las aguas subterráneas de 30 acuíferos de los Estados unidos mexicanos, mismos que forman parte de las regiones hidrológicas que se indican. DOF: 3 de enero de 2008.

Según el censo de INEGI 2010, en el área de estudio habitan 94,986 habitantes, los cuales representan el 3.7% de la población estatal de Hidalgo, el municipio de Huichapan se ha mantenido durante los últimos 20 años como el más habitado dentro del área de estudio, le siguen el municipio de Tecozautla y Nopala los cuales representan el 1.7%, 1.3 y 0.74% del total de la población estatal

Población Total (INEGI 2010)

Clave	Municipio	Habitantes
029	Huichapan	44 253
044	Nopala de Villagrán	15 666
059	Tecozautla	35 067
Total		94 986

Tabla 2. Población Total INEGI 2010

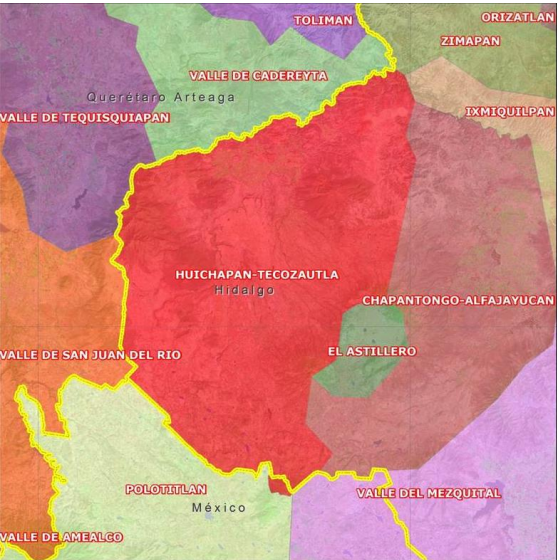


Ilustración 2. Acuíferos Colindantes

En el año 2006 se realiza el Estudio Geohidrológico del acuífero Huichapan Tecozautla con el objetivo de actualizar el conocimiento sobre el funcionamiento del mismo y a partir de ello definir las acciones más adecuadas para un manejo sustentable del agua subterránea y la preservación del acuífero. Este estudio en particular, es uno de los más completos que se han desarrollado en el acuífero, se realizó un censo y se hicieron pruebas de aforo para diagnosticar caudales, se realizó

exploración geofísica con pruebas de resistividad empleando TEM⁴, se hicieron análisis químicos y de isótopos del agua, piezometría; empleando estación total de precisión. Se hace una zonificación de 6 subsistemas (Tecoautla, Pathecito, Huichapan, Tlaxcalilla, Nopala y Astillero) y se obtiene el modelo matemático de dos subsistemas. Y como conclusión la recarga media anual es de 31.130 hm³/año, la descarga comprometida de 4.00 hm³/año y el volumen concesionado de 36.248 hm³/año, por lo que la disponibilidad de agua subterránea en esta zona, de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-011, es negativa con -9.11 hm³/año.

De acuerdo al censo de aprovechamiento de pozos realizado por el Comité Técnico de Aguas Subterráneas Huichapan Tecoautla Nopala se obtuvo que existen 127 aprovechamientos de los diversos usos que existen en la región; conforme a la siguiente tabla:

<i>Uso</i>	<i>Títulos</i>	<i>Aprovechamientos</i>	<i>Volumen (m³/año)</i>
<i>Agrícola</i>	76	76	23,763,051.00
<i>Industrial</i>	1	2	906,660.00
<i>Múltiple</i>	12	13	3,349,612.00
<i>Público urbano</i>	17	34	4,203,916.00
<i>Servicios</i>	2	2	80,368.00
Total	108	127	32,303,607.00

Se observa que el 73.6% del total de agua subterránea concesionada se ocupa en el sector agrícola, seguido del sector público-urbano con el 13%, múltiple con el 10.4%, y el resto de sectores con el 3.1%

Distribución del volumen concesionado subterráneo

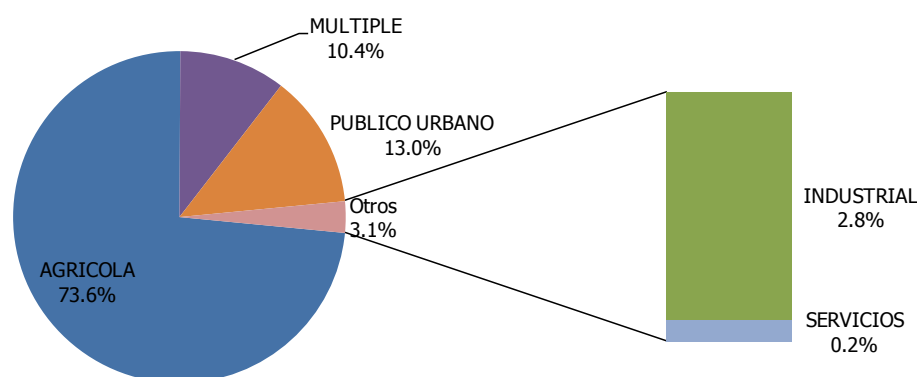


Ilustración 3. Distribución del volumen concesionado

De acuerdo el Registro Público de Derechos de Agua (REPDa) de la CONAGUA existe un volumen concesionado de 32.30 Millones de metros cúbicos anuales. En el estudio Geohidrológico realizado en el año 2006 se presenta un balance del acuífero con un déficit de 10.44 millones de metros cúbicos. El día 2 de noviembre de 2015 se publica en el Diario Oficial de la Federación la

⁴ El método Transitorio Electromagnético en Dominio del Tiempo (TEM o TDEM), es una técnica geofísica para la obtención de la resistividad eléctrica del subsuelo por medio del fenómeno de inducción electromagnética.

disponibilidad media de los acuíferos en donde aparece el acuífero 1307 correspondiente al de Huichapan Tecozautla se tiene una disponibilidad negativa de 9.55 millones de metros cúbicos. Situación que viene a confirmar la condición de sobreexplotación del acuífero.

2 MATERIALES Y MÉTODOS

Para mitigar la problemática de sobreexplotación del acuífero provocado por el número elevado de pozos perforados para la agricultura en su mayoría y para contrarrestar el déficit de recarga provocado por las zonas deforestadas o erosionadas, los usuarios con el apoyo de la Comisión Nacional del Agua Dirección Local Hidalgo y del Organismo de Cuenca Golfo Norte se organizan para reglamentar el acuífero y así entrar en una etapa de ordenamiento de las concesiones de aguas subterráneas.

2.1 Integración de COTAS

El 8 de septiembre del año 2000, en el municipio de Tecozautla, estado de Hidalgo, se conformó el COTAS como un órgano auxiliar del Consejo de Cuenca del Río Pánuco, donde se nombra al Comité Directivo; además de 5 cinco vocales titulares y sus respectivos suplentes, representantes de los usos agrícola, pecuario, industrial, servicios y público urbano.

2.2 Constitución legal de COTAS

Con el paso de los años, el COTAS Huichapan, Tecozautla, Nopala; consideró que para alcanzar sus fines era necesario constituirse legalmente adoptando una figura jurídica acorde a sus actividades, es por ello que el 10 de abril del año 2003, los integrantes del COTAS, durante su quinta reunión ordinaria, acuerdan la constitución de una Asociación Civil.

Y finalmente el 21 de enero de 2005, se constituye la Asociación Civil, con estatutos bien definidos, denominada: **“Usuarios de Aguas Subterráneas para la Protección del Acuífero Huichapan, Tecozautla, Nopala, A.C.”** con el objeto de:

- I. Formular, proponer y promocionar la ejecución de programas y acciones que contribuyan al aprovechamiento racional y uso eficiente de las aguas subterráneas del acuífero Huichapan-Tecozautla y lograr con ello su recuperación, estabilización y preservación, y
- II. Promover y realizar acciones de educación y cultura ambiental para su difusión a los usuarios de aguas subterráneas, tendientes a crear una nueva cultura del agua y su manejo racional, basado en la conciencia pública sobre el significado, causas y efectos de la sobreexplotación y contaminación del acuífero Huichapan-Tecozautla y la necesidad de lograr su recuperación, estabilización y preservación.

2.3. Primer instrumento rector



En el año 2004, se realizó de manera participativa y con el apoyo de la Comisión Nacional de Agua, el Plan de Manejo del Acuífero y que fue el Primer instrumento rector el cuál permitió definir las prioridades ya que en ello se definieron los objetivos y la forma de cumplirlos; en el mismo se plasma la necesidad de establecer una estrategia que propiciara la preservación y el abasto del recurso agua, garantizando además el abasto a las generaciones futuras.

Este plan, como instrumento rector, fue la base del trabajo realizado en el periodo 2005-2009 tiene como principio la participación de todos los involucrados en la problemática; los tres niveles de gobierno, los usuarios de aguas nacionales, las instituciones académicas y la sociedad en general, que con voluntad e iniciativa, definieron y establecieron un programa de trabajo para mitigar los efectos adversos de la sobreexplotación y promover la estabilización del acuífero.

2.4 Etapa de desarrollo de la asociación



Con la constitución de la Asociación Civil el COTAS tuvo personalidad jurídica, la cual permitió tener su propio patrimonio que se ha ido incrementando hasta la fecha; se entendió que la misma comenzó a tener madurez. Inició el interés por parte de los usuarios, de organizarse y tuvimos las condiciones para la firma del primer convenio de coordinación donde participaron: por una parte, el ejecutivo federal a través de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, por conducto de la Dirección Local Hidalgo de la Comisión Nacional del Agua y por la otra el Gobierno del Estado Libre y

Soberano de Hidalgo, a través de la Comisión Estatal del Agua y Alcantarillado, “con el objeto de conjuntar y promover acciones y recursos para incidir en la gestión integrada de los recursos hídricos”, y logramos obtener recursos económicos para instalar y poner en funcionamiento la Gerencia Operativa y abrir oficinas de atención a usuarios en los municipios de Huichapan y Tecozautla. Para que los usuarios tuvieran un espacio de apoyo y asesoría técnica; esto fue posible gracias al empeño que tuvieron, los que en ese momento estaban al frente, pero lo más importante para atender la problemática del acuífero.

2.5 La Gerencia Operativa como apoyo técnico al Comité Directivo en las gestiones

Una vez obtenido los subsidios por parte de los gobiernos estatal y federal para el desarrollo de estudios, proyectos, investigaciones y actividades operativas del Comité Técnico comenzaron a reflejarse los resultados. En principio los usuarios no concebían que la asociación civil era autónomo y siempre lo relacionaban con la CONAGUA, de tal manera que entonces había que hacer mucha labor social, concientizando a los usuarios de la importancia de implementar el plan de gestión desarrollado en ese entonces. Fue necesario además entrar con los usuarios y gestionar recursos para que se reflejara en sus ingresos.

A partir de la año 2006 comienza la operación de la Gerencia Operativa quien funge como asesor técnico hacia el comité directivo, vocales de los diversos sectores y en general con todos los usuarios de aguas nacionales. En este periodo los trabajos y resultados logrados fueron producto de la aplicación de la primera versión del Plan de Gestión, que se estructuró retomando algunas partes del Plan de Manejo, pero principalmente definiendo una estructura de ocho programas articulada con objetivos, metas e indicadores a nivel de Plan y Programas, lo que permitió realizar las actividades con mejor orden y dio pie a iniciar incipientemente el seguimiento de avances a través de indicadores.

2.6 Gestión de proyectos

Durante los años 2007 y 2008 comienza la gestión de recursos ante las dependencias y se trabajan proyectos principalmente en la eficiencia en el uso del agua en la agricultura. para la promoción de la tecnificación de los sistemas de riego el COTAS HTN, se realizó un curso-taller “Uso eficiente del agua”, una gira de intercambio tecnológico a Lázaro Cárdenas, Tlaxcala para conocer su experiencia en captación de agua de lluvia e instalación de sistemas de riego, se estableció una parcela demostrativa con sistema de riego por goteo y se obtuvo asesoría técnica por parte de la Universidad Autónoma de Tamaulipas y de la Universidad Autónoma Chapingo.

Se realizan talleres de conservación de suelo y agua en Zequeteje de Huichapan y en Borbollón en Nopala por instructores de la asociación civil Sendero Verde con la finalidad de que se adopten medidas mecánicas y agronómicas para la conservación del suelo y agua, sumando prácticas para el mejoramiento de la fertilidad de los suelos.

La presencia del COTAS en diferentes reuniones fue importante para dar a conocer su objetivo central y avances del programa de trabajo; se asiste a la Expoagua 2008, comienza la participación en los diferentes espacios como los consejos municipales de desarrollo rural sustentable y el consejo distrital de desarrollo rural sustentable así como en las reuniones del Consejo de Cuenca del Río Pánuco.

Y en la Promoción de la Cultura del Agua al recibir por parte de Gobierno del Estado equipo audiovisual, lo cual permitió impartir temas relacionados con la sobreexplotación del acuífero, el uso eficiente del agua y sobre los riesgos de contaminación del acuífero. A partir de entonces el COTAS cuenta con un Espacio de Cultura del Agua (ECA).

Lo mas importante de esta etapa es que los usuarios, una vez establecida la asociación, vieron en ella una ventanilla de atención para los trámites que deben realizar ante la CONAGUA como parte de sus obligaciones por los títulos de concesión recibidos. De tal forma que fueron integrándose y se empezaron a identificar, realizando trámites desde la elaboración de bitácoras de reportes de consumos de agua, hasta la fecha han recibido apoyo para la constitución o regularización de sociedades. Dentro de la estructura de esta asociación se integran mas vocalías ante la asamblea de

representantes pasando de 5 a 9 representantes y con ello se dio mayor presencia al sector agrícola y al uso público urbano.

Para el periodo 2009 – 2011 se mantiene el proceso de gestión de recursos y se trabaja un plan de gestión con 6 programas se capacitan a 223 y 247 socios de sociedades riego de aguas subterráneas en materia de la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos y Marco Jurídico del Uso del Agua y de los Consejos de Cuenca respectivamente. Se capacitan a 105 socios de 52 Sociedades de Riego en los cursos en Manejo de Pozos para Riego Agrícola, Conoce tu Pozo, Derechos y Obligaciones de usuarios de aguas subterráneas y toma de datos de medidor volumétrico y de energía eléctrica. Y se capacita a personal de la Gerencia Operativa en temas: Ley de Aguas Nacionales, Situación Actual de los Consejos de Cuenca y Órganos Auxiliares, Empoderamiento de la sociedad civil en el manejo del agua y su relación con las enfermedades, Liderazgo y Formación de Equipos, El marco jurídico, administrativo y organizativo de las A.C., Conceptos básicos de Geohidrología y Conceptos básicos sobre la Gestión Integrada de Recursos Hídricos.

Organización y participación en más de 136 reuniones en diferentes espacios como los Consejos Municipales y Distritales para el Desarrollo Rural Sustentable (destacando el apoyo del COTAS en la elaboración del Plan Municipal de Desarrollo Sustentable de los tres municipios), reuniones de Delegados Municipales y Comisariados Ejidales en los Municipios de Nopala de Villagrán y Tecozautla (Promocionando e informando de programas y acciones realizadas), reuniones con representantes de Ecología de los tres municipios para emprender acciones conjuntas en materia de conservación de los recursos naturales, reuniones con el Consejo Consultivo de Huichapan, con Usuarios de Aguas Subterráneas, integrantes del Comité Técnico de Seguimiento y Evaluación al Convenio de apoyo Operativo, Consejo de Cuenca del Río Pánuco y Foro Nacional de Gerencias Operativas, para informar los avances del programa de trabajo, tomar acuerdos relacionados al cumplimiento del objetivo del central, Presentación de experiencias y conocimientos generados, Antecedentes del COTAS, Funciones de los vocales, Estudio Geohidrológico del Acuífero y Plan de Gestión del Acuífero.

Se realizan 51 visitas a aprovechamientos del acuífero para obtener fichas técnicas con los datos básicos de la sociedad, características del aprovechamiento, coordenadas geográficas, bomba, descarga y medidor volumétrico. Además de realizar diagnósticos de los sistemas de riego en cuanto a diseño, calidad de materiales y costos.

Se realiza el evento demostrativo “Producción de Alfalfa con Sistema de Riego por Goteo”, Asistencia total al evento de 160 personas, de las cuales 15 representaban a dependencias, 5 integrantes del comité directivo del COTAS y el resto usuarios en representación de 39 sociedades de los municipios de Tecozautla y Huichapan.

Se realizó la gestión de apoyos a la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) para un total de 800.5 hectáreas donde se realizaron obras de conservación de suelos, reforestación y cercado de protección de áreas reforestadas, además se recibieron 10,000 árboles para reforestaciones sociales. En total se plantaron 280,000 árboles y 123,600 metros lineales de obras de conservación de suelos y 17,702 metros lineales de cercado, con una Inversión de \$1'708,992.50. En coordinación con SEMARNAT, para ejecución y seguimiento de 10 obras Conservación de suelos mediante la construcción de presas filtrantes de piedra acomodada del Programa de Empleo Temporal con una inversión de \$1,293,516.00 y una meta de 5,260 m³ de obra. Así como la obra Escuela Sustentable (Hortaliza, manejo de residuos y fruticultura) con una inversión de \$50,000.00. Y en coordinación con CONAGUA, para la ejecución del Programa de Empleo Temporal para la Limpieza de 21

kilómetros de Ríos y Cauces con una inversión de \$116,389.50 limpiando un total de 12,600 metros cuadrados.

2.6 Consolidación de COTAS

Con la visión de convertirse en una asociación civil con presencia no solo a nivel local y regional, sino a nivel nacional. Se pone en marcha el Plan de Gestión del Acuífero Huichapan Tecozautla Nopala en el año 2012 con el propósito de convertirse en el corto plazo en un instrumento de trabajo efectivo, que facilite las relaciones entre la Asociación Civil, los usuarios y las dependencias gubernamentales. Así como la acción conjunta en la aplicación de recursos, esfuerzos y conocimientos para la solución de la grave problemática del acuífero Huichapan - Tecozautla - Nopala

La actualización de este instrumento rector es producto de la revisión de resultados obtenidos por el Plan de Manejo del Acuífero (2004) y posteriormente por los trabajos y resultados logrados producto de la aplicación de la primera versión del Plan de Gestión (2007-2012). Se estructuró retomando algunas partes del Plan de Manejo, pero principalmente definiendo una estructura de ocho programas articulada con objetivos, metas e indicadores a nivel de Plan y Programas, lo que permite realizar las actividades con mejor orden y comenzó el seguimiento de avances a través de indicadores.

Actualmente el Plan del Gestión estructura los objetivos, metas e indicadores desde el nivel de Plan General, hasta el nivel de los proyectos. De tal forma que el Plan de Gestión contiene una propuesta de acciones para revertir la situación de deterioro del acuífero Huichapan - Tecozautla - Nopala; integrada por ocho programas y veintitrés proyectos, que se articulan entre sí, a través de 31 objetivos, 31 metas, 29 indicadores de impacto y 27 indicadores de gestión. Estos resultados tienen un periodo de evaluación anual, lo que permite analizar el rumbo y enfocar los esfuerzos en determinadas metas para propiciar el cumplimiento de dichos indicadores.

Dentro de las gestiones y resultados más relevantes que hemos realizado se encuentran: la cuantificación en un Sistema de Información Geográfica de toda la superficie de riego con aguas subterráneas en el año 2012 con el proyecto denominado. "Censo y catastro de las unidades del riego con aguas subterráneas 2012".

Una vez terminado el censo y catastro de la superficie total de aguas subterráneas fue necesario hacer un plan de trabajo, de tal manera que en un mediado plazo tuviéramos al menos el 90% de la superficie total tecnificada y consecuentemente la disminución de las extracciones de aguas subterráneas. A partir de este momento comenzamos la gestión ante la Presidencia Municipal de Huichapan, CONAGUA, Secretaría de Desarrollo Agropecuario (SEDAGROH) y SAGARPA incluso hasta llegar a la cámara de diputados para presentar la problemática de nuestro acuífero; así como las inversiones económicas necesarias para atacar la problemática de sobreexplotación del acuífero; con base en dos líneas específicas de acción: 1) El Uso eficiente del agua para la tecnificación de 1800 hectáreas de riego por gravedad, que importa una inversión de 188 millones de pesos y la identificación de más de 45 km² de zonas de mayor permeabilidad para favorecer la recarga con información del Servicio Geológico Mexicano que implica una inversión de más de 200 millones de pesos.

Tenemos claro que para obtener el resultado deseable no basta con disminuir las extracciones, además del problema social que representa, es necesario trabajar la Recarga del acuífero y conjuntar los proyectos de conservación de suelo y agua además de reforestación para incrementar la capacidad de infiltración de la mayor cantidad de agua posible. Es así como se genera el proyecto para la perforación de 10 pozos de absorción para infiltrar agua pluvial con una inversión de 28.5 millones de pesos para infiltrar anualmente 2 millones de metros cúbicos de agua que representa el 20% de todo el déficit de nuestro acuífero, el cual ha sido ingresado a la Cartera de Proyectos de la SHCP.

Para continuar con la consolidación a la fecha hemos obtenido la Clave Única de Inscripción denominada CLUNI y con ello el derecho de acceder a apoyos y estímulos públicos; a gozar de incentivos fiscales y demás apoyos económicos y administrativos; a recibir donativos y aportaciones, en términos de las disposiciones fiscales y demás ordenamientos aplicables y estamos en proceso de ser Donataria Autorizada ante la SHCP.

3 RESULTADOS

La asociación civil a través de la gerencia operativa ha ejecutado acciones que han generado beneficios e impactos positivos en dos rubros principalmente; por un lado la consolidación del funcionamiento del COTAS y el inicio de procesos de restauración ambiental con avances favorables. Es importante resaltar además del proyecto “Censo y Catastro de unidades de riego” en donde se lograron cuantificar el número de hectáreas que se riegan por gravedad con aguas subterráneas y de aquí formular un plan para tecnificar 208 hectáreas por año durante 5 años, se inicia con la gestión ante las dependencias hasta llegar a la cámara de diputados. Se implementa una Red semiautomática para monitoreo constante de las aguas subterráneas el cual comenzó a funcionar en 4 sitios con registros de niveles a cada hora, a la fecha lleva 3 años en operación donde se corrobora el descenso de los niveles y en este año se incrementa a 11 sitios ubicados en puntos estratégicos.

Recurso Gestionado por COTAS Huichapan Tecozautla Nopala		
Año	Importe total	Acción realizada en el acuífero
2008	479,986.00	Reforestación
2009	415,883.50	Reforestación y conservación de suelo y agua
2010	1,880,385.50	Reforestación y conservación de suelo y agua
2011	5,529,918.54	Tecnificación de riego, reforestación y conservación de suelo y agua.
2012	2,581,846.00	Reforestación y conservación de suelo y agua
2013	871,976.00	Reforestación y conservación de suelo y agua
2014	795,000.00	Tecnificación de riego
2015	3,504,327.01	Tecnificación de riego, reforestación y conservación de suelo y agua y desarrollo de capacidades.
2016	2,775,902.80	Tecnificación de riego, equipamiento de pozos, reforestación y conservación de suelo y agua, desarrollo de capacidades y donación de terreno.
\$18,835,225.35		Gran Total

Se actualiza el Plan de Gestión como un instrumento rector para orientar los esfuerzos de tal manera que se reflejen los resultados en la recuperación de los niveles del acuífero.

Experiencias Aprendidas

La puesta en marcha del proyecto “Sistema de riego por goteo en cultivo de alfalfa” y como resultado se ha replicado en al menos 14 hectáreas que actualmente están produciendo. La puesta en marcha de una parcela demostrativa aplicando Sistema de riego por goteo en maíz; con resultados obtenidos y plasmados en documentos con el análisis de productividad del agua y rendimientos de maíz. La puesta en marcha de un proyecto de espárrago en coordinación con la escuela Primaria de Yonthé con un cultivo rentable y con agricultura por contrato para exportación; acompañado con el análisis de productividad del agua.

Aprendimos que para realizar y ejecutar proyectos en coordinación con alguna dependencia u organización a través de convenios de coordinación se deben plasmar en un documento para formalizar y así asegurar que en los cambios de administración se de continuidad con los proyectos.

A la fecha podemos decir que si bien es cierto que han habido tropiezos de algo estamos seguros los recursos se han empleado de forma transparente y es información publica que puede ser consultada en cualquier momento.

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En los 16 años de existencia del COTAS Huichapan Tecozautla Nopala, ha habido un crecimiento gradual y sostenido a partir de su constitución formal. Está claro que lograr resultados no ha sido sencillo, comenzamos remando contracorriente porque la gente nos identificaba como una organización dependiente de la CONAGUA. Trabajamos en el acercamiento al usuario para obtener su confianza, de tal manera que actualmente el 90% de los usuarios de aguas subterráneas conocen y respaldan el trabajo desarrollado por esta asociación civil. Pero solo el 50% de los concesionarios participan activamente.

Actualmente los usuarios se han convencido que esta asociación es seria y ante la problemática de sobreexplotación nadie puede hacerse a un lado; el agua, así como es un derecho, también es una obligación preservarla, una responsabilidad no solo para nosotros sino para las generaciones futuras, el reto es lograr, que todos cumplamos nuestra parte, hagamos nuestro propio trabajo dándole prioridad al acuífero. Hay resultados pero para el tamaño de nuestros problemas los resultados son insuficientes, si continuamos así; no llegaremos a la meta y cada vez más viviremos los efectos de lo que hemos dejado de hacer.

Se requiere la participación activa de usuarios de aguas subterráneas, autoridades locales, estatales y federales, la corresponsabilidad y el compromiso para sumar esfuerzos, voluntades y recursos financieros para preservar, proteger y estabilizar el acuífero. Está claro y demostrado que tenemos el respaldo de la sociedad que es pieza fundamental pero se requiere que este Plan de Gestión forme parte de las agendas de trabajo de los gobiernos, municipales, estatales y federal. De lo contrario los resultados seguirán siendo aislados si no se enfocan los trabajos hacia la estabilización y preservación del acuífero Huichapan - Tecozautla - Nopala.

5. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo realizado en el Comité Técnico de Aguas Subterráneas Huichapan Tecozautla Nopala es un esfuerzo en el cual, directa o indirectamente, participaron actores clave aportando los conocimientos necesarios y su experiencia en la Gestión Integrada de Recursos Hídricos.

En primer lugar a la Dirección Local Hidalgo de la CONAGUA, al subdirector de Consejos de Cuenca y Atención a Emergencias de la misma dirección, al Director de Planeación y Vinculación del Agua de la Comisión Estatal del Agua y Alcantarillado, mi más amplio agradecimiento por

haberme confiado estar al frente de esta asociación civil, por su paciencia e insistencia sobre la necesidad de dar a conocer el conocimiento y las experiencias generadas.

A esta asociación civil un especial agradecimiento primero por haberme recibido hace 4 años en su equipo de trabajo y así formar parte de la Gerencia Operativa. Todo esto no hubiera sido posible sin el apoyo incondicional del Comité Directivo que me han otorgado. En su momento al Sr. Sixto Caballero Alonso y ahora el agradecimiento especial al Lic. Alejandro Ocampo Camacho por facilitar los recursos necesarios para el desarrollo de este trabajo.

A todos ellos, mi mayor reconocimiento y gratitud

6. LITERATURA CITADA

- Lesser y Asociados SA de CV. 1996. *Estudio geohidrológico del área de Huichapan-Tecozautla, Hgo.* CONAGUA.
- Diario Oficial de la Federal. 2015. *Acuerdo por el que se da a conocer el resultado de los estudios técnicos de aguas nacionales subterráneas del Acuífero Huichapan-Tecozautla, clave 1307, en el Estado de Hidalgo, Región Hidrológico-Administrativa Golfo Norte.* En http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5413891&fecha=02/11/2015. Fecha de consulta: 28 de agosto de 2016.
- Peña, A. 2013. *Plan de Gestión del Acuífero Huichapan Tecozautla Nopala.* Huichapan Hidalgo.
- COTAS Huichapan-Tecozautla-Nopala. 2015. *Boletín alusivo al XV Aniversario con Gestiones y Resultados.*

[Regresar al índice](#)

^a El Colegio de la Frontera Norte, Monterrey, Nuevo León, email: armandocguerras@gmail.com

RESUMEN

La gestión del acuífero transfronterizo del Valle de Mexicali, describe el manejo de los recursos hídricos subterráneos, las políticas públicas e instrumentos de planeación, así como, la participación social e institucional que deriva en impactos ambientales vinculados al cambio climático. Además, el manejo del agua proveniente de la cuenca del Río Colorado por parte de los usuarios de agua subterránea provoca una serie de impactos ambientales que son contrarrestados con mecanismos administrativos por parte de la autoridad del agua en los módulos de riego del Distrito 014 Río Colorado. Finalmente, el manejo transnacional de este recurso parece ambiguo en relación con la conceptualización, y por tanto, la idea de organizarse por parte de los actores clave, entonces, el estudio sintetiza parte fundamental del entendimiento del concepto, por tanto, conocer el manejo del agua subterránea del acuífero transfronterizo, dará, un panorama institucional que permita comprender las reglas de uso, en este caso, con los módulos de riego y sobre todo la importancia que tiene el modelo local de gestión de la zona de estudio. El lugar, se caracterizan por un patrón de organización relacionado a la delimitación espacial basada en la disponibilidad de los recursos hídricos. En éste trabajo se analizan las características de la gestión local del acuífero transfronterizo y su impacto en las condiciones actuales de los recursos hídricos. El área de estudio se ubica en el extremo noreste del estado de Baja California, colinda al norte con el Valle Imperial, California; al este con el Valle de Yuma, Arizona, en Estados Unidos y el acuífero del Valle de San Luis Río Colorado, Sonora, México; al oeste con el acuífero Laguna Salada y al sur con el acuífero El Chinero y el Golfo de California. El Valle de Mexicali cubre una superficie de 4,908 km² y la actividad económica de mayor importancia es la agrícola, desarrollando cultivos cíclicos y perennes. El acuífero pertenece a la región Hidrológico-Administrativa I y se encuentra en la zona de disponibilidad cuatro del Organismo de Cuenca de la Península de Baja California (OCPBC), delimitada por la Comisión Nacional del Agua (Conagua).

Palabras clave: Valle de Mexicali, Acuífero transfronterizo, Agua subterránea, unidades locales de gestión.

1 INTRODUCCIÓN

El acuífero transfronterizo del Valle de Mexicali se encuentra localizado en el extremo noreste de la península de Baja California, en la región del bajo Río Colorado, que es frontera California-Baja California. Al norte, la línea divisoria internacional marca el límite con el Valle Imperial, que son los estados de California y Arizona. Al suroeste limita con la Sierra de los Cucapá (Anguiano, 1992), y al sur con el delta del Río Colorado. Ésta fuente regional, al contar con 725 pozos

profundos, abastece de aguas subterráneas a la zona este y noreste del Valle de Mexicali⁵, extrayendo en promedio 700 Mm³ anuales.

Derivadas de esta situación surgen complicaciones en la gestión del recurso hídrico, principalmente en la información puntual de caracterización de la zona de estudio. Lo anterior complejiza el entendimiento sobre cómo se dan las interacciones en el acuífero transfronterizo relacionadas con el uso del agua, ya que las condiciones actuales del acuífero son desconocidas y existe por otro lado, una delimitación de la gestión local. En consecuencia, la administración de los recursos subterráneos no está clara en relación a los impactos ambientales, así como la identificación de relaciones particulares entre las instituciones con respecto al poder político, lo que delimita los roles de los actores locales.

En la zona urbana de Mexicali y en lo que corresponde a la porción mexicana de la cuenca, el agua es abastecida por el Río Colorado⁶. Las comunidades del Valle de Mexicali dependen del 60% de esta fuente y, complementan sus requerimientos totales con aguas del acuífero subterráneo. De ésta manera, también están comprometidos 4.0 metros cúbicos por segundo (m³/s) que actualmente se trasvasan a las ciudades de Tecate y Tijuana a través del acueducto río Colorado-Tijuana⁷ (Cortez, 2010, p. 18). Por tanto, se estima que el acuífero en el Valle de Mexicali, tiene un déficit de -487.984157 Mm³ de agua (Conagua, 2008).

Como ya se mencionó, el uso actual del agua es agrícola y a lo largo del tiempo, han variado sus cultivos dominantes. Esto ocurre principalmente por la disponibilidad del recurso, ya que los volúmenes utilizados normalmente se encuentran por encima de los concesionados, debido a la peculiaridad del uso de láminas de agua excedentes por las problemáticas de salinidad del suelo y la calidad del agua en el Valle de Mexicali. En términos de la dotación volumétrica y del mercado del agua, para igualar los derechos de agua con el consumo real de los cultivos, algunos usuarios se vieron obligados a hacer tecnificaciones en sus parcelas, lo que les representa ahorro de agua, aunque no pueden contar con el beneficio correspondiente. Para el caso de los usuarios con cultivos de alto consumo, al reducirse su dotación, tuvieron que adquirir un volumen mayor al que tenían considerado originalmente (García Saillé, et al., 2006, p. 96).

Lo anterior muestra la magnitud del reto que los actores sociales y gubernamentales tienen que enfrentar tanto en el nivel local como en el binacional para analizar, enfrentar y, eventualmente, eliminar asimetrías que sin duda afectan negativamente la interacción binacional. La falta de interacción resulta ser una barrera para avanzar hacia la gestión adecuada y, por ende, también limita el uso eficiente, equitativo y sustentable de los recursos hídricos en la región transfronteriza de la cuenca baja del río Colorado. (Cortez, 2010).

La falta de recursos y mecanismos carentes de coordinación, efectividad y defensa, como resultado de estructuras institucionales prevalecientes y unilaterales del económicamente más fuerte, dificultan el acceso al recurso hídrico en disputa legal. Lo que puede agravar las relaciones de cooperación con los Estados Unidos y afectar la dinámica económica y social del Valle de Mexicali en relación con el uso y aprovechamiento del agua en la zona de estudio. (Cortez, Donovan y Whiteford, 2009: 145).

⁵ A las alimentaciones verticales por infiltración de canales en zonas de riego corresponden 500 Mm³, 150 Mm³ provienen del flujo subterráneo de la frontera Baja California-California, que incluye infiltraciones del Canal Todo Americano, y 50 Mm³, de infiltraciones y posterior flujo subterráneo de la mesa arenosa de San Luis Río Colorado (Navarro, 1998).

⁶ Se extiende una planicie que comprende aproximadamente 350,000 hectáreas.

⁷ El acueducto Río Colorado-Tijuana es operado por la Comisión Estatal del Agua de Baja California, recorre una distancia de 125 km a un desnivel de 1,061 m; su capacidad de diseño es de 4,000 litros por segundo y se logra por medio de seis plantas de bombeo. Tres en operación y uno de respaldo, la capacidad de cada uno es de 1,333 litros por segundo. Actualmente se tiene un proceso de ampliación del acueducto con capacidad de 1,333 litros por segundo.

La utilización de pozos de extracción de agua en esta región es distinta entre diferentes usuarios, y por ello es fundamental estudiar por qué se dan este tipo de relaciones en la gestión del agua bajo una compleja fragmentación del espacio por sectores del acuífero subterráneo del Valle de Mexicali. Por la complejidad de la situación, se considera recurrir a las herramientas de análisis institucional planteadas por Schmid (2004:6). Por tanto, la investigación presentará procesos de identificación de actores locales y su relación con el entorno natural y la estrecha codependencia económica local e internacional compartida con Estados Unidos. Finalmente, se pretende emitir recomendaciones a nivel de gestión con base en las fases preliminares del estudio.

2 MATERIALES Y MÉTODOS

El acuífero transfronterizo del Valle de Mexicali, mantiene un complejo manejo de los recursos hídricos subterráneos, el análisis institucional de las organizaciones públicas y organizaciones no gubernamentales, responden a instrumentos de planeación, que repercuten en impactos ambientales vinculados al cambio climático. Además de esto se realizaron encuestas a actores clave que inciden en el uso y gestión del agua subterránea, proveniente de la cuenca del Río Colorado, distribuidos por el módulo de riego del Distrito 014.

De acuerdo con Schmid (2004), el origen de la interdependencia de la especie humana con la naturaleza es imprescindible. Sin embargo, a lo que se denomina económicamente como la cooperación, en las instituciones formales e informales que están relacionadas con la administración de los recursos de uso común, definen los cambios de la estructura institucional y sus implicaciones políticas, por los bienes comunes y los costos de exclusión en las economías de escala (que en este caso son de carácter local); la incompatibilidad de externalidades y la sustentabilidad, se definen por los llamados costos de exclusión o lo que metafóricamente se denomina el “Dilema del Prisionero”⁸.

La demanda de agua que se necesita para atender las necesidades de la sociedad, resulta cada vez más pobre. Sumada la sobrepoblación y la escasa disponibilidad de los recursos hídricos aptos para los diferentes usos, es que, bajo el panorama descrito, la necesidad de estudiar los impactos tanto en el ambiente como en las instituciones relacionadas con la gestión del agua, conlleva al estudio de los arreglos institucionales para entender los procesos sociales correlacionados con las situaciones de uso y la eficiencia institucional que son considerados por tres puntos. Según Svendsen (2005): 1. Permitir un suministro adecuado de agua que sea sostenible durante muchos años y proporcionar equidad en el acceso a esta agua. 2. Mantener la calidad del agua en los niveles que cumplen estándares del gobierno y otros objetivos sociales de calidad del agua y 3. Permitir un desarrollo económico sostenido en el agua a corto y largo plazo.

El enfoque de la política como proceso, trata de comprender cómo las políticas de agua son "producidas" por las interacciones entre los usuarios del agua, los paradigmas dominantes y los arreglos institucionales que median el control del agua. Además, un análisis político detallado de los procesos en las políticas públicas ayuda a entender cómo es que funcionan en la práctica de cambiar el control del agua y la gestión de la misma, en donde se da una idea de quién gana y quién pierde. (Svendsen, 2005).

Por otro lado, los cálculos económicos de la región de productividad del agua son útiles en pocos casos, puesto que pasan por alto las contradicciones fundamentales entre desarrollo económico máximo, lucha contra la pobreza, protección ambiental y eficiencia institucional

⁸ Dos prisioneros incomunicados en celdas individuales han cometido dos crímenes, uno leve y otro grave. Existen pruebas suficientes para que les condenen por el primero, pero no por el segundo, a menos que alguno confiese haberlo cometido.

(Vargas y Mollard, 2005). Sin embargo, en el caso de la región fronteriza y en particular en los municipios de Tijuana, Tecate y Mexicali, las condiciones económicas reflejan unas tasas anuales de crecimiento superiores al 5%. Por otro lado, en el Valle de Mexicali el sector agrícola prevé un escenario de reducción de 83.5 millones de m³ de agua. Por tanto, se estima que en términos monetarios, habrá una pérdida de 2,592 millones de pesos y 16,940 millones de pesos en los últimos 20 años (Castro y Sánchez, 2005, pág. 322).

Los instrumentos en latería de gestión del agua son un esfuerzo por delimitar unidades de gestión de acuíferos y se documenta en el trabajo de Domínguez (2008).

El agua subterránea como elemento de debate en la historia de México. Aunque meramente no es una lectura que plasme una delimitación de unidades, si hace referencia a los denominados COTAS como órganos colegiados de integraciones mixtas y auxiliares no subordinados a la Conagua o los organismos de cuenca. Estos comités no están exentos de problema en su constitución y funcionamiento.

Dominar las normas de gestión locales para mantener u obtener el acceso al recurso hídrico, así como el control sobre su gestión o el de la mano de obra, los productos, la conducta y las actividades de los usuarios, y en donde hace una caracterización de cuencas a través del análisis institucional con énfasis en la identificación de actores locales que gestionan el recurso hídrico (Svendsen et al., 2005), lo anterior resulta la base de este trabajo de investigación, en este sentido el Valle de Mexicali, concentra un gran potencial para explicar este modelo teórico de fenómenos de organización social de gestión local.

El marco binacional de manejo del agua establece estándares de salinidad, así como mecanismos de compensación y manejo del agua tipificada en el acta 242 del Tratado de 1944. Particularmente, estos dos últimos aspectos, la compensación y el manejo del agua, se ven materializados en el desarrollo de programas de inversión en infraestructura y tecnología, como fueron la construcción del Canal Internacional de desvío de aguas salinas hacia el Mar de Cortés (Canal Wellton-Mohawk) y el Programa de Rehabilitación del Valle de Mexicali. Una modernización, en los linderos internacionales norte y sur, principalmente en el sur, en donde se implementa una resolución del Acta 242 y su situación con respecto al uso de agua de la mala calidad en términos de salinidad del agua. El componente educacional o de aprendizaje para la planeación y manejo adaptativo de recursos (Cortez , 2010; Bernal, 2005, p. 395; Castro et al., 2011).

Por consiguiente, se considera un marco apropiado para ofrecer respuestas que informen sobre el enfoque de sustentabilidad implementado en las cuencas hidrológicas transfronterizas, así como proporcionar el entendimiento de aspectos que limitan o favorecen la gestión de recursos hídricos compartidos y altamente competidos (Cortez, 2010).

Las unidades ambientales describen el espacio geográfico delimitado por variables naturales, de esta manera, la percepción social del espacio conlleva un cambio o mejora en el entendimiento del medio natural (Ortega, 2000), pues, la unidad ambiental de gestión de recursos hídricos se entenderá como espacios donde se dan las relaciones económicas, sociales y ambientales que distinguen a los usuarios urbano-rurales y agrícolas que utilizan pozos profundos. Eso en parte, debido a los grandes cambios en la estructura socio-productiva de agricultores, representados por el alto porcentaje de tierras bajo contrato de alquiler. Además de la cohesión social entre los agricultores disminuida, la consiguiente pérdida de la organización y el poder para imponer la presión del grupo (Cortez et al., 2014).

Las fluctuaciones de la calidad y nivel freático del acuífero transfronterizo con relación a la hidrología y sus características, observan un gasto volumétrico en la frontera considerado como

homogéneo e isotrópico dependiendo del gradiente hidráulico, el cual está en función de la relación de recarga neta en las proximidades de la frontera y asentamientos urbano rurales, las cuales pasan por una disminución del gradiente hidráulico regional del Valle de Mexicali; además de las infiltraciones que escurren por el cauce del Río Colorado. Por tanto, el contexto histórico de los niveles freáticos apuntan a un abatimiento en los pozos, Ulloa, Cuervo, Mérida, R-107 y Bosques-8 (Herrera, et al., 2006, p. 61).

En 1973 se llegó a un acuerdo mediante el Acta 242 de la CILA, que refiere que cuando las sales son transportadas y depositadas en los suelos, éste va perdiendo nutrientes y capacidad de aprovechamiento, afectando “el efecto de iones individuales en los procesos metabólicos internos de las plantas” (García et al., 2004; Torres, 2011).

Cuando nos referimos al concepto de roles y actores, cabe destacar lo siguiente: los individuos o grupos que tienen un interés legítimo en la gestión de los recursos hídricos en una cuenca, que puede o no desempeñar un papel activo en los procesos de planificación y gestión de cuencas. Los actores son por lo tanto incluidos en el conjunto de actores de la cuenca, pero no ponen en peligro todo el conjunto (Svendsen, et al., 2005).

Bajo este contexto, se presenta en el marco de una transacción negociada y de cooperación entre usuarios de la zona afectada (centro-sur) con los del norte⁹. Como resultado, todos ganan o al menos, las pérdidas son reducidas al mínimo. Adicional y paralelamente, las obras de construcción y reconstrucción se efectúan con recursos humanos y materiales de la región y compartidos con instancias de gobierno, lo que conlleva a economías de escala y reducción de costos sociales y económicos globales y privados (Cortez, 2011).

Por otro lado, las entrevistas semi-estructurada a profundidad: En el análisis que se realiza se enfoca en cuatro grupos de actores se utilizó la técnica denominada Bola de nieve¹⁰ con: a) usuarios de pozos particulares y presidentes de los módulos de riego de pozos de extracción de agua para riego y líderes de organizaciones de usuarios de pozos; b) el grupo de directores que lleva a cabo la gestión del agua subterránea que trabajan en la Comisión Nacional del Agua sección Mexicali, los de puestos gerenciales involucrados en el proceso de gestión de la Sociedad de Responsabilidad Limitada (SDRL); representante de la CILA; c) expertos independientes, en el proceso de gestión del agua subterránea.

El estudio toma en cuenta la revisión de documentos oficiales, cuadernos de trabajo, normatividad (leyes, reglamentos, etc.), documentos técnicos e inclusive algunas Actas de la CILA. Para la construcción de una tabla que ilustre los roles en la gestión del agua subterránea, se recurre a la metodología utilizada por Svendsen (2005); mientras que para el análisis institucional de la gestión de cuencas, se identificará a los actores clave en la gestión del agua subterránea del Valle de Mexicali. Así como identificar sus funciones en una tabla que concentre a los actores clave en roles mayores y menores con el objetivo de hacer más grafica la identificación y análisis de la estructura institucional; las funciones esenciales se reflejan en las categorías de rol mayor y rol menor, el método del análisis institucional da un mayor sentido al estudio e identifica las situaciones clave para entender el contexto de la gestión transfronteriza del agua en el acuífero y la participación de los actores locales y su repercusión en la experiencia de la política pública en las unidades locales, así, las condiciones definen las bases para gestionar desde la perspectiva integral

⁹ Del Valle de Mexicali.

¹⁰La técnica “Bola de nieve” consiste en aplicar la entrevista y al final de esta preguntar a quién o quienes se les pueden hacer el mismo ejercicio.

Con la recopilación de conceptos, ideas clave y sobre todo la información suficiente para realizar una tabla comparativa vinculada con la situación, estructura y funcionamiento para la gestión y manejo de los recursos hídricos transfronterizos del Valle de Mexicali, se procedió a elaborar el cuadro basado en la metodología de análisis institucional y el marco analítico S-E-F adaptada por Schmid (2004). Además, la metodología S-E-F y la problemática ambiental y territorial permitieron visualizar el nivel de complejidad relacionada a la gestión y su repercusión en la dinámica económica y ambiental. Hacer uso de la metodología mencionada, permitió caracterizar el problema de la incompatibilidad y también permitió identificar las fuentes de interdependencia institucional de las unidades locales de gestión del acuífero transfronterizo del Valle de Mexicali.

3 RESULTADOS

La problemática en relación a los usuarios y a los representantes de instituciones relacionadas con la gestión del agua, se plasman en materia económica por los diferentes roles que tienen los actores clave en el Valle de Mexicali. La estimación del impacto se realizó considerando la caída de la utilidad neta por cultivo para el año base 2003, pues se considera punto de convergencia para las fuentes de datos disponibles en el momento del estudio. Cuando se revistió el Canal Todo Americano, se observó un cambio en la cédula de cultivos, ya que se empezaron a modificar las siembras en función de la dinámica de mercado. Dándose así la especulación en la oferta y demanda de ciertos tipos de cultivos, en donde las utilidades continúan a la baja y la tendencia aumenta. En el ámbito del uso del agua por los usuarios de pozos con relación a la competencia por el recurso, resulta un tanto complejo porque en la zona de estudio, se provocó una repercusión en la caída de la utilidad neta de la producción por hectárea en los años subsecuentes después de éste revestimiento. Por lo que se estimó que los primeros cinco años una caída de 6%, y transcurridos los diez años, se calculó una pérdida estimada del 7%. A los quince años después, se estimó una pérdida del 7% (Sosa y Sánchez, 2007).

El Consejo de Cuenca de la Baja California a través de la Dirección de Planeación de Riego de los Distritos del Organismo, estima que la baja productividad recae en la mala planeación de proyectos de cultivos; notándose en el bajo crecimiento económico de los usuarios. Además de que no se cubren las expectativas relacionadas con la producción agrícola, pues en la mayoría de los casos se tiene un manejo inadecuado de los recursos económicos; mismo que repercute en la inoperatividad del sistema agrícola del usuario, haciendo muy difícil una coordinación. Por lo tanto, para evitar este tipo de situaciones los agricultores modifican ciertos patrones de comportamiento para obtener la asignación del agua y continuar con la actividad económica. Sin embargo, cuando se revisan los procedimientos y hay incompatibilidades, los proyectos no son aprobados. Esto es un factor que actúa de manera muy particular en la dinámica económica de la zona de estudio.

Los usuarios de pozos expresan que la constitución y funcionamiento de sociedades u organizaciones no gubernamentales resulta complicada en función de los medios y posibilidades de constituirlos; la incompatibilidad institucional para resolver dicha constitución se trata de manera distinta en los Estados Unidos y en México. Dicho lo anterior, las asociaciones mexicanas abogan entre otras cosas, a resolver las implicaciones económicas más que las ambientales que se derivan de los problemas de salinización; lo que se traduce en las asimetrías institucionales¹¹, ya que del otro lado de la frontera se busca resolver problemas ambientales y en segundo plano los económicos.

Gestores de agua

Los actores clave identificados en éste trabajo son el Responsable de la CILA en Mexicali, el Mtro. Francisco Bernal, que entre otras funciones tiene la encomienda de vigilar el cumplimiento de los

¹¹Arreglos socio-hidrológicos

acuerdos y tratados internacionales sobre límites y aguas. Otros actores clave, es el Jefe del Distrito de Riego 014 Río Colorado, el Director de Proyectos de Perforación de Pozos, al dirección de Operación, Conservación, Observación y Monitoreo, además de la Jefatura de Operación del Distrito de Riego y al Dirección de Información del Organismo de Cuenca Península de Baja California (OCPBC) de la Conagua; así como el Gerente y cuerpo Técnico de la SDRL. Por lo tanto, la relación que se han desenvuelto en sus cargos puede mencionarse que la CILA tiene 8 años de antigüedad; aproximado de antigüedad también de Conagua, mientras que la SDRL cuenta con 10 años de iniciada.

Padrón de usuarios

El padrón de usuarios se conformó desde 1939 y se congeló en 1955, lo que significó que la Conagua no otorga concesiones de pozos particulares a partir de pozos federales. Dicha circunstancia generó un fenómeno de conducta inclinada en la competencia por el uso intensivo del recurso hídrico y por formar parte de la directiva en las organizaciones de usuarios de pozos particulares. Formar parte de dicha directiva, permite adquirir el poder de perforar más profundo, pero también implica un compromiso para mantener un equilibrio ambiental. Sin embargo la pluralidad y la heterogeneidad de los usuarios, hacen permeables este tipo de característica de sustentabilidad ambiental, predominando el sentido del desarrollo económico tal como se observa en la siguiente gráfica.

Las 372 parcelas registradas en el padrón de usuarios del módulo seis, muestran la complejidad del uso de agua agrícola. La gráfica anterior muestra la asimetría entre las dos superficies, por lo tanto la relación entre los usuarios que cultivan cierto tipo de cultivo con respecto a usuarios que manejan diferentes, éstos se organizan con los que tienen otra situación que puede ser en función directa con los cultivos. Por ejemplo, los que cultivan alfalfa hacen convenios o acuerdos de agua en función al gasto con los que cultivan trigo o sorgo, en otras palabras el excedente de volumen de agua se lucra.

Lo que trae como consecuencia un mercado de agua informal y complejo que provoca variaciones en la situación del padrón, de los cultivos, de las asignaciones y de la cooperación entre usuarios en relación a la transparencia de administración y gestión del agua subterránea del módulo seis. Por otro lado, se tomó como ejemplo este módulo por el nivel de información obtenida en las entrevistas y el número de usuarios entrevistados, sin embargo la localización espacial de cada predio será la base para otro estudio ya que por escaso tiempo y recurso, no se cuenta con información más detallada y específica respecto a cada superficie en los módulos mixtos del Valle de Mexicali. Si se pretendiera realizar dicho estudio, tendríamos que trabajar con los 3,429¹² usuarios de agua de pozo que se encuentran distribuidos por los módulos de riego que se agrupan en las zonas denominadas norte, centro y sur y el enfoque del análisis es de carácter de gestión en los recursos y se incluye a los usuarios como parte complementaria del proceso de gestión.

La concentración de usuarios de agua de pozo se agrupa en el módulo uno, perteneciente a la margen derecha del Río Colorado. En la parte del Valle de Mexicali, el módulo con mayor índice de registrados es el número cuatro, contando un total de 592 usuarios registrados hasta el 2013. El módulo cinco tiene registrados a 557 usuarios y en el módulo siete, a 366 usuarios. Con lo mencionado se puede pensar un panorama general del número de usuarios que según la dirección de coordinación del Distrito de Riego 014 tiene; siendo el total 3,426. Cabe mencionar que en la mayoría se encuentran ocupados en el sector agrícola.

Las entrevistas a los actores clave destacaron que la mayoría percibe que las características del acuífero transfronterizo del Valle de Mexicali y los impactos en las condiciones actuales de los

¹² Dato extraído en la entrevista al Ing. Jesús Flores, Jefe del Distrito de Riego 014 Río Colorado, OCPBC, Conagua.

recursos hídricos son positivas, desde el punto de vista institucional, ya que se mencionan las condiciones de gestión de la CILA, Conagua y SDRL. El trabajo de gestión es para ellos de cooperación, sin embargo, en los hechos relacionados con los usuarios se ve socavada la relación de cooperación. Llama la atención la respuesta con los hechos puesto que se denota por parte de los usuarios de agua subterránea el sentimiento de inconformidad ante la declaratoria de las Actas de la CILA.

La principal fuente de financiamiento a lo que define la Conagua como las Asociaciones Civiles de Usuarios (ACU) y Sociedades de Responsabilidad Limitada, es el Programa de Rehabilitación, Modernización, Tecnificación y Equipamiento de Distritos de Riego y Temporal Tecnificado, definida en función de la superficie de riego y el volumen de asignación del usuario. De tal manera que el monto económico que pueda aportar el programa será del 50 % de la inversión en la modalidad Fideicomisos Estatales¹³, así como en la modalidad Comité Hidroagrícola.¹⁴ Entonces, “va relacionada con el volumen porque aquí el agua está repartida por unidades de superficie, aquí es volumétrica la asignación”.

Otro aspecto a considerar en la modernización de pozos federales tanto en su utilidad como en la eficiencia, a través de una extensión del programa para dar la posibilidad de relocalizar los pozos profundos, consiste en apoyar con el 70 % de la inversión. Esto con la intención de tener un medidor de volumen de extracción y fungiendo como control contable de extracción para ser un agente que evite la sobreexplotación. Sin embargo, las medidas adoptadas quedan inertes cuando se presenta el factor del poder político de asociaciones de usuarios de pozos particulares¹⁵ que buscan un posicionamiento de concentración del mismo.

La ambigüedad del programa ante estas situaciones se torna delicada por la seriedad del caso. De acuerdo con las entrevistas realizadas, tres de cada cinco usuarios de pozo creen que la administración del recurso por parte de los directivos de las instituciones federales, no es transparente. También consideran que hay abuso de autoridad, respecto del horizonte o metas que ellos han planteado. Por ejemplo: en la Dirección de la Comisión Estatal del Agua se aprobó un programa en el cual se eliminan al 100 por ciento los adeudos históricos por consumo de agua de uso doméstico. Se han condonado más de 2 mil 362 millones de pesos a cerca de 221 mil cuentas domésticas de agua, esta medida, no convence a los usuarios agrícolas, pues la acción las consideran una estrategia política, aunque el Gobierno de Baja California exprese lo contrario. Otro aspecto significativo es la percepción del manejo, pues desde el punto de vista administrativo se cree en consenso que los usuarios deberían tener un número mayor de mecanismos de control, sin embargo, los usuarios de agua de pozo piensan en su mayoría que el sector administrativo los tiene muy controlados.

A nivel regional los actores clave que comprenden la gestión del recurso hídrico subterráneo son: el personal directivo y técnico de la Conagua así como de la SDRL, representantes de usuarios particulares, usuarios de pozos particulares y la CILA mexicana¹⁶. La gerencia de la SDRL en su carácter de gestor de agua subterránea se tiene la impresión de que “cada quien hace lo que quiere” y que si hay una política del agua esta es inexistente. En este sentido, la percepción de incertidumbre se da por la decepción en el cumplimiento de la ley y su reglamento. Por tanto,

¹³ Manual de Operación, Componente Rehabilitación y Modernización en Distritos de Riego. Modalidad Fideicomisos Estatales (FOFAE) 2014 y Modalidad Comité Hidroagrícola 2014.
<http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/M%20O%20RyMDR%202014%20FOFAE%20%2011%20Abr%20Finales.pdf>

¹⁴<http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/M%20O%20RyMDR%202014%20C%20H%20%2011%20Abr%20Finales.pdf>

¹⁵ Hay 4 sociedades: Los Hurtado, Chava Minor, “Los de la CILA” y los módulos de riego del lado de Sonora, (Extracto de la entrevista siete).

¹⁶ Para tener un panorama general se entrevistó al representante de oficina en Mexicali B. C. (ver anexo).

concibe un trámite de gestión administrativo y deja de lado la integralidad de la gestión del agua subterránea¹⁷.

Una autoridad del Distrito de Riego 014, Río Colorado encuentra a la política hídrica como anodina con la encomienda de cumplir los lineamientos ordenados sin tener la posibilidad de gestionar de acuerdo a lo que requiere pues perdería su estabilidad, ya que su principal función es operar los volúmenes de asignación entregados por los Estados Unidos. Las funciones esenciales y los roles de los actores, proporcionan una visión estática de las responsabilidades que se establecieron en el distrito de riego 014 en el año de 1938. Desde entonces se ha desarrollado una organización fundamentalmente creada por el estado, cuyas modificaciones actuales permiten que los poseedores de los pozos de extracción de agua tengan la posibilidad de tener la figura de usuario particular, representados por cuatro asociaciones de usuarios particulares.

Tabla 1 Matriz comparativa de roles del manejo del acuífero y de los actores clave.

	Agua subterránea						
	Protección ecológica	Planeación	Asignación de agua	Retirar/distribuir el agua	Construcción de infraestructura	Monitoreo de calidad	Asegurar la calidad
Actores Clave							
Usuarios de pozos Particulares	●	●			●	●	
Comisión Nacional del Agua	●	●	●	●	●	●	●
Comisión Internacional de Límites y Aguas	●	●	●	●	●	●	●
Usuarios de pozos Federales	●	●			●	●	●
Asesores Jurídicos	●						

● Rol mayor ● Rol menor

Fuente: Elaboración propia adaptada de Svendsen (2005).

Por otro lado, el Representante de la CILA mexicana no tiene ámbitos en el manejo del acuífero y mantiene el seguimiento del tema como parte de los asuntos binacionales del agua. Además de coordinar agendas sobre las discusiones binacionales sobre los acuíferos a lo largo de la frontera. Dichas discusiones son respecto a la percepción de que el acuífero es un complemento del manejo de las aguas superficiales, de tal manera que se enfoca con mayor cuidado en la gestión del agua superficial proveniente cuenca arriba del Río Colorado y los acuíferos se tratan caso por caso. Por tanto y de acuerdo con la entrevista realizada a los actores clave en la gestión del acuífero transfronterizo del Valle de Mexicali, la mayoría de los entrevistados piensa que es equitativa la policía hídrica en el manejo del agua subterránea. Aunque la mayoría de los actores clave tengan razones para la esperanza y para el optimismo, la cuestión es que se hace trabajo de “regular la operación de los pozos y que no se traspasen los 500 millones de metros cúbicos asignados”

¹⁷ El funcionamiento de la estructura administrativa de los programas es federal, centralizada en el gobierno de la república. Los apoyos monetarios no pasan por circuitos administrativos de gobernadores o presidente municipales, sino solo por las oficinas desconcentrada de la secretaría federal.

(Castro, 2014). De esta afirmación se desprende, la predominancia de la función regulatoria, con la idea básica de que el recurso no es finito. La operación de la infraestructura hidráulica correspondiente a cada país es independiente aunque es coordinada, en el sentido de la transferencia del agua. Derivado de esto, la cuenca arriba hace uso y dispone del recurso de acuerdo a sus necesidades, después de esto cruza la línea divisoria y el agua se maneja por las instancias correspondientes. En otras palabras, cada manejo es unilateral y en el ejercicio de la gestión es binacional, en el punto del cruce.

Los actores clave en la gestión del agua subterránea transfronteriza se concentran en el apartado descrito como “Activa”. Por otro lado el mismo número de respuestas denominadas como “Distante”, corresponde al cuerpo técnico, de tal forma que la “Nula” representa al grueso de los usuarios particulares que sin embargo influyen a través de sus representantes. La caracterización de la gestión del agua subterránea es de la parte administrativa enclavada en las unidades locales denominadas como el Distrito de Riego 014, las asociaciones particulares y las federales, así como la figura del acuífero del Valle de Mexicali del lado mexicano.

La línea fronteriza define la concepción de una división abstracta de un cuerpo geohidrológico tan complejo. Las percepciones de los actores clave son distintas en torno al mismo acuífero, a tal grado de no tener una base robusta que dé pie a un consenso en relación al nivel freático. La conjunción del ejercicio de gestión es diferente en los Estados Unidos, en el manejo de la información y en el procesamiento de la misma. Las instituciones funcionan en un esquema articulado interdependiente; en México el ejercicio institucional se basa en una federación que obedece al centralismo.

La cooperación que existe con instituciones académicas es variable, pues se realizan trabajos de investigación conjuntos entre la Universidad Autónoma de Baja California (UABC), el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE) y El Colegio de la Frontera Norte (El Colef), sin embargo dependen de periodos políticos y de quienes toman las decisiones. Cabe recalcar la relatividad de la concepción de la cooperación institucional, pues en las entrevistas se identifica la referencia al Acta 319¹⁸ de la CILA, en la cual, las medidas tomadas respecto a la cooperación institucional resultan para algunos usuarios de pozos particulares, como un ejercicio de cooperación, pero para otros es lo contrario, pues no están de acuerdo con la declaratoria de dicho documento por cuestiones de inclusión.

En el sentido anterior, la cooperación se da por un trabajo coordinado institucionalmente; mismo que genera un impacto positivo en el propio acuífero, puesto que se permite una conjunción de medidas que darán un mayor reforzamiento y un carácter ambiental e inclusive legal. Es decir, acuerdos mancomunados reconocidos y avalados por la propia ley con el objetivo de la legitimidad institucional local e internacional. Por otro lado y en relación con los usuarios particulares, la entrevista arroja información referente a otro tipo de problemáticas sociales antagónicas que se relacionan con el poder político institucional que tienen las asociaciones y con el potencial de corromperse por la misma dinámica y posibilidades de concentrar poder político y económico.

Ante este panorama y con base a las entrevistas, cabe resaltar estas dos visiones para entender la complejidad de tener una cooperación entre los actores principales, dependiendo de la confianza en el trabajo y en base a hechos políticos sin confundirse con el proselitismo político; sino con conformar mecanismos de inclusión con el objetivo de expresar las opiniones en el tema de la gestión del agua y generar una mayor participación de las partes involucradas.

¹⁸ Medidas interinas de cooperación internacional en la cuenca del Río Colorado hasta el 2017 y ampliación de las medidas de cooperación del Acta 318, para atender los prolongados efectos de los sismos de abril de 2010 en el Valle de Mexicali, Baja California.

Según el padrón de usuarios de la OCPBC se contabilizaron en el primer periodo un total de 153 usuarios y en el segundo periodo fueron un total de 220 usuarios; esto tan sólo en el Módulo número 6. Fue en la década de los cuarenta cuando se empezó a utilizar agua de pozo para completar el plan de riego para la parcelas y posteriormente, en 1972, cuando se hace un estudio geo-hidrológico con el ánimo de conocer el nivel freático del acuífero. Desde entonces la relación entre usuarios se ha hecho más lejana, en la creencia de que el acuífero está en óptimas condiciones hidrológicas y otros que creen que ya está abatido.

Para los actores clave, gestionar al agua subterránea ha resultado un reto y en este sentido se les pregunto sobre el tipo de problemática que les resulta complicada y en general se concentran en cinco problemáticas relacionadas con aspectos como la aplicación de la política hídrica. Al 10% de los entrevistados les preocupa mucho el robo de la infraestructura hidráulica utilizada para la extracción de volúmenes de agua subterránea en los módulos de riego mixtos. Comentan que los robos son resultado de la pobreza correlacionada con la drogadicción, que deriva del sistema económico actual, entonces, quitar este tipo de infraestructura para su venta es algo que agobia a cierto número de usuarios.

De acuerdo a la entrevista, a otro 10% de los entrevistados les preocupa la recarga del acuífero, esto debido a que la precipitación pluvial es extremadamente baja, por lo que el ciclo del agua no satisface las necesidades de los usuarios necesitados del recurso hídrico. En la entrevista a los actores clave se encontró que el 20% de ellos cree que el principal problema es la gestión del agua. Para ellos no es suficiente con que las autoridades tengan buenas intenciones para realizar una gestión integral. El otro 20 % de los entrevistados cree que el problema más significativo es la salinidad del agua, así como la del suelo. Las condiciones naturales propias de la región hacen que este fenómeno sea inevitable, sin embargo, las actividades económicas actuales y la intensidad con las que se realizan, aceleran este tipo de procesos de tal manera que el ciclo económico y ambiental colisiona al grado de no permitir una relación de carácter sustentable.

Finalmente la mayoría de los entrevistados están de acuerdo en que el principal problema que afecta a la gestión en la zona de estudio es de carácter político, ya que según comentan, no basta con negociaciones políticas, sino más bien asumir el compromiso de carácter político. La cooperación es fundamental en el trabajo de inclusión así como de los usuarios por respetar los lineamientos y reglamentos. Cuando se preguntó a los actores clave, sobre si estaban dadas las condiciones políticas para afrontar la falta de información del agua subterránea, a lo cual respondieron que están dadas las condiciones y de hecho, ya se están malgastando. Esto porque se presenta la dualidad en la que se están organizando los usuarios particulares y que corre el riesgo de fragmentarse en función de la actividad económica y de poder que replican modelos incompatibles con el ambiente.

Por tanto, la organización de los usuarios a través de los módulos de riego ya está consolidada. La estructura ya es lo suficientemente longeva en comparación con otras; la cooperación entre usuarios es relativamente buena así como el trabajo con las instituciones gubernamentales. Sin embargo falta mucho por hacer en el sentido político y en el desarrollo de mecanismos que agilicen el desarrollo de políticas públicas enfocadas a la gestión integral del recurso hídrico, esto es brindar las herramientas necesarias para tomar la dirección política en el sentido ambiental antes que el económico.

Por tanto la delimitación para la gestión integral del agua subterránea trasfronteriza debe tener una base ambiental. En otras palabras, las asociaciones de usuarios de pozos particulares tienen la posibilidad de organizar grupos o comisiones que estén localizadas en una región similar, en condiciones ambientales o afines, lo cual da ventajas para el ejercicio meramente político. Esta condición o condiciones la han expresado los entrevistados, por lo que corresponde a las instituciones encargadas de la gestión binacional hacer trabajo en proyectos directos sobre la

formulación, desarrollo y conformación de espacios para la discusión con la finalidad de crear acuerdos, y un acercamiento institucional, pues el que actualmente se denota a través de las entrevistas, está distanciado entre las instituciones.

Las unidades locales de gestión, que se organizan de manera que no basan las divisiones o asociaciones con el medio físico. Esto es, la organización de los usuarios está basada en una estructura ya bien definida conocida como Módulos de Riego. A su vez, éstos son derivados de una anterior estructura denominada Distrito de Riego; de esta forma la delimitación no está en función de límites naturales estructurales. Sin embargo, este trabajo se enfoca en hacer un cuadro comparativo de análisis conceptual de Schmid (2004) referido a la situación, estructura y funcionamiento.

Entonces la situación (S) se refiere a las características esenciales de los bienes que afectan la interdependencia. Con base en Ostrom (1990), se establece que para una situación caracterizada por la presencia de un bien de uso común, existen tres fuentes propias de interdependencia que son: 1) Política de participación. Ésta puede crear una externalidad y pérdida de oportunidades para un grupo de usuarios en el tiempo presente o para futuras generaciones de usuarios; 2) Gestión del agua subterránea. En este tipo de interdependencia, la negociación entre usuarios es fundamental en el juego de roles; 3) Encuentros entre productores. Éstas se refieren a la cooperación por intercambiar información entre los usuarios del bien en cuestión. 4) Encuentros entre Instituciones. Se refiere al intercambio de información entre México y Estados Unidos. Los cuatro apartados se refieren a las características inherentes del bien en este análisis, específicamente a aguas transfronterizas subterráneas, que pueden ser categorizadas como un recurso de uso común y al mismo tiempo puede ser comprendido como un recurso generador de varios tipos de interdependencias.

Estructura (E) se refiere a las alternativas institucionales que los usuarios pueden elegir a efectos de costear las interdependencias creadas por la situación o no. Las opciones de estructura institucional pueden ser formales o informales. Ésta, también describe las relaciones entre los usuarios para determinar las oportunidades relativas. Además de que pueden ser vistas como leyes formales o existentes sólo en hábitos de la vida cotidiana. Las estructuras institucionales generales o las formas en que los usuarios se interrelacionan incluyen: a) negociaciones administrativas o arreglos jerárquicos de autoridad que guían a las personas; b) acuerdos que consideran a los usuarios con el objetivo de llegar a arreglos de igualdad; y c) transacciones de costumbre tales como las normas sociales aprendidas o habituales, internalizadas e informales.

Funcionamiento (F), dado que los usuarios tiene diferentes intereses que pudieran estar en conflictos, las medidas agregadas de relación podrían no ser posibles o útiles. Las consecuencias del funcionamiento de estructuras institucionales alternativas, deben ser desarticuladas en términos reales referidos a quién obtiene diversos beneficios. Las medidas de funcionamiento deberían estar enfocadas a responder la pregunta, ¿quiénes tienen el poder dada las instituciones comparadas entre sí? Por tanto, las medidas de funcionamiento en el análisis realizado tienen un actor o representante de un grupo de interés particular que refleja las partes involucradas en una transacción (Schmid, 2004: 19).

Tabla 2. Fuentes locales de interdependencia y vínculos entre situación, estructura y funcionamiento para la gestión y manejo de recursos hídricos subterráneos transfronterizos

Situación (S)	Estructura (E)	Funcionamiento (F)	Evaluación
1 Política de participación	Grupos de usuarios	Establecen una relación afable de confianza con las Institución para ser cada vez más independientes	Lograda
2 Gestión del agua subterránea	Asociación de usuarios	Adquiere control de sus políticas y reglamentos en el marco institucional	No muestran avance
3 Encuentros entre productores	Intercambio de información	Promueve un ambiente de cooperación basado en políticas de participación	Necesita apoyo
4 Encuentros entre Instituciones	SDRL, Conagua y CILA	Favorece que los usuarios se relacionen con usuarios de otras regiones y adquiera políticas de cooperación e intercambio de información	No muestran avance

Elaboración propia con datos de entrevista adaptado por Schmid (2004).

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Dentro de éste contexto histórico, la canalización de las aguas del Río Colorado, a principios del siglo pasado en el Valle de Mexicali, y el aprovechamiento del agua diferenciada en ambos lados de la frontera, se ha seguido la tendencia a la organización por el mismo nivel de condiciones ambientales. La tendencia es la modificación en usos y costumbres institucionales que develan el tipo de políticas hídricas a ambos lados de la frontera. Los usuarios urbano-rurales usan el agua de manera mixta y comparten el agua de la región, aunque sea limitada. La cantidad de agua resulta ineficiente y de mala calidad, el acuífero está sobre explotado y las relaciones políticas se toman de manera unilateral dependiendo del lugar de la frontera. En el Valle de Mexicali, se considera en general, que debería haber un cambio sustancial en la forma en cómo se relacionan y comunican los usuarios para poder participar de manera directa o indirecta en la gestión del agua.

La población de la ciudad de Mexicali, así como la de Tijuana demandan un volumen de agua cada vez mayor. Los usuarios agrícolas demandan volúmenes de agua y de mayor calidad; la cooperación y la inclusión de las voces locales mediante mecanismos de participación que se enfocan en una serie de figuras representativas de la comunidad y de los diferentes sectores, con la supervisión de entidades externas neutrales que moderen y medien las reuniones con el objetivo de consensar la gestión y el uso de la agua subterránea, tomando como base la Ley de aguas Nacionales y las Actas de la CILA, en el caso de la relación binacional.

En la zona norte del acuífero el nivel estático es de alrededor de 6 metros, al accionar las bombas el nivel oscila entre los 18 y 20 metros, en otras palabras, el gasto de agua es de 150 a 180 litros, en contraste con la zona sur el nivel estático es de 15 a 16 metros y el nivel de bombeo llega hasta los

30 metros, por lo tanto la región se caracteriza por el tipo de suelo, definida principalmente por la textura arenosa del mismo, también esto puede observarse en la cobertura vegetal y en la aridez del lugar, estas características hacen que la participación de los usuarios ocales sea imprescindible, para el uso y manejo en las asignaciones del agua subterránea utilizada principalmente en multicultivos.

La generación de un órgano consultor, cuya función sea el de distribuir información de manera binacional, adecuada a la economía por escalas de la propia región y excluyendo la inversión de carácter político a corto plazo, podría ser un proyecto a partir de los acontecimientos actuales y sus impactos institucionales en aspectos sociales y ambientales derivados de las características ambientales de la región.

Las opiniones vertidas en este documento sobre la política del agua resulta inverosímil en relación a la participación incluyente de los usuarios del agua subterránea, pues la estructura resulta ineficiente, los mecanismos reflejan inequidad, el desinterés de algunos usuarios es abrumador ya sea por la deficiencia institucional o por la estructura que hace de este tema desigual en el interés de los administrativos y usuarios locales. Sin embargo en cuanto a la función de gestión integral del agua resulta contradictoria, pues la percepción institucional es hasta cierto punto un impacto positivo en el ejercicio de la gestión en la región.

Los gestores del agua subterránea transfronteriza del lado mexicano basan su ejercicio principalmente en la Ley de Aguas Nacionales y son complementadas por las Actas dictadas por la CILA en este sentido la operación, conservación y observación resultan aceptables en catión de la administración del agua subterránea, pues ya están definidas claramente las responsabilidades y esquematizadas las funciones, a no ser de eventos extraordinarios capaces de modificar los propios estatutos locales e internacionales, los usuarios se mantienen distantes a la gestión del recurso y las unidades de gestión conformadas por ellos requieren de una reconfiguración estructural de carácter institucional en la gestión del recurso.

Todo esto en función de la relación con la gestión del recurso de manera binacional pues no hay una gestión consolidada como tal, solo se reduce a la cooperación en el intercambio de información y esporádicamente a particularidades propias del Valle de Mexicali. La extracción del agua es dependiente del manejo del agua superficial y diversa en ambos lados de la frontera para fines específicos y particulares de cada nación, es ahí cuando llega a un límite o línea muy delgada en la cooperación que hasta ahora se ha trastocado y obedece de la cooperación misma para no generar algún tipo de problemática de carácter internacional.

Por lo tanto, la idea de conformar unidades de gestión local del agua subterránea de carácter binacional, como un instrumento para el uso y manejo del recurso resulta un aporte en la región del Valle de Mexicali, pues la conformación de comités binacionales de usuarios de agua de pozo podría configurarse como una institución que trate y de solución a las problemáticas antes mencionadas con el apoyo y la cooperación de instituciones de ambas naciones quedando de fuera solo la cuestión administrativa, esto es que sea integral conforme a las necesidades de carácter social y ambiental, propias de la región del acuífero como unidad de gestión.

Las condiciones para que se den este tipo de organizaciones están dadas, existe ya una estructuración institucional federal, asociaciones particulares e internacionales, la falta de dirección enfocada en este sentido sería un área en la cual el potencial es bueno, la base es sólida, la definición de mecanismos estaría basados en los documentos rectores como las Leyes tratados y reglamentos, adaptados a las particularidades del acuífero del Valle de Mexicali como estructura ambiental, así como asociaciones civiles con la capacidad de reunirse para gestionar el recurso de manera binacional.

Bibliografía

- Álvarez, A., 2010. *Las interacciones agricultura . agua y la modificación de los ambientes rurales: el caso del Valle de Mexicali*, San Luis Potosí, México: El Colegio de San Luis.
- Castro, J. L., Cortez Lara, A. A. & Sánchez, V., 2011. Gestión del agua en cuencas transfronterizas México-Estados Unidos: algunos elementos conceptuales para su estudio. *Aqua-LAC*, pp. 105-114.
- Conagua, 2004. *Subgerencia de Evaluación y Ordenamiento de Acuíferos, Determinación de la Disponibilidad de Agua en el Acuífero Valle de Mexicali, Estado de Baja California..* Gerencia Regional de la Península de Baja California, “Indicadores para la revisión de diagnósticos regionales”, Región I, Península de Baja California. ed. Mexicali: Conagua.
- Cortez L., A., Donovan, M. & White-Ford, S., 2009. The All-American Canal Lining Dispute: An American Resolution over Mexican Groundwater Rights. *Frontera Norte*, vol. 21, núm. 41, pp. 127-150.
- Cortez, A. A., 1999. Dinámicas y conflicto por las aguas transfronterizas del Río Colorado: el proyecto All-American Canal y la sociedad hidráulica del Valle de Mexicali. *FRONTERA NORTE*, 11(21), pp. 33-60.
- Cortez, A. A., 2010. *Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal*. [Online] Available at: <http://www.redalyc.org/pdf/694/69415135002.pdf> [Accessed 1 mayo 2014].
- Cortez, A. A., 2010. *Reflexiones teórico-metodológicas sobre la cultura de sustentabilidad en el manejo de aguas transfronterizas del bajo río Colorado*. Mexicali: El Colegio de la Frontera Norte.
- Cortez, A., Kaplowitz, M. & Kerr, J., 2014. Local stakeholder participation in transboundary water management: lessons from the Mexicali Valley, Mexico. *International Journal of Water*, pp. 17-33.
- Domínguez, A. P., 2008. *La administración hidráulica española e iberoamericana*. Murcia España: Instituto Euromediterráneo del agua.
- García Saillé , G., López López, Á. & Navarro Urbina, J. A., 2006. Lining the All-American Canal: Its Impact on Aquifer Water Quality and Crop Yield in Mexicali Valley. In: V. Sánchez Munguía, ed. *The U.S.-Mexican*. San Diego, California: San Diego State University Press, p. 242.
- García, G., López, Á. & Navarro, J. A., 2004. El impacto del revestimiento del canal todo americano sobre la calidad del agua del acuífero y del rendimiento de los cultivos del Valle de Mexicali. In: V. Sánchez, ed. *El revestimiento del canal todo americano Competencia o cooperación por el agua en la frontera de México-E.U.?*. Tijuana: El Colegio de la frontera norte.
- Herrera, J. et al., 2006. Fluctuations in Quality and Levels of Groundwater Near the Mexican-Proximate Portion of the All-American Canal. In: V. Sánchez Munguía , ed. *The U.S.-Mexican Border Environment*. San Diego: San Diego State University Press, p. 241.

- Ortega, J., 2000. *Los horizontes de la geografía*. Barcelona: Ariel.
- Schmid, A., 2004. *Conflict and Cooperation, Institutional and Behavioral Economics*. Oxford: Blackwell Publishing Ltd.
- Sosa, J. F. y Sánchez, E., 2007. Estudio de los efectos socio-económicos en el Valle de Mexicali provocados por el revestimiento del Canal Todo Americano. *Revista Mexicana de Agronegocios*, XI(21), pp. 359-374.
- Svendsen, M., Wester, P. & Molle, F., 2005. *Managing River Basins: An Institutional Perspective*. Wallingford (Reino Unido)/Colombo (Sri Lanka)/Cambridge (Massachusetts): CABI Publishing.
- Torres, B., 2011. La calidad en el manejo de las aguas compartidas en la frontera norte de México. In: A. Embid & J. Domínguez, eds. *La calidad de las aguas y su regulación jurídica*. Madrid: Portal Derecho S. A., p. 417.
- Vargas, S. & Mollard, E., 2005. *Problemas Socio-Ambientales y Experiencias Organizativas en las cuencas de México*. Primera edición ed. Jiutepec, Morelos: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
- Venegas, F. R., 2006. Physical and Features of the Colorado River. In: V. Sánchez, ed. *The U.S.-Mexican Border Environment*. San Diego California: San Diego State University Press, pp. 1-19.

[Regresar al índice](#)

Universidad Pablo de Olavide
^a mmarbma@upo.es, ^b laurariesgo@upo.es

ABSTRACT

This paper analyses and compares the sustainability of the water plans in the Spanish River basins, according to the objectives of the Water Framework Directive. Even though the concept of sustainability has been traditionally associated with the triple bottom line framework, composed by economic, environmental and social dimensions, in this paper sustainability has been enlarged by including governance and participation aspects. Two multicriteria decision analysis approaches are proposed to aggregate the sustainability dimensions. By using these methodological approaches stakeholders participated in the evaluation process. Results show a classification of the Spanish basins according to their sustainability and the performance of each basin in each particular dimension.

Keywords: Sustainability, Water Framework Directive, Integral Water Management, Multicriteria Decision Analysis.

1. INTRODUCTION

A modern water management system must not only be effective to provide water security but sustainable, accomplishing the economic progress with social development and the conservation of habitats and ecosystems. The Water Framework Directive (WFD) – Directive 2000/60/CE – and the introduction of River basin districts may help to fulfil such objectives. River basin districts are hydrological units selected on the basis of the spatial catchment area of the river, and not accordingly with any administrative or political boundary. Spain has a wide tradition in water management through river basin districts called Basin Water Agencies (BWAs), being operative since 1920. BWAs play an important role in water planning, resource management and land use, protection of public water domain, management of water use rights, water quality control, planning and execution of new water infrastructure, dam safety programs, etc.

The WFD also sets out clear deadlines for each of the requirements. The Water Administration Agencies from the Member States have to report each issue to European Commission on time, being 2015 a relevant date in the WFD implementation. Thus, the first management plan (River Basin Management Plan 2009-2015) finalised and the second management plan (River Basin Management Plan 2015-2021) and the First Flood Risk Management Plan have just started.

Since the first River Basin Management Plan has finalised quite recently, it is of particular interest analysing the sustainability of Spanish BWAs in water management and their contribution to fulfil the WFD objectives.

The Spanish legislation has been modified in order to meet the requirements of the WFD on water planning. As a consequence, water demand satisfaction has to be compatible with the achievement of good status of surface and groundwater. Hydrological planning is the legal instrument used for that, being its objective to get the good status and an adequate protection of water bodies in river basins, satisfying the water demands and the harmonization of both regional and sectoral

development (Article 40 of the Spanish Water Law). Thus, hydrological planning will be guided by sustainability criteria in water use through an integrated management and long-term protection of water resources; prevention of deterioration of water status, protection and improvement of the aquatic ecosystems and reduction of pollution and mitigation of the effects of floods and droughts. The mandatory content of the river basin management plans can be found in the Article 42 of the Spanish Water Law.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1. Material

The main Spanish BWAs exceed a single region, being called as inter-basin water agencies (IBWAs). We can distinguish ten different IBWAs in Spain, such as Western and Eastern Cantabrian (Cantábrico oriental y occidental), Minho-Sil (Miño-Sil), Douro (Duero), Tagus (Tajo), Guadiana, Guadalquivir, Segura, Jucar and Ebro. In addition, there are minor basins comprised in one single region, and called inter-basin water agencies, such as Galicia coast, Andalusian Mediterranean Basin, Tinto, Odiel and Piedras, Guadalete and Barbate, inland basins of Catalonia, Balearic Islands and Canary Islands.

This paper is focused on the analysis of the sustainability of the integral water management in IBWAs, accounting for 87% of the Spanish area and 64% of population.

The main characteristics of the inter-basins under study are summarized in Table 1.

Table 1. Main characteristics of the Spanish inter-basins

River Basin	Area (km²)	Area over Spain (%)	Population (no. of inhabitants)	Population over Spain (%)	Number of regions in Spain
Western Cantabrian	19,002	3.8	1,656,626	3.6	5
Eastern Cantabrian	6,405	1.3	1,297,494	2.8	3
Minho-Sil	17,619	3.5	825,851	1.8	3
Douro	78,859	15.6	2,222,532	4.8	8
Ebro	85,569	16.9	3,226,921	6.9	9
Tagus	55,781	11.1	7,273,871	15.6	5
Jucar	42,851	8.5	5,178,000	11.1	4
Guadiana	55,527	11.0	1,443,707	3.1	3
Guadalquivir	57,527	11.4	4,480,321	9.6	4
Segura	20,234	4.0	1,884,220	4.3	4

2.2. Methods

Within the MCDA methodology, this paper assesses the sustainability of IBWA. As it has been mentioned above, in this paper, sustainability is assessed by considering the traditional economic, environmental and social dimensions (TBL), but also governance and participation. Each of the sustainability dimensions has been analysed using a number of indicators. In a second step, the relative importance of indicators and criteria is assessed through the AHP. Later, the IWBA are classified in a ranking in terms of their sustainability according to the TOPSIS model (see Figure 1). In summary, MCDA allows us to aggregate the performance of each attribute in each dimension, and afterwards to get a sustainability measure on the basis of the aggregation of each dimension.

Figure 1. Outline of the methodological approach

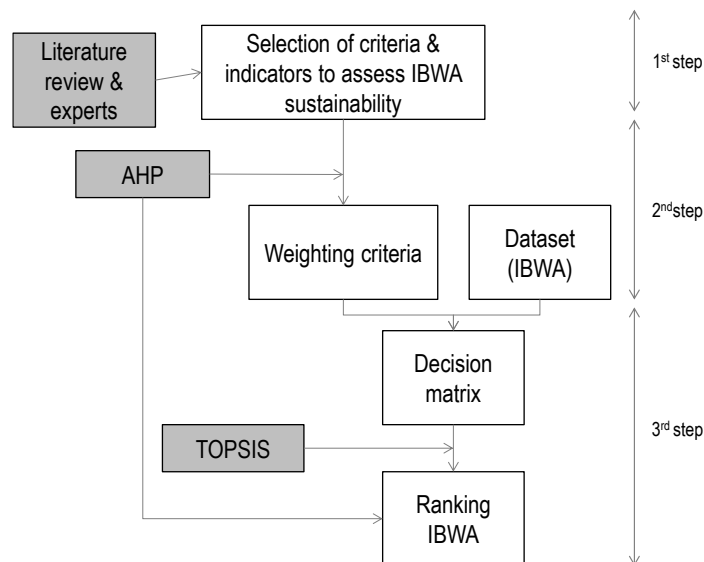


Table 2 shows the dimensions/criteria and indicators selected to assess BWA sustainability.

Table 2. Dimensions and indicators to assess the sustainability of BWA.

Dimension/Criterion	Indicators
Economic	Ratio of cost recovery for water services.
	Water productivity, measured as the ratio between the gross values added of economic sectors (GVA) and the volume of water supplied to each sector.
	Budget limits, measured as the maximum expenditure in investments.
Environmental	Water stress, measured as the ratio of the volume of water consumed and existing water resources in the basin.

	Number of measures aimed at achieving environmental objectives.
	Efficiency: losses in distribution infrastructures.
	Reused water volume in the total amount of water supplied.
Social	Additional population served over the resident population in the basin.
	Number of measures aimed at satisfying demands.
	Employment relative to the volume of water supplied in the basin.
Governance and participation	Number of measures to improve governance.
	Number of administrations involved in the management, implementation and / or financing measures.
	Number of initiatives to encourage active participation of the public.

The selection of indicators in each dimension has been based on both a literature review and the expertise of a panel of experts.

The economic dimension is measured through three indicators:

1. Ratio of cost recovery for water services. The concept of cost recovery appears in the WFD (Article 9) in the sense that Member States shall take account such principle, including environmental and resource costs, having regard to the economic analysis and in accordance in particular with the polluter pays principle. Member States shall report in the river basin management plans the steps towards implementing the recovery of the costs of water services. Taking into account the WFD, the ratio of cost recovery is calculated as the ratio between revenues and costs for water services, including financial, environmental and resource costs. An estimation of the cost recovery ratio of the financial cost related to water services can be found in Borrego-Marín (2016). Environmental costs are related to the externalities that occur mainly in water extraction processes and discharge when affecting other users or ecosystems. Resource costs refer to the value of water scarcity. More information about environmental and resource cost in the context of the European WFD can be found in Borrego-Marín (2016). The higher the ratio of cost recovery the higher the economic sustainability of the BWA.
2. Water productivity, measured as the ratio between the gross value added (GVA) of economic sectors and the volume of water supplied to each sector. More information about the estimation of water productivity values can be found in Martín-Ortega, 2008. The higher the water productivity the higher the economic sustainability of the BWA.
3. Budget limits, measured as the maximum expenditure in water investments. Due to the economic crisis in Spain, the IBWAs have limited their budget for investments. This may have an impact on the measures needed to achieve the objectives of the WFD. The lower the budget limits the higher the economic sustainability of the BWA.

The environmental dimension is assessed on the basis four indicators:

1. Water stress, measured as the ratio of the volume of water consumed and existing water resources in the basin. Water stress is an increasingly phenomenon that causes deterioration of fresh water resources in terms of quantity (overexploited aquifers, dry rivers, and polluted lakes) and quality (eutrophication, organic matter pollution, saline intrusion). It happens when water demand is greater than the available amount during a certain time or

when it is restricted by its low quality period. The lower the water stress the higher the environmental sustainability of the BWA.

2. Number of measures aimed at achieving environmental objectives. The main environmental objective established in the WFD is to achieve good status of water bodies. To do this, the BWA establish measures to prevent or mitigate the punctual and diffuse pollution and to involve hydrological and environmental restoration of the basin. The higher the number of measures aimed at achieving environmental objectives the higher the environmental sustainability of the BWA.
3. Efficiency measured as losses in distribution infrastructures. Once captured, the water must be transported to the point of purification, to then be stored in tanks from which the distribution infrastructures is supplied to the points of domestic, agricultural or industrial supply, which one used, it is evacuated. The main technical problem of water distribution infrastructures is the volume of losses due to deterioration. The lower the losses in distribution infrastructures are the higher the environmental sustainability of the BWA.

Recycled water volume in the total amount of water supplied. Reusing wastewater is an increasingly practice in arid or semi-arid countries, where water resources are scarce. Today, these waters are considered as alternative water resources. The uses that can be given to recycled wastewater are many and varied: watering (crops, parks and gardens, cemeteries, greenbelts, golf, etc.), industrial reuse (cooling, boiler feed), non-potable urban uses (greenery, fire, sanitary, air conditioning, washing cars, watering streets, etc.), and others (aquaculture, livestock cleaning, snowmelt, construction, dust removal, etc.). The higher the recycled water volume the higher the environmental sustainability of the BWA.

The social dimension is measured using three indicators:

Additional population served over the resident population in the basin. In addition to the local population in the basin, the population can increase during certain seasonal periods for different reasons: work, holidays, etc. This indicator measures the capacity of the basin to meet this additional water demand. The higher the additional population served the higher the social sustainability of the BWA.

Number of measures aimed at satisfying demands. Economic sectors require water (and other resources) to develop their economic activities. The BWA provides a series of measures to be able to respond to this demand. The objectives of these measures are to increase the availability of resources through regulation and management infrastructures, encourage recycling and involve increases in use efficiency. The higher the number of measures aimed at satisfying demands the higher the social sustainability of the BWA.

Employment relative to the volume of water supplied in the basin. This indicator refers to employment on activities that require water resources for their economic development. The higher the employment ratio the higher the social sustainability of the BWA.

Finally governance and participation dimension is assessed using three indicators:

Number of measures to improve governance. The governance allows addressing the problems of resource management and territory through an integrated and systematic way. Clark (2013) examines the introduction of adaptive governance to water management in Thailand. The analysis shows the significant role that the new approach can play in resolving the underlying differences between stakeholders. The higher the number of measures to improve governance the higher the governance and participation sustainability of the BWA.

Number of administrations involved in management, implementation and/or financing of measures. Besides the BWA, other administrations and institutions are also involved in the development, implementation and financing of programs of measures. The higher the number of administrations the higher the governance and participation sustainability of the BWA.

Number of initiatives to encourage active participation of the public. These initiatives encourage the transparency and participation of stakeholders in both the decision-making and the planning process. Hedelin (2007) analyses two criteria based on the concepts of participation and integration. She notes that these concepts work as well-established dimensions of both sustainable development and management. The higher the number of initiatives the higher the governance and participation sustainability of the BWA.

The values of these indicators for each IBWA has been assessed using the information included in the IBWA management plans. Considering the indicators mentioned above, two multicriteria decision-making methods are used to assess the sustainability of IBWAs. More concretely, the Analytical Hierarchy Process (AHP) is used to get the importance of each dimension and each indicator in the sustainability of the IBWA, and later the Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) allows us to rank the IBWAs according to their sustainability.

The AHP method was created by Saaty (1980) as a structured but flexible technique for making decisions in a multi-criteria context. This method is based on dealing with complex decision problems using a hierarchical structure. Within this hierarchical structure, the relative importance or weightings (wk) of criteria or sub-criteria hanging on each node are obtained from pair-wise comparisons between them. In order to perform these pair-wise comparisons, a 1-9 scale is used.

Table 3. Table of relative scores.

Value of a_{jk}	Scale meaning
1	j and k are equally important
3	j is slightly more important than k
5	j is more important than k
7	j is strongly more important than k
9	j is absolutely more important than k
2, 4, 6, 8	Middle values of the above
reciprocal	$a_{jk}=1/a_{kj}$

For indicators weighting, we employed a panel of 25 experts in water management sustainability (university lecturers, members of agricultural research centres, civil servants in charge of water policy implementation, environmental associations and farmers).

Before aggregating priority scores, the consistency of respondents' pairwise choices is tested by means of the consistency ratio (CR) based on the eigenvalue method (Saaty, 2000). In this paper we consider only CR lower than 0.1 (Bozoki et al, 2008).

Once the weights of each dimension have been calculated, by considering the experts evaluation, another MCDA technique is applied in order to rank IBWA according to their sustainability. To do that, the TOPSIS is used. The principle behind the method is that the optimal alternative should have the shortest distance from the positive ideal solution and the furthest distance from the negative ideal solution. The positive and negative ideal solutions are artificial alternatives which are hypothesised by the decision-maker, based on the ideal solution for all criteria and the worst

solution which possesses the most inferior decision variables. Assuming every indicator has an increasing or decreasing scale, TOPSIS calculates the results by comparing Euclidean distances between the actual alternatives and the hypothesised ones.

3. RESULTS

The application of both MCDA techniques allows us to get classification of the Spanish IBWA according to their sustainability as well as the performance of each basin in every particular dimension of sustainability (i.e., economic, social, environmental, governance and participation). Table 4 shows the results of the application of the AHP method. First, we can see the weights for the sustainability dimensions according to the preferences of the group of experts. The environmental dimension is playing the most important role in the whole sustainability (40%), followed by both the economic and social criteria (25%). The dimension of governance and participation is the least important for sustainability (11%) according to the panel of experts.

Table 4. Normalised weights for dimensions/criteria and indicators

Dimensions		Indicators	
Economic	0.246	Ratio of cost recovery	0.471
		Water productivity	0.313
		Budget limits	0.216
Environmental	0.402	Water stress	0.380
		Number of measures of environmental objectives	0.358
		Efficiency: losses in distribution infrastructures	0.133
		Reused water	0.128
Social	0.246	Additional population served	0.236
		Number of measures aimed at satisfying demands	0.394
		Employment	0.370
Governance and Participation	0.106	Number of measures to improve governance	0.434
		Number of administrations	0.247
		Number of initiatives	0.319

Considering these weights, the overall sustainability level of IBWA can be assessed through TOPSIS. Table 5 shows the ranking of the Spanish IBWA according to their sustainability in the water plans. The river basin with the highest sustainability is Western Cantabrian, followed by

Eastern Cantabrian and Tagus. By contrast, Minho-Sil, Jucar and Douro are the least sustainable basins.

Table 5. Global sustainability of IWBA

IBWA	Sustainability (Ci)	Ranking
Western Cantabrian	0.602	1
Eastern Cantabrian	0.530	2
Tagus	0.513	3
Ebro	0.482	4
Guadalquivir	0.410	5
Segura	0.397	6
Guadiana	0.383	7
Minho-Sil	0.376	8
Jucar	0.353	9
Douro	0.277	10

When analysing separately the dimensions of the sustainability (i.e. economic, environmental, social and governance and participation dimensions) for each IBWA, we obtained the results in Table 6.

Table 6. Ranking of sustainability by dimensions of IWBA.

IBWA	Economic		Environmental		Social		Governance	
Western Cantabrian	0.460	2	0.593	3	0.521	2	0.068	10
Eastern Cantabrian	0.677	1	0.562	6	0.713	1	0.224	7
Tagus	0.441	3	0.604	2	0.452	3	0.335	4
Ebro	0.360	5	0.431	8	0.265	6	0.561	1
Guadalquivir	0.311	7	0.575	5	0.234	7	0.116	9
Segura	0.148	10	0.385	9	0.439	4	0.511	2
Guadiana	0.319	6	0.525	7	0.016	10	0.237	6

Minho-Sil	0.311	8	0.610	1	0.343	5	0.399	3
Jucar	0.376	4	0.271	10	0.138	9	0.315	5
Douro	0.308	9	0.585	4	0.197	8	0.137	8

The basin with the greatest economic sustainability is the Eastern Cantabrian river basin, following by the Western Cantabrian basins. In this case, the Douro and the Minho-Sil are still in the last places of the ranking, and therefore shows the least economic sustainability.

Regarding the environmental sustainability, the dimension with the largest importance in river basin sustainability, we can see that the Minho-Sil is the basin with the greatest environmental sustainability, followed by Tagus.

In this case of social dimension of sustainability, Eastern Cantabrian is in the first position, followed by Western Cantabrian and Tagus. The lasts are Jucar and Guadiana, having the last one a significant distance with the others.

Finally, analysing the dimension of governance and participation, which has the lower weight in sustainability, we can see that Ebro is the most sustainable basin, followed by Segura and Minho-Sil. By contrast, Guadalquivir and Western Cantabrian show the lowest sustainability in governance and participation.

4. CONCLUDING REMARKS

This paper contributes to analyse the dimensions that may be enhanced to improve Basin's sustainability in order to fulfil the objectives and requirements set by the WFD on basin management, and consequently may be a starting point to improve water management sustainability in the following planning cycles.

The river basins of Minho-Sil, Jucar and Douro are the least sustainable in the integral water plans. Such results on sustainability can be improved following different strategies depending on the river basin analysed. Douro, the river with the lowest sustainability, may improve in most of the dimensions (i.e. economic, social and governance and participation), whereas it is well positioned on the environmental criterion. In the case of the Jucar basin, it may be focused on environmental and social aspects, in order to improve its sustainability. Since environment is the dimension with the highest importance in global sustainability, Jucar may decrease the water stress or raise the number of measures aimed at achieving environmental objectives, since these two indicators show the highest contribution to environmental sustainability. Finally, Minho-Sil may raise mainly its economic and social dimensions. It has a good position on environmental and governance and participation aspects, but it needs to improve mainly on the economic dimension.

Not only basins positioned in the last places may improve their sustainability, but the rest, since the maximum score is 0.677. The Western Cantabrian river basin is in the first position on sustainability of river basins, however it has the lowest score in governance and participation. It may make progress in at least in this dimension in order to improve. The same strategy should be followed by the Eastern Cantabrian. Tagus is the most stable river basin in all the dimensions of the sustainability, but there is still room for improvement, especially on governance and participation of stakeholders in decision making.

Future research on this topic might analyse what happen with the sustainability in each water use provide in the Article 9.1 of WFD: agricultural, domestic and industrial. Potential follow up studies might also evaluate the sustainability of the different water services as provided in Article 2.38 of WFD, such as abstraction, storage and distribution of water, and collection and treatment of used

water. River basin planning may include more information on these issues in order to allow us to refine the analysis of the sustainability.

5. REFERENCES

- [1] European Union. Directive 2000/60/EC. European Union: Brussels, Belgium, 2000.
- [2] Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA). Real Decreto 1/2016, de 8 de enero por el que se aprueba la revisión de los Planes Hidrológicos de las demarcaciones hidrográficas del Cantábrico Occidental, Guadalquivir, Ceuta, Melilla, Segura y Júcar, y de la parte española de las demarcaciones hidrográficas del Cantábrico Oriental, Miño-Sil, Duero, Tago, Guadiana y Ebro; MAGRAMA: Madrid, Spain, 2016.
- [3] Srinivasa-Raju, K., Duckstein, L., Arondel, C.. Multicriterion analysis of sustainable water resources planning: a case study in Spain. *Water Resources Management*, 2000, 14(6), 435:456.
- [4] Jaber J.O.; Mohsen, M. Evaluation of non-conventional water resources supply in Jordan. *Desalination*. 2002, 136, 83:92.
- [5] Hajkowicz, S.; Collins, K. A review of multiple criteria analysis for water resource planning and management. . *Water Resour. Manag.* 2007, 21(9), 1553:1566.
- [6] Martín-Ortega, J.; Giannocaro, G.; Berbel, J. Environmental and resource cost under water scarcity conditions: an estimation in the context of the European Water Framework Directive. *Water Resour. Manag.* 2007, 25(6), 1615:1633.
- [7] Freiras, Antonio H.A.; Magrini, A. Multi-criteria decision-making to support sustainable water management in a mining complex in Brazil. *Journal of Cleaner Production*. 2013, 47, 118:128.
- [8] Da Cruz, N.F.; Marques, R. A multi-criteria model to determine the sustainability level of water services. *Water Asset Management International*. 2016, 9(3), 16:20.
- [9] Rui Cunha Marques; Nuno Ferreira da Cruz; Joao Pires. Measuring the sustainability of urban water services. *Environmental Science and Policy*. 2015, 54, 142:151.
- [10] Tripple Bottom Line Reporting of Sustainable Water Utility Performance. AWWA Research Foundation and CSIRO Land and Water, Australia Capital Territory, 2007.
- [11] Indicator of Sustainable Development. Guidelines and Methodologies. United Nations Commission for Sustainable Development, New York, USA, 2001.
- [12] Sustainability Criteria for Water Resource Systems. ASCE Task Committee on Sustainability Criteria and the Working Group of UNESCO/IHP IV Project M-4.3, Reston, Virginia, USA, 1998.
- [13] Borrego-Marín, M.M.; Gutiérrez-Martín, C.; Berbel, J. Estimation of cost recovery ratio for water services based on the System of Environmental-Economic Accounting for water. *Water Resour. Manag.* 2016, 30, 767:783.
- [14] Borrego-Marín, M.M.; Gutiérrez-Martín, C.; Berbel, J. Water productivity under drought conditions estimated using SEEA-Water. *Water*. 2016, 8, 138.
- [15] Martín-Ortega, J.; Berbel, J.; Mesa, P. Multicriteria analysis of water management under the Water Framework Directive. *Agricultural Economics and Natural Resources*. 2008, 8(2), 105:126.
- [16] Clark, J.R.A.; Semmahasak, C. Evaluating Adaptive Governance Approaches to Sustainable Water Management in North-West Thailand. *Environmental Management*. 2013, 51(4), 882:896.
- [17] Hedelin, B. Criteria for the Assessment of Sustainable Water Management. *Environmental Management*. 2007, 39(2), 151:163.

- [18] Saaty, T.L. The Analytic Hierachy Process. McGraw-Hill: Nueva York, USA, 1980.
- [19] Forman, E.; Peniwati, K. Aggregating individual judgments and priorities with the Analytic Hierarchy Process. *Eur. J. Oper. Res.* 1998, 108, 165:169.
- [20] Whitmarsh D.; Palmieri MG. Social acceptability of marine aquaculture: the use of survey based methods for eliciting public and stakeholder preferences. *Mar. Policy.* 2009, 33:452.
- [21] Saaty, T.L. ; Vargas L.G. Models, methods, concepts and applications of the analytic hierarchy process. Boston: Kluwer, 2000.
- [22] Bozoki S.; Rapcsak T. Saaty's and Koczkodaj's inconsistencies of pairwise comparison matrices. *J. Glob. Optim.* 2008, 42(2):157.
- [23] Gallego-Ayala, J. Selecting irrigation water pricing alternative using a multi-methodological approach. *Math. Computer Mod.* 2012, 55(3-4), 861:883.
- [24] Behzadian, M., Otaghsara, S.K., Yazdani, M., & Ignatius, J. A state-of the-art survey of TOPSIS applications. *Expert Syst. Applic.* 2012, 39, 13051:13069.

Extenso ID: 338. Froilán Esquinca Cano. ECOREGIONES PRIORITARIAS Y GESTIÓN POR CUENCAS PARA LA ADAPTACIÓN BASADA EN ECOSISTEMAS (AbE) EN EL SOCONUSCO, CHIAPAS, MÉXICO.

[Regresar al índice](#)

¹ Jefe de investigación de la Secretaria de Medio Ambiente e Historia Natural del Gobierno del Estado de Chiapas, Tuxtla Gutierrez, Chiapas, soconusco@hotmail.com.

RESUMEN

La Ecoregión Sierra-Costa de Chiapas presenta una complejidad por la dinámica de ecosistemas y cuencas, único en el país, por ello en la construcción de los procesos donde interviene el hombre y el desarrollo de sus actividades agrícolas, pecuarias, pesqueras y de transformación, así como las estructuras y manejo de equipamiento que genera impactos a los ecosistemas y la implementación de modelos económicos no aptos para los trópicos húmedos y su desarrollo local da pauta a que se degraden los ecosistemas (bosques, selvas y manglares). El establecimiento de proyectos que implementen la participación local por conducto de estructuras participativas como las microcuencas y determinen las reglas de gestión que incidan en políticas públicas han determinado que en Chiapas se hayan constituido Comités de Cuenca locales, por lo cual el proyecto de Cuencas Compartidas desarrollado por la UICN con la Sociedad de Historia Natural del Soconusco promovió que en conjunto con los comités de cuenca de los ríos Lagartero, Zanatenco y Coapa incidieran en la Ley de Aguas Nacionales modificada en 2004 para que se les reconociera. Así mismo, las herramientas de políticas y concurrencia de esfuerzos a partir del enfoque de la adaptación basada en ecosistemas determina la valoración de los bienes y servicios por ello el Proyecto Tacana, Cahoacan y el Proyecto AVE (Adaptación, Vulnerabilidad y Ecosistemas) incluyen el proceso que aquí se presenta y así mismo, la posibilidad de la construcción de los Comités de Cuenca del Coatlán que fue determinante ante los embates del Huracán Stan y su réplica en el Comité de Cuenca del Río Cahoacán (Esquinca, 2015). La importancia del trabajo es reflejar la trascendencia de los niveles de gestión por cuenca en su mínima expresión participativa en la microcuenca, la implementación de estrategias de gestión participativa y de construcción de proyectos de desarrollo sustentable y de valoración de servicios ecosistémicos, finalmente se establecen criterios y propuestas ante el cambio climático para la identificación de medidas de adaptación basada en ecosistemas planteado por la UICN y PNUMA en 2012 y presentado en el Foro Mundial por la Naturaleza en Jeju, Corea 2015.

Palabras clave: Comité de Cuenca, Gestión participativa por microcuencas, Servicios Ecosistémicos, vulnerabilidad.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo, comprende un análisis crítico conceptual y reflexiones de los procesos del manejo de cuencas en la Ecoregión Sierra Costa en el Estado de Chiapas; a partir de un estudio de caso existente en la región; El Proyecto: Manejo Integrado de Cuencas Asociadas al Volcán Tacaná; el cual forma parte de la Iniciativa de Agua y Naturaleza de la Unión Mundial por la Naturaleza (UICN), quien de acuerdo a Cartin M.,(2001) es considerado un proyecto de

demonstración en las cuencas asociadas al Volcán Tacaná, que combinó proyectos piloto basados en medios de vida con una gobernanza integrada y de abajo hacia arriba en la gestión de los recursos hídricos “ dicho proyecto se implementó en coordinación con el Consejo de Cuenca Costa de Chiapas, los Municipios de influencia de la región del Soconusco, y las entidades federales y estatales que concurren en este esfuerzo incluyendo la parte Guatemalteca, lo que en consideración a las relaciones de las comunidades y municipios han logrado establecer una coordinación protocolizada en un enfoque regional, como ejemplo de construcción de un diálogo binacional en el contexto del manejo de cuencas compartidas, lo cual sentó un precedente en la gestión nacional para la participación comunitaria en la gobernanza.

En este contexto, se resalta la importancia del papel de la sociedad local como parte de los procesos del manejo de cuencas, en la gestión de los recursos naturales y el valor de una Ecoregión como la Sierra Costa, además de aportar elementos de análisis y divulgación de las metodologías, así como las perspectivas de manejo de ecosistemas y cuencas con la participación comunitaria y las autoridades locales, las cuales concurren con las estatales, federales y organismos locales, regionales o internacionales que vinculados al proceso cooperen en su instrumentación y operación. Dicho análisis como parte del trabajo pretende obtener lecciones valiosas en materia de participación social para la planificación de la Ecoregión Sierra-Costa y su manejo, así como la implementación de procesos de gestión.

Al respecto se parte del supuesto de que para incidir en el desarrollo sustentable y el buen manejo de un territorio, en donde interactúa lo natural y lo social, se requiere la construcción de procesos y esquemas de participación de los diferentes actores sociales locales, e institucionales.

En este contexto, se consideró importante, analizar detenidamente los procesos que en el estudio de caso, han tenido un mayor impacto y que han permitido mirar hacia el desarrollo sustentable, lo cual, por las condiciones de similitud geográfica de las cuencas hidrográficas y los ecosistemas que conforman la Sierra Madre de Chiapas, se consideran posible su réplica, siempre y cuando se tomen en cuenta las diferentes intereses, expectativas y conocimientos de la población local (actores sociales).

En este sentido, el trabajo propone identificar si es posible y deseable la replicabilidad de un modelo de manejo de ecosistemas, y adelantar los caminos que en este momento podrían permitir transitar hacia un desarrollo sustentable en nuevos proyectos de la ecoregión sierra costa.

MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo es un análisis crítico conceptual de procesos para el Manejo de Ecosistemas y Cuencas de la Eco-región Sierra Costa, a partir del Estudio de Caso: Proyecto Manejo de Cuencas Asociadas al Volcán Tacana en el Consejo de Cuenca Sierra Costa de Chiapas, considerando el Enfoque de Ecosistemas como un proceso de gestión del territorio efectivo, como un modelo piloto exitoso.

Dicho proyecto es uno de los ejemplos a nivel mundial de la Iniciativa del Agua y la Naturaleza de la UICN, cuyo valor agregado al manejo tradicional de cuencas hidrográficas es el de tener un enfoque de ecosistemas y el establecimiento de alianzas estratégicas que permiten una comunidad de trabajo de mediano y largo plazo (Esquinca C., et al en Sánchez J, Jarquin R, 2004).

Se estableció un calendario de análisis amplio de revisión documental sobre los diferentes enfoques para el manejo de ecosistemas y cuencas en la Eco-región Sierra Costa desde el año 2001 al 2013.

Elección de estudio de caso; La elección como caso de estudio del Proyecto: Manejo integrado de cuencas asociadas al Volcán Tacaná, además de la importancia descrita en los párrafos anteriores, obedeció a los siguientes criterios; su ubicación geográfica como parte de la Ecoregión Sierra-Costa, contar con un carácter binacional que permite intercambiar experiencias desde la comunidad hasta los gobiernos locales, y la aplicación del enfoque de ecosistemas y la gestión de cuencas, lo que permitió analizar los procesos de participación local, la vinculación interinstitucional, y el manejo integrado de los ecosistemas y los recursos hídricos.

Otro criterio importante fue el conocimiento de la UICN, y de la Sociedad de Historia Natural del Soconusco, organización local que forma parte importante de la implementación del proyecto, objeto de estudio de caso.

RESULTADOS

Capítulo 1.- Las bases de la gestión de cuencas a nivel local, en la Eco-región Sierra Costa de Chiapas.

A partir de la revisión documental y de experiencias y reflexiones propias, se destaca de manera general la situación de los principales procesos de construcción de la gestión de cuencas, las orientaciones sobre el desarrollo de los principales esfuerzos, las acciones sobre el manejo de los recursos agua, flora, fauna y el papel central del agua. Asimismo, se destacan los contenidos de discusión en el mundo y su evolución sobre la gestión de cuencas, el debate de su aplicación, las principales recomendación para su inserción en la política pública y su implementación.

Capítulo 2.- La construcción de las Áreas Naturales Protegidas y su importancia en la gestión de las cuencas en la Ecoregión Sierra Costa.

Se enfatiza el papel de la gestión de ecosistemas que representan las Áreas Naturales Protegidas decretadas en los últimos 25 años y que juegan un rol fundamental en la dinámica de los mismos y los servicios a la sociedad. Así mismo, se establece el marco de referencia con base a los ecosistemas, entendiendo la construcción de la Bioregión y de la Ecoregión Sierra-Costa y sus cuencas, que administrativamente se encuentra representada en el sector hidráulico por una unidad de planeación denominada Consejo de Cuenca de la Sierra-Costa de Chiapas, siendo la única en este contexto a nivel nacional con una compleja interdependencia entre cuencas altas, media y baja.

Capítulo 3.- Una revisión a diferentes aproximaciones sobre los enfoques del manejo integrado de ecosistemas en la Ecoregión Sierra-Costa de Chiapas.

Con base a los antecedentes y análisis sobre los enfoques del manejo integrado de ecosistemas en la Ecoregión Sierra-Costa, y haciendo un corte en el conjunto de ecosistemas y cuencas se enfatiza sobre las diferentes experiencias de la ecoregión, que permiten, la replicabilidad del modelo hacia otras áreas de la misma ecoregión, a efecto de transferir y monitorear participativamente las experiencias ahí encontradas.

Capítulo 4. Análisis del Estudio de Caso: Proyecto: Manejo Integrado de Cuencas Asociadas al Volcán Tacaná.

Desde el año 2000, el Volcán Tacaná y las cuencas hidrográficas asociadas a éste conforman un sitio piloto de la Iniciativa del Agua y la Naturaleza (WANI- por sus siglas en inglés) de la Unión Mundial por la Naturaleza (UICN), agrupando diversos sectores y aliados estratégicos para las acciones de conservación y desarrollo de esta zona de la región mesoamericana. El decreto del

Volcán Tacaná como Zona Sujeta a Conservación Ecológica en el año 2000 a nivel estatal y con el acuerdo de construir una reserva compartida, lo cual permitió una relación positiva entre las áreas de conservación de ambos países y que posteriormente como Reserva de la Biósfera en 2003 estuvo también asociado con el inicio del proyecto “Manejo Integrado de las Cuencas Asociadas al Volcán Tacaná” (Proyecto Tacaná 2004-2007) de la UICN en coordinación con la Sociedad de Historia Natural del Soconusco y el apoyo financiero de la Fundación Gonzalo Río Arronte, I.A.P. en su primera etapa.

Dicho proyecto elegido como estudio de caso, dio inicio con acciones que han permitido empoderar a las comunidades y otros sectores en la toma de decisiones sobre gestión integral de recursos hídricos (GIRH). Durante las diferentes etapas de WANI, se han aprendido diversas lecciones que permitirán

eleva el nivel de atención para una mejor gestión de cuencas, dando un fuerte énfasis a la participación de los actores locales. Las instituciones que han estado involucrados en todo el proceso son la UICN, la Comisión Nacional de Áreas Protegidas Naturales (CONANP) de México, el Ministerio de Recursos Naturales y Medio Ambiente de Guatemala (MARN), la Sociedad de Historia Natural del Soconusco de Chiapas (SNHS) y la Asociación para el Rescate y Manejo Ambiental de Guatemala (ARMSA) . La Fundación Gonzalo Río Arronte e instituciones gubernamentales de los tres órdenes de Gobierno.

DISCUSION Y CONCLUSIONES

Se exponen las principales conclusiones y reflexiones derivadas del análisis conceptual, como un aporte en materia de participación social del papel e importancia de la participación de actores e instituciones locales, como insumos para el manejo integrado de cuencas y el desarrollo sustentable de la Ecoregión Sierra-Costa de Chiapas, reconociendo que los ecosistemas y la biodiversidad son críticos para la misma y que la articulación de políticas públicas con enfoque de concurrencia territorial y responsabilidad ambiental de forma participativa es una propuesta congruente de planeación del territorio para la sustentabilidad y la adaptación al cambio climático a partir del enfoque de ecosistemas y cuencas.

Así mismo, la fortaleza que imprime la alianza estratégica entre organismos de la sociedad civil e internacionales que coadyuvan a implementar un proyecto de alcances globales por sus objetivos, pero de impactos locales por sus acuerdos participativos, la gestión con gobiernos locales y la concurrencia efectiva del gobierno federal y el gobierno estatal, permite demostrar que los recursos son suficientes y sustentables si se logran afianzar los recursos humanos , las áreas de restauración, reconversión y reforestación como una nueva fórmula de sustentabilidad de los bienes y servicios que brindan los ecosistemas locales, regionales y sus efectos globales.

Es posible reconocer que se tiene un proceso, inédito en el país, poco referido en el mundo, con enormes posibilidades de ser un ejemplo nacional que puede generar experiencias y lecciones de los cambios y la concurrencia para fortalecer entre la federación, el estado y los municipios el ordenamiento y la gestión del territorio sin contraindicar las posiciones del manejo, la conservación e incluso determinar los escenarios de restauración del paisaje con base al enfoque de adaptación con base a ecosistemas .(UICN, Foro Mundial por la Naturaleza, realizado en Jeju, Corea del Sur, Octubre 2012.

Con respecto a lo social y los servicios que se requieren en esta ecoregión son y deben ser ampliamente consultados y consensuados para que los impactos que se han venido generando, especialmente por la infraestructura sean mínimos y si ya se hizo previamente la visita que

determina el tipo de intervención y los cuidados que se deben de garantizar, a esto se le denomina estudio de impacto, riesgo e incluso que determine el suelo y sus características, hasta las Evaluaciones Ambientales Estratégicas.

Hay una necesidad de vincular grupos de éstos en el ambiente urbano y periurbano para crear conciencia sobre el uso de los recursos y la distribución de elementos y responsabilidades de reducción de riesgo de desastres. Por ello, es evidente que requiere considerarse, en el fondo de los proyectos del Coatán y Cahoacán, la inserción estratégica de grupos urbanos que cumplan las funciones de observatorios ciudadanos y fomenten la incorporación de actores clave en el Comité de Cuenca y su incidencia como gestores ante autoridades de diverso órganos de gobierno, así como vinculantes con el sector rural y productivo que valoren los bienes y servicios de los ecosistemas y la mitigación del riesgo, así es factible hacer cumplir los ordenamientos del territorio, sobre todo, el urbano.

AGRADECIMIENTOS

Al Proyecto Manejo integrado de cuencas asociadas al Volcán Tacaná realizado por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza que se ejecutó bajo el patrocinio de la Fundación Gonzalo Río Arronte IAP y apoyos de la Sociedad de Historia Natural del Soconusco AC.

Al Proyecto Manejo de la Cuenca del Río Cahoacán, Chiapas, México a través de la restauración y conservación de microcuencas para prevenir daños causados por el exceso de agua, realizado por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza que se ejecutó bajo el patrocinio de la Fundación Gonzalo Río Arronte IAP y apoyos de la Sociedad de Historia Natural del Soconusco AC.

LITERATURA CITADA.

- Agenda Ecológica Federal. (2009) Ediciones Fiscales ISEF. XXIX Instrumentos Jurídicos.
- Andrade, P, A, (2004), Lineamientos para la Aplicación del Enfoque Ecosistémico a la gestión Integral del recurso Hídrico, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente – PNUMA, México, 103 pp.
- Arana, Vladimir A., (2006); Enfoque y Análisis Ecoregional. Reabriendo la Discusión. (Consortio para el Desarrollo Sostenible de la Ecoregión Andina) CONDESAN-CGIAR.
- Arellano M. José, López M. Jaime (coordinadores), (2004).3er. Seminario sobre Manejo y Conservación del Suelo y Agua en Chiapas: Manejo integral de Cuencas- INIFAP, Consejo Consultivo del Agua, A.C. The Nature Conservancy. Págs.; 19-24,
- Chiapas, México.
- Arriaga Cabrera L., V. Aguilar Sierra y J. Alcocer Durand. 2000 Aguas Continentales y Diversidad Biológica de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.Pp.1-327
- Breedlove Dennis E., (1986). Listados Florísticos de México IV. Flora de Chiapas. Instituto de Biología/UNAM/ California Academy of Sciences de San Francisco, California. México, D.F. Pp: 1-246.

- Bruce A. Lankford, Douglas J. Merrey, Julien Cour and Nick Hepworth, (2007), Research Report 110. From Integrated to Expedient: An Adaptive Framework for River Basin Management in Developing Countries. International Water Management Institute, Colombo, Sri Lanka, 37, pp.
- CONAGUA, (2012) Programa Hídrico Regional Visión (2030), Región hidrológica-administrativa XI Frontera Sur. Editorial SEMARNAT. México. Pp.206. ISBN: 978-607-7908-79-1
- CONANP-PNUD-MIE, (2007). Miecoregión Chinantla. Órgano Informativo del Proyecto Manejo integrado de Ecosistemas en Tres Ecoregiones Prioritarias (MIE), Año 2, Núm., 7, México, D.F.
- Delgado, G. C. et al Coordinadores (2010.)
- México ante el Cambio Climático: Retos y Oportunidades, 2010. Centro Ciencias de la Atmósfera- UNAM- PUMA – Colección del Mundo Actual. Situación y Alternativas. 1ª Ed., México, 240 Pp. ISBN: 978-607 02-1879 -8.
- Dourojeanni, Axel y Andrei, Jourvlev. 2002. Crisis de gobernabilidad en la gestión del agua. No. 35. Serie Recursos Naturales e Infraestructura. CEPAL. Santiago de Chile.
- El Estudio de Desarrollo Integral de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural de la Región del Soconusco (Distrito de Desarrollo Rural No. 8, Tapachula) en Chiapas (1999). Texto Principal, Reporte Final. Pacific Consultants International Naigai Engineering Co., Ltd. Estados Unidos Mexicanos.
- Esquinca, C. F., C, Reyes, R, Córdoba Muñoz, O. Palomeque Cisneros, O. Rivera Mazariegos (2003), la Importancia del Manejo Compartido de las Cuencas Asociadas al Volcán del Tacaná (Guatemala y México) especialmente para la Región del Soconusco. Senado de la República e Instituto de Investigaciones Jurídicas de la UNAM, 66pp.
- Esquinca, C.F., (2006), El Manejo Integrado de Ecosistemas, un Modelo en Construcción para la Conservación y Manejo Integrado de Cuencas, con la Participación de Comunidades y Gobiernos Locales. Seminario Interno Maestría en Desarrollo Regional y Medio Ambiente, Universidad Ibero Puebla.
- FAO, 2003. Declaración de Arequipa. III Congreso Latinoamericano de Manejo de Cuencas Hidrográficas. www.rlc.fao.org.
- Gobierno del Estado de Chiapas (1992). El Nuevo Chiapas Ecológico. Secretaría de Desarrollo Rural y Ecología. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.
- Guerrero, Eduardo; De Keizer; Otto; Córdoba, Rocío. (2006). La aplicación del Enfoque Ecosistémico en la Gestión de los Recursos Hídricos. UICN. Quito, Ecuador. 78 pp. (30-34 pc.); ISBN: 9978-44-918-3, ISBN: 978-9978-44-918-9.
- Guimarães R.P. (2001), Fundamentos territoriales y bioregionales de la planificación, CEPAL-ECLAC/ División de Medio Ambiente y Asentamientos Humano, 81 pp.

- Gobierno del Estado de Chiapas, (1995), Programa de Ecología, Recursos Naturales y Pesca 1995-2000. Pág.; 23, 26,27.
- Grethel Aguilar Rojas y Alejandro O. Iza (2006). Gobernanza de aguas compartidas; aspectos jurídicos e institucionales. Unión Mundial para la Naturaleza. Serie de Política y derecho ambiental No. 58. Moravia, Costa Rica; Pp.1-300. ISBN-10: 2-8317-0922-9, ISBN-13: 978- 2-8317-0922-2
- Harvey, C. A.; Sáenz M. J. (2008). Evaluación y conservación de biodiversidad en paisajes fragmentados de Mesoamérica., 1ª. Edición, Costa Rica., Instituto Nacional de Biodiversidad (INBIO), Págs.; 579-592.; ISBN 978-9968-927-29-1
- Helbig, C.1964.El Soconusco y su zona cafetalera. Instituto de Ciencias y Artes de Chiapas. Tuxtla Gutiérrez, 135p.
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, (2000). Diagnóstico Preliminar de las Cuencas Fronterizas Guatemala-México. Cuencas de los Ríos Suchiate, Coatlán, Cuilco, Selegua y Nentón. IICA/OEA.
- Kauffer M. Edith F. (2009). La Cuenca del Río Coatlán: Las Cuencas Hidrográficas de México. Entre inundaciones y escasez. Un escenario complejo para la cooperación
- México-Guatemala. <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/639/rcoatan.pdf>. Fecha de consulta: 22 de agosto de 2014.
- Kenton Miller, (1994).Balancing The Scales. IUCN. Rue Mauverney, Gland Switzerland.
- Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente. 2011.
- Libro del Agua de la Subregión Costa de Chiapas. Programa Hidráulico de Gran Visión 2001-2025. Gerencia Regional Frontera Sur, Subgerencia Regional de Programación.
- Lisle Thomas E., De la fuente Juan, Suárez Carlos, Hernández Alejandro, (2010).Perspectiva general de asuntos relacionados con El Manejo de las Cuencas de Chiapas; Informe de visita técnica, Junio de 2009. Servicio Forestal de los Estados Unidos, Agencia para el desarrollo Internacional de los Estados Unidos, The Nature Conservancy. Pag; 1-29.
- López, B., et al. (2011). Conectividad hídrica entre municipios, cuencas y Reserva de la Biosfera El Triunfo, Chiapas, México. SAGARPA, INIFAP, CFE, TNC, FONCET, A.C., México, D.F.; ISBN: 978-607-425622-2., 95p.
- Lucinda Mileham ... El cambio climático afectará la seguridad hídrica de los países en desarrollo..., Comunicado personal. Entrevista.
- Plan de Gestión Integral de la Cuenca del Río Cahoacán, Chiapas, México. Gobierno de Chiapas, CONAGUA, Comité de Cuenca del Río Cahoacán, SHNS, A.C., FGRA, I.A.P. 2010.

- Primer Encuentro de Investigadores de la Chinantla. Balance de acciones e intercambio de experiencias. Proyecto: Manejo Integrado de Ecosistemas en tres Ecoregiones Prioritarias. Ecoregión Chinantla, (2006). MEMORIA. PNUD-CONANP-GEF. Oaxaca, México.
- Richter, M. (ed.). 1993. Investigaciones ecogeográficas sobre la región del Soconusco, Chiapas. Centro de Investigaciones Ecológicas del Sureste. 117p.
- UICN, (2002). Diagnóstico Biofísico y Socioeconómico del Sitio Demostrativo de la “Iniciativa de Agua y Naturaleza” en las Cuencas Asociadas al Volcán Tacaná 164.
- UICN, (2003), Propuesta de Proyecto de las Cuencas Asociadas al Volcán Tacaná (Guatemala- México). Borrador Final Elaborado por Rocío Córdoba Muñoz (Equipo UICN-ORMA) y Froilán Esquinca Cano, (Equipó SHNS), Agosto 2003, San José, Costa Rica. 49 pp. Más anexos.

Extenso ID: 244. Laura Eneida Galván Benítez, Julieta Jujnovsky Orlandini, Alya Ramos Ramos-Elorduy, Marisa Mazari Hiriart Y Lucia Oralia Almeida Leñero. PROPUESTA para denominar a LA CUENCA DEL RÍO MAGDALENA de la ciudad de México COMO ÁREA NATURAL PROTEGIDA: ANÁLISIS Y RECUPERACIÓN DE LA EXPERIENCIA

[Regresar al índice](#)

^a Laboratorio de Ecosistemas de Montaña, Departamento de Ecología y Recursos Naturales, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad Universitaria, Coyoacán, Ciudad de México. 04510. México, e-mail: laura_eneida91@hotmail.com

^b Laboratorio Nacional de Ciencias de la Sostenibilidad, Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad Universitaria, Coyoacán, Ciudad de México. 04510. México, e-mail: mazari@unam.mx

RESUMEN

Las Áreas Naturales Protegidas (ANP) son la estrategia más utilizada para conservar la biodiversidad y los servicios ecosistémicos, además, actualmente se reconoce su importancia para enfrentar los impactos del cambio climático. La cuenca del río Magdalena (CRM) ubicada en la Ciudad de México se caracteriza por ser la fuente de agua superficial más importante para la ciudad, contar con una alta biodiversidad y brindar otros servicios ecosistémicos como la captura de carbono, debido a la amplia y buena condición de su cobertura forestal, además de ser un sitio recreativo por su belleza escénica. En contraste, la CRM se encuentra amenazada por la expansión urbana y su situación jurídica es poco clara. Por esta razón, se generó una propuesta para decretar a la CRM como ANP que contempló una revisión histórica sobre su estatus de conservación, la realización de un diagnóstico socio-ambiental basado en los requerimientos técnicos solicitados por las autoridades correspondientes y la inclusión de la perspectiva de la comunidad agraria La Magdalena Contreras Atlitic, propietarios de la mayor parte de la CRM, a través de talleres participativos. Los resultados indicaron que la CRM cuenta con las características necesarias para considerarse como ANP, así mismo se propusieron dos categorías: a) A nivel Federal, un Área de Protección de Recursos Naturales con una superficie potencial de 2,896 ha y b) A nivel local una Reserva Ecológica Comunitaria con una superficie potencial de 2,208 ha. Posteriormente se elaboró un Estudio Previo Justificativo y una guía para dar inicio a la gestión de una Reserva Ecológica Comunitaria que fue entregada a los representantes comunales, quienes son los actores sociales que pueden y deben llevar a cabo esta negociación. Esta es una propuesta para la conservación de una microcuenca fundamental para la Ciudad de México, en la cual se conciben beneficios a largo plazo para los actores locales. Sin embargo, hasta la fecha, aspectos sociales y políticos no han permitido su decreto, siendo variables que también deben tomarse en cuenta ante un proceso de gestión ambiental.

Palabras clave: *Servicios ecosistémicos, Magdalena Contreras Atlitic, Reserva Ecológica Comunitaria, Área de Protección de Recursos Naturales, talleres participativos*

1 INTRODUCCIÓN

El concepto de área protegida ha sido de suma importancia en todo el mundo para fomentar la conservación de la diversidad biológica y la preservación del paisaje natural incluyendo la participación y manejo de los actores sociales sobre sus recursos (Phillips, 2004). Hoy en día las Áreas Naturales Protegidas (ANP) en México son la estrategia más utilizada para la conservación de la biodiversidad y servicios ecosistémicos (Sarukhán *et al.*, 2009).

A partir del año 2012 las ANP han sido incluidas como estrategias fundamentales para la adaptación y mitigación al cambio climático, ya que son vistas como espacios donde convergen el manejo, la conservación y la restauración de diversos servicios ecosistémicos que benefician a la sociedad (CONANP, 2015). Este trabajo se desarrolló en la cuenca del río Magdalena (CRM), una microcuenca de la Ciudad de México ampliamente estudiada y de la cual se reconoce su relevancia ambiental por ubicarse en una de las ciudades más pobladas del mundo (Almeida *et al.*, 2007). Así mismo, múltiples trabajos han caracterizado su conformación socio-ambiental destacando la relación que existe entre los usuarios y dueños de la tierra con la CRM, principalmente con el río y el bosque (Acosta, 2001; Ávila- Akerberg, 2004; Ramos, 2008; Caro-Borrero, 2012).

Este trabajo se fundamenta en que las condiciones actuales de la CRM se encuentran amenazadas por el crecimiento desordenado de la mancha urbana y el establecimiento de asentamientos humanos irregulares que comprometen su integridad ecológica (Acosta, 2001; Cuadros, 2001; Fernández-Eguiarte *et al.*, 2002), además de tener una indefinición legal relacionada con la supuesta existencia de un área protegida dentro de la zona (Fernández, 1997; Ramos, 2008). Por lo cual, el objetivo fue proponer una categoría de ANP adecuada a las características socio-ambientales de la CRM y de acuerdo con su situación jurídica actual. Así mismo, en evaluar las categorías de manejo tanto de competencia Federal como local que permitan un análisis más amplio que logre identificar mayores beneficios tanto ambientales como sociales dentro en la CRM. A su vez, la propuesta se complementa al incorporar la perspectiva de los actores locales ante el establecimiento de un ANP, en este caso se trata de la comunidad agraria La Magdalena Contreras Atlitlic.

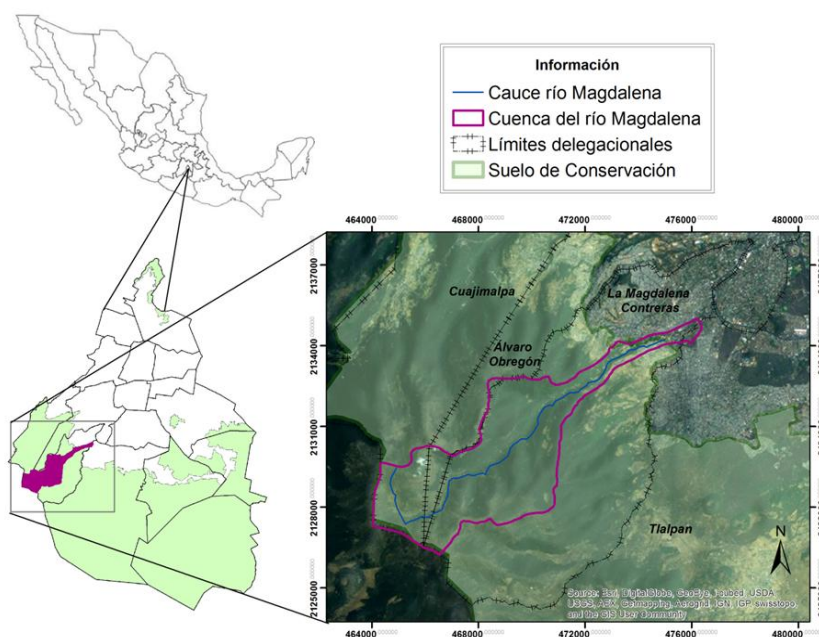
Finalmente, este trabajo se complementa con la recuperación de la experiencia tras dar a conocer la propuesta de ANP y el interés generado tanto en los actores sociales como en las autoridades locales para iniciar la gestión para decretar la CRM como ANP. Sin embargo, aspectos políticos y sociales no han permitido que se concrete, siendo factores que toman relevancia para ser analizados y considerados durante la planeación de estrategias de conservación, como en este caso fue un ANP.

2 MATERIALES Y MÉTODOS

Zona de estudio

La cuenca del río Magdalena (CRM) se ubica al suroeste de la Ciudad de México con una superficie aproximada de 2,925 ha (Ávila-Akerberg, 2002). Dicha extensión corresponde desde el parteaguas de la cuenca en la Sierra de las Cruces hasta el límite del suelo de conservación con el suelo urbano (Figura 1), abarca las delegaciones Cuajimalpa (17%), Álvaro Obregón (5%) y La Magdalena Contreras (78%) (Ávila-Akerberg, 2002). En realidad, se trata de una microcuenca perteneciente a la cuenca de México (CONAGUA, 2012). A pesar de ubicarse dentro de la ciudad más poblada del país, la CRM presenta características que permiten que sea considerada como un área prioritaria para su conservación (Jujnovsky *et al.*, 2013).

Figura 1. Ubicación de la cuenca del río Magdalena



Etapas metodológicas

- 1. Revisión histórica del estatus de conservación de la zona de estudio.** La CRM presenta una indefinición y confusión legal por la aparente existencia de un área protegida. Con el objetivo de conocer la situación jurídica actual se realizó una revisión histórica de los cambios legales que han ocurrido. Se consultaron documentos de legislación ambiental y publicaciones gubernamentales principalmente.
- 2. Diagnóstico socio-ambiental.** Con el objetivo de describir y evaluar aquellas características relevantes para considerar a la CRM como ANP se realizó un diagnóstico socio-ambiental basado en los lineamientos que tanto autoridades federales como locales de la Ciudad de México solicitan en el Estudio Técnico Justificativo, documento en el que se reconoce la relevancia ambiental para decretar una zona como ANP. La información que se integró fue: 1) Descripción geográfica, 2) Características físicas, 3) Características ecológicas y biológicas, 4) Contexto socio-económico y 5) Impactos y amenazas para el territorio y la biodiversidad. La información se obtuvo principalmente de literatura especializada como publicaciones, documentos técnicos y tesis sobre la zona de estudio.
- 3. Evaluación de categorías vigentes.** Se realizó un contraste entre las características socio-ambientales de la CRM con las categorías descritas en la legislación para identificar aquellas

que resultaran más aptas para la zona de estudio. Se contempló que fueran categorías que permitieran un adecuado manejo en la cuenca. A nivel Federal se consultaron y evaluaron las categorías enunciadas en el Artículo 46 de la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), mientras que para la Ciudad de México, las categorías enunciadas en el Artículo 92 de la Ley Ambiental de Protección a la Tierra del entonces llamado Distrito Federal.

4. **Perspectiva de la comunidad agraria La Magdalena Contreras Atlitic.** Se realizaron cuatro talleres participativos de noviembre de 2013 a febrero de 2014 dirigidos a la comunidad agraria La Magdalena Contreras Atlitic, ya que es el núcleo agrario que posee la mayoría de los títulos de propiedad de la CRM además de ser los principales usuarios del bosque. En cada taller se otorgó información acerca del tema de las ANP y se hizo entrega de un tríptico informativo. A partir del tercer taller se analizaron las categorías de manejo más adecuadas para la CRM, así mismo, se hizo un registro de las ventajas y limitaciones que los actores perciben al establecerse un ANP en la CRM.
5. **Propuesta.** Una vez seleccionadas las categorías más aptas para decretar a la CRM como ANP y con la retroalimentación de los talleres participativos se estimaron las superficies potenciales para considerarse como ANP a través de material cartográfico disponible para la zona de estudio.
6. Se realizó un Estudio Previo Justificativo a petición de las autoridades locales: Delegación La Magdalena Contreras (Delegación La Magdalena Contreras-Instituto de Ecología-UNAM, 2015) de enero a mayo de 2015, mismo que se entregó a la Delegación y a miembros de la Comunidad Agraria La Magdalena Contreras Atlitic. Posteriormente en diciembre de 2015, un grupo de trabajo del Laboratorio Nacional de Ciencias de la Sostenibilidad (LANCIS-UNAM) hizo entrega a miembros de la Comunidad Agraria La Magdalena Contreras Atlitic una guía auxiliar para la gestión de una Reserva Ecológica Comunitaria.

3 RESULTADOS

Estatus de conservación. Actualmente las autoridades tanto federales como locales de la Ciudad de México no reconocen un ANP dentro de la CRM. Sin embargo, a lo largo de los años ha existido una confusión jurídica respecto al reconocimiento o no de un ANP (Jujnovsky *et al.*, 2013; Cuadro 1). La revisión histórica mostró que existe un traslape entre un Acuerdo Presidencial de 1932 y un Decreto de 1947 que reconocen la existencia un área protegida dentro de la CRM bajo la categoría de “Zona Protectora Forestal”. Dicha categoría estuvo contemplada como área protegida antes de la publicación de la LGEEPA en 1988 cuando se reformaron y propusieron las categorías de ANP vigentes. De acuerdo con la LGEEPA, las Zonas Protectoras Forestales pueden ser consideradas como ANP vigentes siempre y cuando se realicen estudios en la zona que justifiquen y motiven un cambio de categoría, sin embargo, esto no ha sucedido en la CRM.

Cuadro 1. Situación jurídica de la cuenca del río Magdalena de 1932 a 2014

Año	Denominación	Superficie protegida	Administración	Fuente
1932	Zona Protectora Forestal Los bosques de la Cañada de Contreras	3 100 ha	Federal	Acuerdo presidencial (DOF, 1932)
1947	Zona Protectora Forestal del río Magdalena	1 200 ha	Federal	Decreto presidencial (DOF, 1947)
2000	Área de Protección de Recursos Naturales “Zona Protectora Forestal Bosques de la Cañada de Contreras”	215 ha	Federal	PGOEDF* (GDF-SMA-CORENA, 2000)
2007	Zona Protectora Forestal los Bosques de la Cañada de Contreras	3 100 ha	Federal	SMA, 2006**
2012	NO RECONOCE NINGUNA ÁREA NATURAL PROTEGIDA			Atlas Geográfico del Suelo de Conservación del Distrito Federal (GDF,2012)
2014	NO RECONOCEN ÁREA NATURAL PROTEGIDA			<ul style="list-style-type: none"> • CONANP*** • SMA • Delegación La Magdalena Contreras

*PGOEDF: Programa General de Ordenamiento Ecológico del entonces Distrito Federal*SMA: Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México, ***CONANP: Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas.

Relevancia socio-ambiental. La CRM cuenta con las características socio-ambientales que justifican su propuesta como ANP; la recopilación de la información puede consultarse en Galván (2014) ya que la información con la cual se construyó el diagnóstico es extensa. En el Cuadro 2 se enlistan los aspectos más sobresalientes así como las principales amenazas identificadas.

Las características que le aportan a la CRM una mayor relevancia para considerarse un ANP es que se trata de una cuenca hidrográfica en la cual el río Magdalena provee de agua a la ciudad, así mismo existe una cobertura forestal en buenas condiciones que ha mantenido una alta biodiversidad y grado de endemismos a pesar de la presencia de amenazas antropogénicas. Por otro lado, la CRM está conformada principalmente por tierras comunales lo cual representa una zona con un gran potencial para la realización de proyectos y la inclusión de los habitantes en la toma de decisiones.

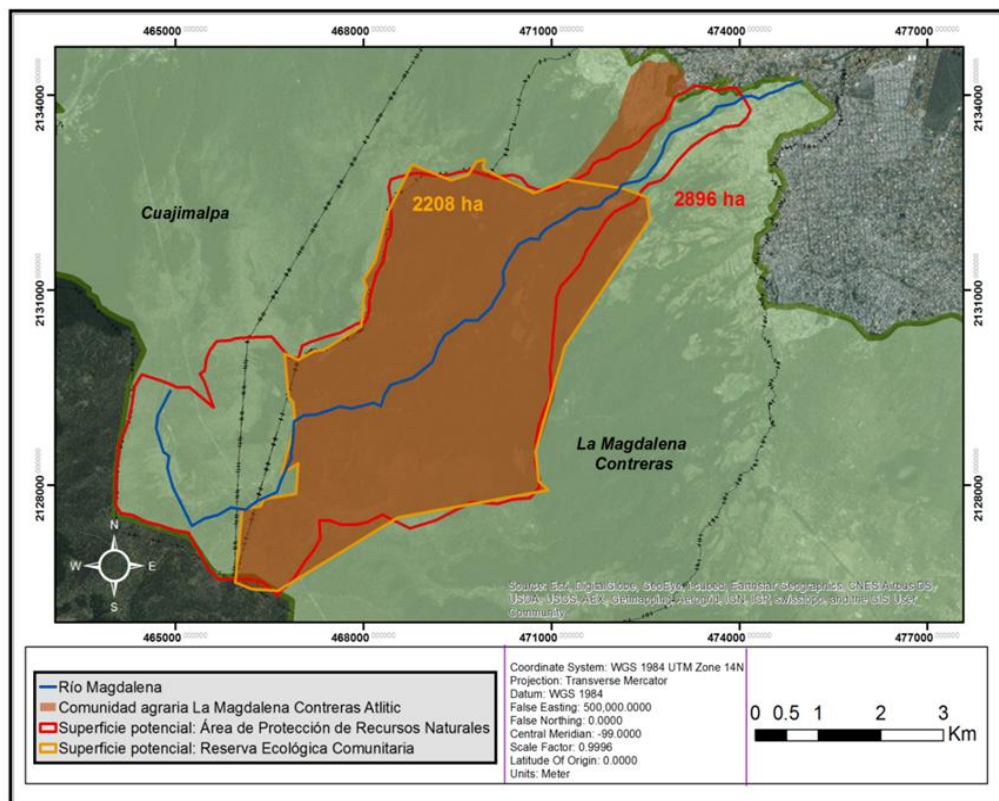
Cuadro 2. Principales resultados del diagnóstico socio-ambiental de la CRM.

Características biológicas	Características socio-económicas	Amenazas
Provisión de agua <ul style="list-style-type: none"> Principal fuente de agua superficial de la ciudad con 0.67m³/s. (Jujnovsky <i>et al.</i>, 2010). Buena calidad de agua en la parte alta y media de la cuenca ((Mazari-Hiriart <i>et al.</i>, 2014). 	Tenencia de la tierra: Bienes comunales Actividades de ecoturismo, recreación y eventos culturales, siendo una fuente de ingresos para los actores locales (Ramos, 2008)	Crecimiento urbano y asentamientos humanos irregulares (Facultad de Ciencias-UNAM, 2008; Jujnovsky <i>et al.</i> , 2013) Plagas forestales (Facultad de Ciencias-UNAM, 2008).
Captura de carbono <ul style="list-style-type: none"> Bosque de oyamel captura 83,603 tC mientras que el bosque de pino 44,564 tC (Facultad de Ciencias-UNAM, 2008). 		Contaminación del río Magdalena (Mazari-Hiriart <i>et al.</i> , 2014).
Biodiversidad <ul style="list-style-type: none"> 100% de anfibios, 85% de reptiles y 29% de mamíferos son endémicos (Facultad de Ciencias-UNAM, 2008). 		
Cobertura forestal <ul style="list-style-type: none"> Bosque de <i>Pinus hartwegii</i>, <i>Abies religiosa</i> y <i>Quercus</i> sp (dentro de los principales tipos de vegetación templada del país; Ávila-Akerberg, 2002) 		

Categorías evaluadas y resultados de los talleres participativos. Las categorías que resultaron aptas fueron: a) A nivel Federal un Área de Protección de Recursos Naturales y b) A nivel local una Reserva Ecológica Comunitaria. Durante los talleres, los actores sociales discutieron y expresaron su perspectiva si se decretara un ANP en la CRM, la mayoría de los asistentes se mostraron a favor aunque también resaltaron que una de las principales limitantes sería un empoderamiento a sólo un grupo selecto dentro de la comunidad generando divisiones internas, así mismo, existe un miedo respecto a los títulos de propiedad de sus tierras y en perder la posibilidad en la toma de decisiones sobre el área. Las principales ventajas que identifican son asegurar la zona de manera legal para evitar que megaproyectos relacionados con carreteras, súper vías y/o transporte se lleven a cabo en la zona y perturben la zona boscosa y poder tener apoyos para la generación o mejora de sus actividades dentro de la cuenca.

Propuesta de Área Natural Protegida. Se proponen dos posibles categorías de ANP (Figura 2): De competencia Federal, un Área de Protección de Recursos Naturales cuya superficie potencial es de 2,896 ha. Lo cual corresponde al área con cobertura vegetal de la cuenca hidrográfica que comprende el río Magdalena. La administración estaría a cargo de CONANP. Por otro lado, de competencia local se propone una Reserva Ecológica Comunitaria cuya superficie potencial por el momento es de 2,208 ha, las cuales corresponden al área con cobertura vegetal que se encuentra dentro de los límites territoriales de la comunidad agraria La Magdalena Contreras Atlitlic sin tomar en cuenta superficies en litigio. La administración estaría a cargo de la misma comunidad.

Figura 2. Categorías y superficies potenciales para decretarse un Área Natural Protegida



Experiencia post-propuesta. Como resultado de la propuesta y el interés de la comunidad agraria La Magdalena Contreras Atlitic se siguió trabajando en la gestión para explorar la posibilidad de decretar un ANP en la zona. De enero a mayo de 2015 se elaboró un Estudio Previo Justificativo en colaboración con la delegación Magdalena Contreras, Ciudad de México (Delegación La Magdalena Contreras-Instituto de Ecología-UNAM, 2015). Dicho documento se compuso principalmente con la información del diagnóstico socio-ambiental (Paso 2 del método) y se incluyó una propuesta de zonificación la cual tuvo retroalimentación por la comunidad agraria La Magdalena Contreras Atlitic por medio de un taller participativo. Por otro lado, en diciembre de 2015 se entregó a las autoridades comunales una guía para gestionar una Reserva Ecológica Comunitaria puesto que de acuerdo a la legislación, esta categoría debe ser propuesta por los núcleos agrarios quienes deben de realizar una serie de documentos para su aprobación.

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Estableciendo un esquema de conservación a partir de un ANP. La CRM mantiene contrastes importantes en relación con su valor ambiental y la indefinición legal que ha imperado desde 1947 con la firma de un Decreto sin haber derogado el Acuerdo presidencial de 1932, ambos documentos le otorgan un título de área protegida a la CRM, ésta condición ha generado obstáculos para un manejo adecuado y constante de la cuenca. Los actores locales manifestaron que tal indefinición es una de las principales causas para que muchos proyectos e iniciativas de conservación no se lleven a cabo de manera adecuada.

El establecimiento de un ANP en la CRM, significa hacer uso de la estrategia más utilizada para la conservación de los servicios ecosistémicos en México, aunque no debe considerarse como un instrumento que asegure tal cuestión. Por un lado, la selección de las categorías más aptas es un primer paso para identificar y seleccionar aquellas que se ajusten mejor al tipo de paisaje natural, que en este caso es una microcuenca, y su interacción con aspectos socio-económicos, que en este caso se trata de una cuenca en la que se realizan actividades de ecoturismo, recreación e investigación.

La propuesta a nivel federal de un Área de Protección de Recursos Naturales es debido a que dicha categoría de manejo es otorgada en aquellas zonas que se encuentren en cuencas hidrológicas, que cuenten con cuerpos de agua y/o presenten zonas forestales, por lo tanto, las principales estrategias de conservación están basadas en procurar dicha relevancia ambiental aunque esta condición no excluye la incorporación de otras estrategias y programas. En este punto, cabe destacar que esta categoría fomenta un manejo integrado de cuencas al considerar tanto la cuenca alta, media y baja (Figura 2), a su vez, que permite a los actores sociales seguir llevando a cabo las mismas actividades económicas.

El esquema planteado de un manejo integrado de cuencas resulta relevante dentro de la CRM debido a sus características socio-ambientales; por un lado el río Magdalena es uno de los cuerpos de agua en mejor estado de conservación de la Ciudad de México en su zona alta, sin embargo, esta característica es resultado del conjunto de interacciones que mantiene con la cobertura forestal, es por ello que un manejo a nivel de cuenca resulta fundamental para fortalecer las acciones de conservación. Por lo consiguiente, la participación de los actores sociales y la articulación con las autoridades competentes es indispensable.

Por otro lado, la propuesta a nivel local de una Reserva Ecológica Comunitaria coincide con las características de la CRM y con los objetivos de conservación que se pretenden implementar. Corresponden a áreas que deben ser gestionadas por los propietarios de la tierra para destinar áreas naturales de su propiedad a la conservación y aprovechamiento sustentable, además, se

complementan con programas con incentivos económicos y sociales que favorecen el desarrollo social a la vez que se conservan los recursos naturales. La principal afinidad que presenta con la CRM es la gran oportunidad para que, principalmente la comunidad agraria La Magdalena Contreras Atlitíc desarrolle proyectos propios y decidan el uso de sus propias tierras. En este caso, si bien la superficie potencial no contempla en su totalidad la zona alta de la cuenca (Figura 2) que es considerada dentro del manejo de cuencas como una zona clave para su conservación, la organización de la comunidad tendría que ser impulsada para generar estrategias y proyectos con un impacto más amplio.

Experiencia posterior a la propuesta. Es importante retomar y analizar la experiencia posterior a la propuesta del ANP en la zona de estudio para exponer aquellas variables que pueden surgir en un proceso de gestión ambiental y tomar en cuenta las estrategias que pueden surgir ante ello. En este caso, el decreto no ha podido realizarse debido a que se suscitaron condiciones políticas y sociales inadecuadas para continuar con el proceso, por ejemplo el cambio y conflicto por la última elección de presidente comunal lo cual ha conllevado a problemas para acceder a programas de gobierno y el cambio administrativo en las autoridades locales. Es por ello, que si bien la iniciativa de decretar un ANP en la zona como estrategia para conservar una microcuenca fundamental para la ciudad de México, no debe visualizarse como única alternativa, es decir, un ANP por sí misma no asegura ni mucho menos genera un esquema de protección; es deseable que existan con anterioridad condiciones que permitan resguardar la CRM. En este caso, grupos de actores sociales de la CRM mantienen un interés por la conservación de la zona boscosa y el río; por lo que sería factible impulsar otro tipo de estrategias, además de un ANP, para generar un esquema de conservación integral, que finalmente es lo que se mencionó en los talleres participativos.

Es importante destacar que la propuesta de un ANP no pretende modificar las actividades socio-económicas de la CRM de tal manera que represente un conflicto para los actores sociales; es por ello que el ordenamiento de dichas actividades deberían ser plasmadas en una zonificación en la que participen los usuarios del bosque y propietarios de la tierra, una propuesta se realizó de manera participativa en el Estudio Previo Justificativo realizado (Delegación La Magdalena Contreras-Instituto de Ecología-UNAM, 2015).

Implicaciones al conservar la CRM. La CRM forma parte de las zonas prioritarias a conservar en la Ciudad de México, principalmente por la prestación de servicios ecosistémicos a toda la ciudad. Por su relevancia ambiental que contrasta con las amenazas identificadas en el diagnóstico socio-ambiental, será fundamental impulsar un esquema de protección a nivel cuenca que asegure la participación de los actores sociales y una vinculación con las autoridades pertinentes. La urgencia de este tipo de acciones tiene que ver con la ubicación de la CRM en las periferias de la Ciudad de México; en estas zonas la dinámica de crecimiento urbano y la velocidad de los cambios entre ambiente natural y construido implica situaciones de vulnerabilidad para la población.

Por otro lado, aunque se ha reconocido el papel de las ANP ante los impactos de una problemática global como lo es el cambio climático, no hay que perder de vista que la CRM por sí misma es una zona que presta servicios fundamentales como lo es la captura de carbono, servicio que además ha sido cuantificado y evaluado, además de proveer agua a una de las ciudades con mayores conflictos por dicho recurso.

Consideraciones finales. Aunque la CRM cuenta con las características socio-ambientales relevantes para ser considerada como un ANP, no significa que sea la única alternativa de protección. Sin embargo, las ANP son una estrategia que ha sido reconocida para hacer frente a los impactos del cambio climático y que fomentan acciones de conservación integral como el manejo

de cuencas. La conservación de la CRM corresponde a uno de los principales retos de las megaciudades por preservar los espacios en los cuales se generan servicios ecosistémicos, así como el desarrollo de estrategias y acciones que aseguren a largo plazo beneficios para los actores locales.

5. AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la comunidad agraria La Magdalena Contreras Atlitica, antes que nada por las facilidades para la organización de los talleres participativos y por permitir nuestra colaboración a lo largo de este trabajo; su participación y constante interés fueron y son clave para el desarrollo de este trabajo.

7. LITERATURA CITADA

- Acosta, S. 2001. Las tierras comunales de la Magdalena Contreras, Tesis de Licenciatura en Geografía, Facultad de Filosofía y Letras, UNAM, México, 188 p.
- Almeida-Leñero, L., Nava, M., Ramos, A., Espinosa, M., de Jesús Ordoñez, M., y Jujnovsky, J. 2007. Servicios ecosistémicos en la cuenca del río Magdalena, Distrito Federal, México. *Gaceta ecológica*. 84: 53-64.
- Ávila-Akeberg, V. 2004. Autenticidad de los bosques en la cuenca alta del río Magdalena, Tesis de Maestría en Ciencias Biológicas, Facultad de Ciencias, UNAM, México, 103 p.
- Ávila-Akerberg, V. 2002. La vegetación en la cuenca alta del río Magdalena: un enfoque florístico, fitosociológico y estructural, Tesis de Licenciatura en Biología, Facultad de Ciencias, UNAM, México, 92 p.
- Caro-Borrero, A. 2012. Evaluación del pago por servicios ambientales hidrológicos: Una perspectiva socio-ambiental en la cuenca del río Magdalena, México, D.F. Tesis de maestría en Limnología. Instituto en Ciencias del Mar y Limnología UNAM. México. 96 p.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). 2015. *Estrategia de Cambio Climático desde las Áreas Naturales Protegidas: Una convocatoria para la Resiliencia de México (2015-2020)*. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales SEMARNAT. México, págs. 7-9.
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). 2012. Atlas Digital del Agua. Sistema Nacional de Información del Agua. En: <http://www.conagua.gob.mx/atlas/ciclo09.html>. Fecha de consulta: 4 de marzo de 2014.
- Cuadros, P. 2001 Tenencia de la tierra y ecología en la Magdalena Contreras. Tesis de licenciatura en Ciencias Políticas y Administración Pública. Facultad de Ciencias Políticas, UNAM. 299 p.
- Delegación La Magdalena Contreras-Instituto de Ecología, UNAM. 2015. Estudio Previo Justificativo para la creación del Área Natural Protegida cuenca del río Magdalena, México, D.F. Cevallos, G.-Mazari, M. (Coord). Instituto de Ecología-UNAM. 67 p.
- Diario Oficial de la Federación (DOF). 1932. Acuerdo que declara Zona Protectora Forestal los bosques de la Cañada de Contreras. D.F. 27 de junio, México.
- Diario Oficial de la Federación (DOF) .1947. Decreto de creación de la Unidad Industrial de Explotación Forestal para la Fábrica de papel de Loreto y Peña Pobre. Se declara Zona Protectora Forestal del Río Magdalena. 20 de mayo, México.
- Facultad de Ciencias-UNAM. 2008. Reporte de investigación para el Diagnóstico sectorial de la cuenca del río Magdalena: Componente 2. Medio biofísico. En: *Plan*

Maestro de Manejo Integral y Aprovechamiento Sustentable de la Cuenca del río Magdalena. SMA-GDF, UNAM, pp. 32-94.

- Fernández-Eguiarte, A., F. Uribe, I. Ramírez del Razo, B. de Jesús Apolinar y Vázquez A. 2002. Evaluación de la mancha urbana sobre el área natural protegida de la Cañada de los Dinamos. *Gaceta Ecológica*. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 62:56-57.
- Fernández, M.T.1997. Programa de Manejo para la conservación de la Zona Protectora Forestal “Cañada de Contreras”. Tesis de Maestría en Ciencias Biológicas, Facultad de Ciencias, UNAM. México, 130 p.
- Galván, L. 2014. Propuesta para la denominación de la cuenca del río Magdalena como Área Natural Protegida. Tesis de licenciatura en Biología. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, 80 p.
- Gobierno del Distrito Federal (GDF). 2012. *Atlas geográfico del suelo de conservación del Distrito federal*. SEDEMA-PAOT. México, D.F. 96 p.
- Gobierno del Distrito Federal, Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal & Comisión de Recursos Naturales del Distrito Federal (GDF-SMA-CORENA). 2000. *Programa General de Ordenamiento Ecológico del Distrito Federal*. SEDEMA. México. 133p.
- Jujnovsky, J., Galván, L., Mazari Hiriart, M. 2013. Zonas Protectoras Forestales: El caso de los bosques de la Cañada de Contreras, Distrito Federal. *Investigación Ambiental* 5(2): 65-75
- Mazari-Hiriart, M., Pérez-Ortiz, G., Orta-Ledesma, M.T., Armas-Vargas, F., Tapia, M.A., Solano-Ortiz, R., Silva, M.A., Yañez-Noguez, I., López-Vidal, Y., Díaz-Ávalos, C. 2014. Final Opportunity to Rehabilitate an Urban River as a Water Source for Mexico City. *PLoS ONE* 9(7): e102081.
- Phillips, A. 2004. Turning ideas on their head. The New Paradigm for Protected Areas. *Environmental History*. 1 (9): 8-32.
- Ramos, A. 2008. Propuesta de reclasificación y zonificación participativa de la Zona Protectora Forestal Cañada de Contreras, Distrito Federal, México. Tesis de maestría en Ciencias Biológicas. Facultad de Ciencias, UNAM. México. 99 p.
- Sarukhán J., P. Koleff, J. Carabias, J. Soberón, R. Dirzo, J. Llorente-Bousquets, G. Halffter, R. González, I. March, A. Mohar, S. Anta y de la Maza J. 2009. Síntesis: Conocimiento actual, evaluación y perspectivas de sustentabilidad. *En: Capital Natural de México*. CONABIO. México. Págs. 79-80.

Extenso ID: 156. Teresa Alvarez Legorreta. COMISIÓN DE CUENCA DEL RÍO HONDO: EL PAPEL DE LA ACADEMIA EN LA ATENCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DE UNA CUENCA TRANSFRONTERIZA

[Regresar al índice](#)

El Colegio de la Frontera Sur-Unidad Chetumal, Grupo Académico de Biotecnología Ambiental.

e-mail: teral @ecosur.mx

Resumen

El Río Hondo constituye el límite geográfico entre los países de México y Belice, que junto con la Bahía de Chetumal a la que descarga sus aguas, comprenden una cuenca transfronteriza. Los asentamientos humanos y las actividades productivas que se desarrollan en ambos países generan una problemática ambiental que ha generado impactos negativos en el recurso hídrico constituido por sus cuerpos de agua superficiales y el acuífero, que es la única fuente de agua dulce para esta región de México. Para dar atención a esta problemática se crea en 2009 la Comisión de Cuenca del Río Hondo (CCRH) como un órgano auxiliar del Consejo de Cuenca de la Península de Yucatán. La academia como uno de los actores de la CCRH, ha participado no sólo con la aportación de conocimiento científico necesario para los tomadores de decisiones, pero además en acciones conjuntas con instituciones de los tres órdenes de gobierno y los sectores usuarios del agua, para atender problemas ambientales con repercusiones ecológicas y para la población humana. En esta ponencia se presentarán dos ejemplos de acciones conjuntas para: a) recuperar la calidad del agua de la bahía de Chetumal y el río Hondo, y b) evitar la invasión de pez diablo en los sistemas acuáticos que comprenden la cuenca transfronteriza.

1.- Introducción

La bahía de Chetumal y el río Hondo forman parte de una cuenca transfronteriza compartida por los países de México y Belice. La bahía de Chetumal fue declarada Zona Sujeta a Conservación Ecológica Santuario del Manatí en 1996 debido a que posee la mayor población de manatíes (*Trichechus manatus*) del Caribe mexicano y el río Hondo que constituye el límite geográfico entre estos dos países, descarga sus aguas al sur de la bahía. Ambos cuerpos de agua están sujetos a diversas fuentes de contaminación, debido a las actividades humanas que se desarrollan en la ciudad de Chetumal y en las comunidades agrícolas asentadas en las riberas de México y Belice. Para dar atención a esta problemática se crea en 2009 la Comisión de Cuenca del Río Hondo (CCRH) como un órgano auxiliar del Consejo de Cuenca de la Península de Yucatán; que tiene como antecedente la creación en 2004 de otro órgano auxiliar, el Grupo de Trabajo Especializado en Saneamiento del Estado de Quintana Roo.

Desde la creación de estos dos órganos auxiliares, la academia como uno de sus diversos actores, ha participado no sólo con la aportación de conocimiento científico necesario para los tomadores de decisiones, pero además en acciones conjuntas con instituciones de los tres órdenes de gobierno y los sectores usuarios del agua, para atender problemas ambientales con repercusiones ecológicas y para la población humana. Por lo que el objetivo de este documento es presentar dos casos que han contribuido a dar cumplimiento a la misión de la CCRH que es atender la problemática de saneamiento de esta cuenca: a) recuperar la calidad del agua de la bahía de Chetumal y el río Hondo, y b) evitar la invasión de pez diablo en los sistemas acuáticos que comprenden la cuenca transfronteriza.

2.- Recuperación de la calidad del agua de Bahía de Chetumal y río Hondo

En junio de 2014 debido a la aparición en diversos medios de comunicación locales, de información en la que se externaba la preocupación por la contaminación del agua en la bahía de Chetumal y sus efectos potenciales en los organismos acuáticos y en la población humana por el uso recreativo con contacto primario en su zona costera; la Secretaría de Ecología y Medio Ambiente del Estado de Quintana Roo (SEMA) solicitó a la CCRH que convocara a una reunión extraordinaria a investigadores e instituciones gubernamentales para presentar los resultados de los estudios de calidad del agua que hubieran realizado en la cuenca en los 5 años recientes, con “el objeto de conocer si existe un detrimento en la calidad del agua de la Cuenca y si este representa algún riesgo para la ciudadanía que hace uso del recurso, de ser así establecer una estrecha coordinación con los tres órdenes de gobierno para desarrollar estrategias e implementar acciones en el corto, mediano y largo plazo que permitan sanear la Cuenca” (CCRH, 2014). La sesión extraordinaria estuvo encabezada por el Secretario de Ecología y Medio Ambiente del estado de Quintana Roo, el Director Local en Quintana Roo de la Comisión Nacional del Agua (CNA) quién también es el Secretario Técnico de la CCRH, así como por el Gerente Operativo de la CCRH; además de representantes de diversas instituciones de los tres órdenes de gobierno (SEMA, 2014a).

En este evento se presentaron los resultados de los estudios realizados en dos centros de investigación: a) Situación de la calidad del agua de la bahía de Chetumal y el río Hondo en el periodo 2005-2012, de El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR) y b) Determinación de agroquímicos lixiviados en la zona cañera de Quintana Roo, del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP); así como los resultados de dos programas de monitoreo permanente de dos instituciones gubernamentales: c) Monitoreo de la calidad del agua marina en Bahía Chetumal (2010-2013), de la Secretaría de Marina (SEMAR), y d) Resultados de la calidad del agua de la bahía de Chetumal (2010-2014), de la Dirección de Protección Contra Riesgos Sanitarios de la Secretaría de Salud del estado de Quintana Roo (SESA). Como resultado de esta sesión se acordó la conformación de un grupo de trabajo con representantes de 14 instituciones académicas y del sector público, que fue coordinado por la Dra. Teresa Alvarez Legorreta de ECOSUR; con el objetivo de analizar la información generada sobre la calidad del agua y elaborar un diagnóstico con recomendaciones, a partir de las cuales los tres órdenes de gobierno se comprometieron a gestionar recursos económicos para ser incluidos en el Presupuesto de Egresos de la Federación del 2015, que permitieran llevar a cabo acciones en beneficio de la calidad del agua en la Cuenca del Río Hondo y Bahía de Chetumal (CCRH, 2014; SEMA, 2014a).

Diagnóstico de la calidad del agua de la bahía de Chetumal.-

Los objetivos del diagnóstico fueron a) analizar el comportamiento espacial y temporal de diversos indicadores de la calidad del agua en la bahía de Chetumal y el río Hondo durante el período 2005-2014, utilizando bases de datos de nutrientes y coliformes fecales (CF) proporcionados por la SEMAR, SESA y ECOSUR; y b) determinar la salud de ambos sistemas acuáticos a partir de su estado trófico calculado con el índice TRIX (Vollenweider et. al., 1998), y el Índice de Condición de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América (EPA por sus siglas en inglés, 2008).

Los avances y resultados finales del diagnóstico se presentaron en tres sesiones ordinarias del CCRH (SEMA, 2014b; CCRH, 2015 a y b), destacando los siguientes: 1.- Se observó una disminución de la calidad del agua en la bahía de Chetumal y el río Hondo en el lapso de 15 años, con tendencia a la mesotrofia y peligro potencial de eutrofización; y un índice de condición que pasó de bueno a regular y pobre en algunos sitios. 2.- Los nitratos y el amonio fueron los principales indicadores que determinaron la calidad del agua en ambos sistemas acuáticos.

3.- Dos balnearios en la bahía de Chetumal no eran aptos para uso recreativo con contacto primario la mayor parte del tiempo; y tres sitios presentaban riesgos para la protección de la vida acuática.

4.- Las temporadas de nortes y secas fueron las que presentaron menor calidad del agua en bahía y río.

5.- Las principales fuentes de contaminación para los dos cuerpos de agua fueron: la actividad

agrícola en ambas riberas del río Hondo, las escorrentías superficiales y los lixiviados al acuífero en el área urbana y rural.

Como resultado del diagnóstico se acordó que la Comisión de Agua Potable y Alcantarillado del estado de Quintana Roo (CAPA) presentaría un plan de trabajo para verificar el estado actual de la infraestructura de la red sanitaria y pluvial de la zona baja de la ciudad de Chetumal, al que se integrarían brigadas con la participación de SEMA, SEMAR, la Procuraduría de Protección al Ambiente de Quintana Roo (PPAQROO), el municipio de Othón P. Blanco y Protección Civil Municipal, con el objetivo de inspeccionar predios particulares para conocer el manejo de sus aguas residuales y el mantenimiento periódico de sus fosas sépticas, así como las descargas de aguas pluviales hacia la bahía de Chetumal. Lo anterior con la finalidad de eliminar fuentes de contaminación detectadas en el diagnóstico.

Otro resultado importante del diagnóstico fue la obtención de recursos financieros de Mesoamerican Reef Fund (MARFund) por parte de SEMA para atender algunas de las recomendaciones planteadas: a) un programa de monitoreo permanente de calidad del agua, b) estandarización de métodos de muestreo y analíticos y c) entrenamiento de personal de las instituciones en métodos de muestreo y analíticos.

3.- Evitar la invasión del pez diablo en sistemas acuáticos de la cuenca transfronteriza.

El pez diablo o pleco, conocido como “limpia-peceras” por los acuaristas, comprende un grupo de especies del género *Pterygoplichthys* de origen sudamericano. Estos organismos invaden rápidamente los cuerpos de agua dulce en los que son liberados, debido a que presentan altas tasas de fecundidad y toleran condiciones extremas de temperatura, salinidad y calidad del agua. Su proliferación provoca la degradación del ambiente acuático en el que se establecen, debido a que al construir sus nidos en las paredes de los cuerpos de agua provocan la erosión y eliminación de la vegetación, que ocasiona el desplazamiento de especies de peces nativos (Schmitter-Soto y Valdez-Moreno, 2013).

En septiembre de 2012 el Dr. Juan Jacobo Schmitter Soto, investigador de ECOSUR, recibió el primer reporte de la captura de un ejemplar de pez diablo en un río tributario del Río Hondo; por lo que ECOSUR promovió una sesión extraordinaria con los miembros de la CCRH (CCRH, 2012b) para plantear y discutir una estrategia interinstitucional para prevenir el ingreso del pez diablo al río Hondo, que podría extenderse hacia la laguna de Bacalar de gran importancia ecológica debido a la presencia de estromatolitos (son comunidades bacterianas que forman estructuras calcáreas semejantes a los arrecifes), que podrían ser afectados por el comportamiento de formación de nidos de estos peces.

En esta sesión extraordinaria los investigadores Dra. Martha Elena Valdez Moreno y Dr. Juan Jacobo Schmitter Soto, presentaron la ponencia “Alerta del Ingreso Potencial de Pez Diablo o Pleco al Río Hondo”. A partir de lo cual se tomaron varios acuerdos entre los que destacaron: a) la difusión de la alerta en las comunidades de la ribera del río Hondo en México, a partir de la elaboración de trípticos, carteles, y promocionales en radio y televisión del estado de Quintana Roo), con la participación de la Delegación de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), la Secretaría de Desarrollo Económico del estado de Quintana Roo (SEDE) y ECOSUR; b) La Cámara Nacional de Comercio (CANACO) y el Consejo Coordinador Empresarial (CCE) en Quintana Roo, apoyarían con la difusión de la información, y c) se invitar para la IX Sesión Ordinaria de la CCRH la invitación de expertos en el manejo del pez diablo en otras regiones del país en donde ya representaba una plaga (CCRH, 2012b).

En noviembre de 2012 se realizó la IX Sesión Ordinaria de la CCRH, asistieron integrantes de los tres estados que conforman el Consejo de Cuenca de la Península de Yucatán (CCPY), en donde el Dr. Armando Wakida Kusunoki, Jefe del Centro Regional de Investigación Pesquera de Ciudad del Carmen, Campeche, compartió la información sobre el impacto ecológico y económico del pez diablo en cuerpos de agua de su entidad; y resaltó el eficiente funcionamiento del CCRH en la realización de acciones tendientes a evitar el ingreso de esta especie a nuestro país.

En abril de 2013 la CCRH y ECOSUR organizaron el “Taller sobre diagnóstico y prevención de la invasión por pez diablo al río Hondo”, al que asistieron 12 investigadores de México, Belice y Estados Unidos. En dónde se revisó un modelo predictivo de invasión de pez diablo en el que la cuenca del río Hondo

presentaba una altísima vulnerabilidad. Entre las medidas de mitigación del daño ecológico propuestas en el taller destacaron: la educación ambiental en escuelas y la difusión en medios de comunicación para evitar la liberación de organismos de acuario en ambientes naturales, así como prohibir en el estado de Quintana Roo el comercio de especies exóticas de alto riesgo, en particular el pez diablo (Valdez-Moreno y Schmitter-Soto, 2013; CCRH, 2013).

En junio de 2014 investigadores de ECOSUR y el Gerente operativo de la CCRH, se reunieron con los directores de Ecología y Medio Ambiente y de Turismo y Desarrollo Económico del Municipio de Bacalar, en dónde se acordó apoyar la difusión del material de alerta temprana del pez diablo a la comunidad y escuelas para la extracción y sacrificio de animales detectados en la laguna; consiguiendo el apoyo de los prestadores de servicios turísticos y restaurantes de la localidad.

En la XIII Sesión Ordinaria de la CCRH realizada en julio de 2014 se presentó la “Propuesta de Instrumentos Legales para Prohibir la Venta de Ejemplares de Pez Diablo en el Sur de Quintana Roo” por personal de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA), que fue apoyada por la SEMA y los municipios de Othón P. Blanco y Bacalar; y en marzo de 2015 se solicitó a las Comisiones de Desarrollo Rural y Pesquero y la de Medio Ambiente y Cambio Climático de la XIV Legislatura del Congreso del estado de Quintana Roo, la iniciativa de modificación de la Ley Estatal de vida Silvestre, que fue aceptada y se encuentra en dictamen (CCRH, 2015a y 2015b).

Como resultado de todas las acciones mencionadas arriba, para julio de 2015 se habían dado pláticas de educación ambiental sobre pez diablo a estudiantes y maestros de escuelas de nivel básico de 14 localidades de la ribera del río Hondo, en dónde se reportó la captura de 56 ejemplares de pez diablo en el primer semestre del año; y afortunadamente no se registraron capturas en la laguna de Bacalar.

4.- Conclusiones

Como se puede observar en los dos casos presentados, la academia como uno de los miembros de la Comisión de Cuenca del Río Hondo, juega papeles importantes en la aportación de conocimiento científico que sirve como herramienta en el diseño de estrategias y programas, que sirven a los tomadores de decisiones de los tres órdenes de gobierno para orientar el uso eficiente de sus recursos económicos y realizar acciones conjuntas con los sectores usuarios del agua, para atender problemas ambientales con repercusiones ecológicas y para la salud de la población humana.

5.- Bibliografía

- CCRH. 2015a. XVI Sesión ordinaria de la Comisión de Cuenca del Río Hondo. Avances 2015 del Convenio de Coordinación para el fortalecimiento de la Gerencia Operativa de la CCRH y del programa operativo de las acciones impulsadas por los integrantes de la CCRH. Realizada el 30 de julio. Presentación Power Point, 17 p.
- CCRH. 2015b. XV Sesión ordinaria de la Comisión de Cuenca del Río Hondo. Logros 2014 y metas 2015 del Convenio de Coordinación para el fortalecimiento de la Gerencia Operativa de la CCRH y del programa operativo de las acciones impulsadas por los integrantes de la CCRH. Realizada el 18 de abril. Presentación Power Point, 18 p.
- CCRH. 2014. Acta de la II Sesión Extraordinaria de la Comisión de Cuenca del Río Hondo, órgano auxiliar del Consejo de Cuenca de la Península de Yucatán. 10 de julio de 2014. 6 p.
- CCRH. 2013. XI Sesión ordinaria de la Comisión de Cuenca del Río Hondo. Realizada el 26 de noviembre.

- CCRH. 2013. X Sesión ordinaria de la Comisión de Cuenca del Río Hondo. Realizada el 25 de abril. Boletín CCRH 02-2013.
- CCRH. 2013. Taller sobre Diagnóstico y Prevención de la Invasión por Pez Diablo al Río Hondo. Realizada el 17 de mayo. Boletín CCRH 03-2013.
- CCRH. 2012a. IX Sesión ordinaria de la Comisión de Cuenca del Río Hondo. Realizada el 29 de noviembre.
- CCRH. 2012b. Acta de la I Sesión Extraordinaria de la Comisión de Cuenca del Río Hondo, órgano auxiliar del Consejo de Cuenca de la Península de Yucatán. 25 de octubre de 2012. 6 p.
- EPA. 2008. National Coastal Condition Report III. Office of Water. Environmental Protection Agency, EPA/842-R-08/002, December.
- Schmitter-Soto, J.J. y M.E. Valdéz-Moreno. 2013. Invasiones por pez diablo en México: Presencia confirmada en el río Hondo. Presentación Power Point.
- SEMA. 2014a. Realizan la II Sesión Extraordinaria de la Comisión de la Cuenca del Río Hondo. Boletín 075, 10 de julio de 2014. 3 p.
- SEMA. 2014b. Se reúne por XIII ocasión la Comisión de la Cuenca del Río Hondo. Boletín 079, 24 de julio de 2014. 2 p.
- Valdez-Moreno, M.E. y J.J. Schmitter-Soto. 2013. Taller sobre diagnóstico y prevención de la invasión por pez diablo al río Hondo ECOSUR, Chetumal, 29 de abril. 9 p.
- Vollenweider, R. A., Giovanardi, F., Montanari, G. y Rinaldi, A. 1998. Characterization of the trophics conditions of marine coastal waters with special reference to the NW Adriatic Sea: Proposal for a trophic scale, turbidity and generalized water quality index. *Envirometrics* 9, 329-357.

Mesa 6. Procesos sociales y culturales con relación al manejo de cuencas.

Extenso ID: 166. José Cruz Agüero Rodríguez, Julia Tepetla Montes, Beatriz Torres Beristain. CUENCA JAMAPA-ATOYAC, EN EL CENTRO DE VERACRUZ: DAÑOS AMBIENTALES, RIESGOS SOCIO-AMBIENTALES Y POTENCIAL DE SUSTENTABILIDAD.

[Regresar al índice](#)

Universidad Veracruzana

RESUMEN:

Las cuencas hidrologicas no solo son la expresión ecosistemica de una región geografica, es ante todo una expresión de territorialidad pues muestran procesos coevolutivos de larga duración entre una espacio geográfico y una organización social determinada que ha modificado, reorganizado y domesticado el sistema natural a las necesidades de los grupos humanos o mejor dicho a las necesidades de determiados sistemas sociales de apropiación de la naturaleza. La gestión de una cuenca o diversas cuencas, no es solo una expresión institucional que formaliza su uso y apropiación, es ante todo una forma de apropiación, uso y distribución de los recursos fisicos, socio- ambientales y espirituales de una espacio socio-natural. El uso sustentable, depredatorio o equitativo depende de las sociedades que se asienten en un espacio determinado y la forma en como gestionen su uso, distribucion y conservación. Son factores que permiten medir o apreciar si relación especifica hombre-naturaleza es una ecuación duradera, equitativa y respetuosa para la vida y la sociedad en la medida que se apropia de ella.

En este trabajo presentaremos una analisis de las formas de apropiación de la cuenca Jamapa-Atoyac, en el centro de Veracruz, como parte de un territorio en construcción que muestra diversos signos de deterioro, daño ambiental y construcción de riesgo socio-ambiental. Es importante esta aportación puesto que la cuenca citada es fuente de una rica y poderosa biodiversidad y fuente de recursos ambientales que dan vida a una poblacion creceiente rural y urbana, que requiere agua potable en cantidades sustantivas para su sobrevivencia. Además, coexisten una serie de sistemas productivos de importancia regional y nacional, como es la cafecultura, la explotacion maderable, la caña de azucar y citricos; pequeña y mediana industria porcina, avicola y ganadera; zonas industriales como caña de azucar, alcohol y biocombustibles; y en las costas veracruzana siderurgia e industria alimentaria.

Los metodos productivos, son fuente de un intenso uso de los recursos y de externalidades asociadas que han generado una serie de riesgos sistematicos que contaminan el suelo, el agua y la tierra y ponen en grave riesgo todo el ciclo hidrológico a lo largo de la Cuenca. La lucha y defensa por el agua en sus diversos usos se ha convertido en una constante desde la sierra hasta la costa donde los movimientos reivindicativos y socioambientales alrededor del agua se intensifican y agravan la distribución justa de los servicios ambientales.

Sin embargo, existen algunas experiencias innovadoras y organizativas que muestran que es posible mejorar la gestion del territorio y la cuenca para un desarrollo equilibrado socialmente y un uso sustentable y respetuoso del ambiente.

Palabras Clave: Cuenca hidrologica, Territorio, Gestión de cuencas, desarrollo sustentable, conflictos socio-ambiental es.

Referencias:

- Agüero Rodríguez y otros. El Poder del Agua en las Altas Montañas. En Jornada Ecologica. 30 de septiembre
- 2013. Suplemento especial. La Jornada.
- Beck, Ulrich (2002), La sociedad del riesgo global, España, Siglo XXI.
- Foladori Guillermo (2009) Controversias sobre sustentabilidad. Coevolución sociedad naturaleza. Porrúa, UNAM. México D.F.
- Gudynas Eduardo. 2014. Ecología y ética del Desarrollo Sustentable. CLAES. Uruguay. López Berta Martin, José A. González (Coord.) 2013. Guía Docente. Ciencias de
- la sostenibilidad. Centro de Estudios de América Latina (CEAL); Universidad Autónoma de Madrid.

[Regresar al índice](#)

Jalcomulco, Veracruz
macielespinosa@hotmail.com

RESUMEN

La Cuenca de la Antigua ha sido definida por la Conabio como región hidrológica prioritaria. Como en otras cuencas del país, en La Antigua los usos del agua son diversos y sus consecuencias son diferentes en las zonas urbana y rural. En La Antigua, actualmente no existe regulación local para el manejo del agua, sino que la normatividad está circunscrita al dictado de las leyes federales (DOF, 2004). El progreso –ahora identificado con la modernidad- ha cobrado su derecho de piso: la extinción de la naturaleza, tradición y seres humanos, siguen y seguirán siendo la cuota. Sin importar las resistencias del medio ambiente y de las comunidades tradicionales, el gobierno mexicano se encuentra imponiendo el modelo postliberal de desarrollo económico denominado Neoextractivismo, que se ha convertido en Macroproyectos para tutelar la naturaleza, explotarla y violar los derechos humanos y los derechos de la Tierra.

Palabras clave: megaproyectos, progreso, resistencia, extractivista, La Antigua.

Introducción

“Ecología” es una palabra acuñada en la década de los 70 cuando los científicos se dieron cuenta de la degradación que estaba teniendo el planeta con todos los avances del “Progreso”.

Yo pertenezco a esa generación que creció escuchando palabras como *ecología* o *ecológico* o *medio ambiente* o *sustentabilidad*. Todas estas palabras nos las proporcionaron los científicos para traducir lo que nosotros entendemos como “Amor a la naturaleza”.

La destrucción del medio ambiente es una de las mayores amenazas para la vida, pues significa desnudar a la tierra de sus bosques, afectar a otros ecosistemas como el suelo, contaminar el agua y, puesto que esto nos mantiene vivos y ayuda a mantener el equilibrio ecológico y la biodiversidad, que en muchas ocasiones influyen en las variaciones del tiempo y del clima, si no hay equilibrio en la naturaleza, no hay hombre (Xóchitl P. Campos López).

Objeto de estudio

La cuenca del río La Antigua es una de las más importantes del centro del estado de Veracruz (Figura 1), abarca un área de 2 827 km²; se ubica entre los 19°05' y 19°34' de latitud norte, 96°06' y 97°16' de longitud oeste; pertenece a la región hidrológica número 28 del río Papaloapan y se localiza en la porción sudoccidental del Golfo de México (CONAGUA, 2001). Esta cuenca es de gran importancia por la agricultura, en ella se cultiva café, caña de azúcar, maíz, mango, entre otros;

pero además es la fuente principal de agua de las ciudades de Xalapa y Coatepec. El río La Antigua nace en la Sierra Madre Oriental, con el nombre de río Resumidero, a una altitud de 3 350 msnm, en el estado de Puebla. Fluye hacia el sureste en terreno montañoso y pasa por varias poblaciones como Jalcomulco y Apazapan donde se practica el deporte acuático (rápidos), (Pereyra *et al.*, 2006).

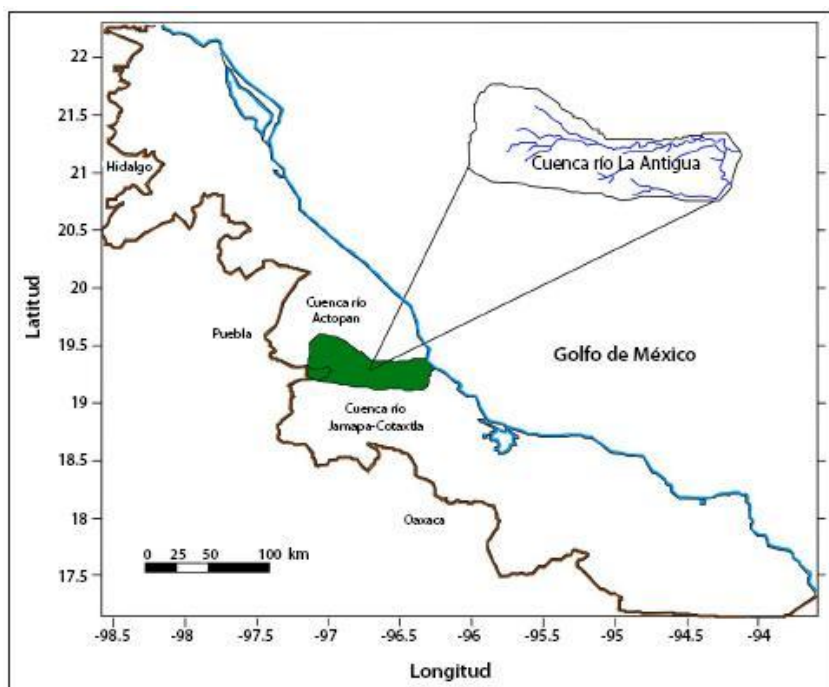


Figura 1. Ubicación geográfica de la cuenca del río La Antigua, Veracruz.

La Cuenca de la Antigua es sin duda uno de los últimos ríos del estado de Veracruz que corre libre y que por generaciones ha proveído del líquido vital para que las comunidades desarrollen sus actividades primarias que les dan sustento. Fuente de riqueza.

Es por ello que algunas comunidades de la cuenca, al percibir que gobierno y empresas vienen obrando en contra suya, forma una insurgencia, un movimiento de resistencia popular y una franca oposición a los proyectos de modernización que se escudan bajo el nombre de energías limpias y/o proyectos sustentables.

En el año 2010 comienza la lucha y a finales de 2013, en respuesta a la amenaza del gobierno en contra de las comunidades, surge el colectivo Pueblos Unidos de la Cuenca de la Antigua. Y es así como a partir del 20 de enero 2014 se estableció el Campamento “Centinelas del Río” en el predio Tamarindo ubicado sobre la carretera Xalapa –Córdoba km 30 donde hombres y mujeres dispuestos a resguardar el tan preciado bien común como el agua y el territorio permanecen 24 horas los 365 días y por tiempo indefinido con el fin de evitar el regreso de la maquinaria que llevaría a cabo la construcción de la pared del embalse que inundaría 460 hectáreas productivas e impediría el cauce natural del cuerpo de agua afectando a todas las comunidades, tanto en la cuenca alta, media y baja.

Contando únicamente con amor ecológico encontramos a Jalcomulco en la cuenca media de La Antigua y toda la problemática de la amenaza de su río por la posible construcción de una presa hidroeléctrica de 100 metros de alto por 700 metros de ancho con el pretexto de dotar de agua a Xalapa y generar energía eléctrica para abastecer grandes empresas de la región y el país. Los promoventes: gobierno del estado y la empresa brasileña Odebrecht.

Este proceso comenzó hace 6 años y, en resumen, el cambio social puede observarse en que la Colectividad del movimiento impuso cohesión en la población y actores sociales antagónicos, como pueblo y gobiernos municipales quienes se unieron en un mismo grito y necesidad: No a las Presas. El paradigma de nuestra resistencia está basado en la frase NO A LAS PRESAS. Que para nosotros quiere decir:

1. La población de la cuenca tuvo la necesidad de asignar representantes de cada actor social.
2. La gente de la cuenca ha aprendido a ya no temer las reacciones del gobierno y ahora tienen una participación activa a partir de 2010 cuando surge la amenaza sobre el río Pescados y

por ello surge y se mantiene vivo el colectivo de los Pueblos Unidos de la Cuenca de la Antigua para unificar a las comunidades y defender el río pescados del Proyecto de Propósitos Múltiples Xalapa PPMX.

3. Se borraron las fronteras municipales y se creó LA CUENCA ANTIGUA en el léxico de la población. Ya no hablamos de 11 municipios o de 43 pueblos, se habla de LA CUENCA de la ANTIGUA.
4. Un millón y medio de personas defienden desde todas las trincheras: sociales, económicas, ecológicas, culturales, educativas y familiares así como 2,326.43 km de río libre y salvaje que es parte de un patrimonio universal colectivo. Propio.
5. Los Derechos Humanos y sus garantías y obligaciones se traducen ahora en exigencias de la población a las autoridades y al prójimo propio o extraño a los que se les hace llegar el mensaje de peligro, la invitación a la lucha y, sobre todo la responsabilidad humana y social que tenemos con el planeta y con el medio ambiente.
6. Nuestra madurez social ha llegado al punto de acudir y recibir a otros afectados ambientales y aprender con ellos y de ellos a manejar y defender la cuenca compartiendo dolores, experiencias y soluciones.
7. Nuestra lucha ha sido considerada por otros luchadores un ejemplo, una estrategia y un parteaguas de cómo hay que comportarse siendo ciudadano ante las imposiciones del gobierno y su violencia.

Estos son los cambios sociales más significativos que hemos sufrido y que han ido a parar a la cultura y culturización de la población de la cuenca.

A lo largo de estos 6 años de lucha social las frases de guerra, la cultura del agua, la celebración de la vida del río; la información veraz y científica sobre los servicios ambientales que aportan cuerpos de agua como ríos y arroyos; la transmisión de los valores culturales con respecto al río han cambiado en su calidad y su nivel de concientización.

- Ahora celebramos en las plazas de nuestros pueblos con igual pasión el 15 de septiembre y el Día Mundial del Agua. Desfilamos orgullosos el 20 de noviembre gritando a todo pulmón ¡No a las Presas Viva Zapata!
- Actualmente, nuestros jóvenes y niños entienden el significado profundo y filosófico de frases como “Mexicanos al grito de guerra” cumpliendo con sus obligaciones como ciudadanos para exigir sus derechos como humanos.
- En estos tiempos, todos los actores sociales son ahora “evangelizadores” de esta nueva forma de pensamiento: el ecológico.
- Desde hace 6 años nuestras canciones, nuestros bailes, las oraciones, las fiestas y los festejos se hacen para nuestro río.
- La defensa de nuestro patrimonio natural es materia obligada en las escuelas de algunas comunidades de la cuenca.
- A través de la defensa del río y del manejo correcto de la cuenca, no hemos tenido cambios en nuestras economías y formas de vida: los pescadores siguen pescando, las mujeres siguen lavando y nuestros niños siguen jugando.
- Antes los pueblos de la cuenca recibían turistas deseosos de descanso y aventura; ahora, nuestros visitantes quieren ver con sus propios ojos la importancia del río y el porqué de su defensa. El mundo entero sabe lo que el gobierno mexicano quiere hacer en la Cuenca de la Antigua.

Yo no soy científica, ni investigadora, solo soy una mexicana más consternada, preocupada y en activo en la defensa del pedazo del planeta en el que ejerzo mi derecho de libre tránsito en mi país y mi derecho a un medio ambiente sano y a elegir donde quiero que mi familia viva. Yo escojo vivir en la Cuenca de la Antigua. Y seguir encausando al millón y medio de personas a defender la

cuenca en su entender de amor ecológico para que ustedes, gente de la academia puedan estudiar un río vivo y enseñarnos a nosotros un manejo de cuenca apropiado, sustentable, ideal.

Es por esto que la colectividad de la cuenca Antigua ha venido promoviendo ante el Consejo Consultivo Mexicano del Patrimonio Mundial la declaratoria de Patrimonio Natural y Cultural de la Humanidad al río Pescados. Creando con esto una herramienta de protección y conservación dentro del marco de la sustentabilidad.

Como estrategia para el futuro tenemos en nuestro presente la consigna de educar y concientizar a nuestras siguientes generaciones en este paradigma, para contrarrestar el embate de los megaproyectos que el gobierno realice con empresas extractivistas antes, durante y después de la reforma energética. Todo esto con el objetivo de lograr un manejo de cuenca sustentable realizado por sus mismos habitantes tal y como lo propone la iniciativa ciudadana de la Ley del Agua.

La Cuenca de la Antigua en este contexto y con un enfoque de sustentabilidad, ha sido objeto de estudio por académicos, candidatos a maestrías y doctorados cuyos trabajos forman parte de la nueva literatura en la investigación.

Conclusiones.

Dada la ingobernabilidad que se ha vivido en los últimos años en el estado de Veracruz, falta mucho trabajo por hacer:

- Se necesita gente de la academia para enseñarnos a reeducar a la población y concientizar a las generaciones venideras.
- Se necesita la ciudadanización de las instituciones para tenerlas al alcance y al entendimiento de la población.
- Y se necesita la voluntad de los tres niveles de gobierno para lograr una buena gobernanza.
- En lo que a nosotros corresponde continuaremos diciendo NO A LAS PRESAS con todo el peso de su significado.

La Cuenca de la Antigua es una fuente de vida que debe permanecer intocable. Para que la riqueza de esta siga siendo disfrutada y respetada por todas y todos sus habitantes.

REFERENCIAS

- Campos, A. D. F. (1996), *Procesos del ciclo hidrológico*, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, México.
- CONAGUA (2001), *Regiones y Cuencas Hidrológicas*. Sistema de Información Geográfica del Agua de la Región Golfo Centro de la CONAGUA, Carta 1:700 000.
- Campos López. Xóchitl Patricia. *Territorio y sacralización. El mito como herramienta en la defensa ambiental*. Ponencia en el XVI ALER 2016 en la Universidad Nacional de Costa Rica. UNA.
- Figura 1. La Evapotranspiración Real (ETR) en la cuenca del río La Antigua. revistas.unam.mx/index.php

[Regresar al índice](#)

Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental
maalbautista@gmail.com; aburgos@ciga.unam.mx,

RESUMEN

El objetivo del trabajo fue reconocer los hábitos y prácticas de manejo intradomiciliario del agua en las comunidades que habitan el sistema hidrográfico en la parte baja de la Cuenca del Río Balsas. Se aplicó una encuesta estructurada, dirigida a mujeres a cargo del hogar, en 203 viviendas de 19 localidades. Los resultados mostraron una asociación positiva y consistente entre el acceso a información y la adopción de prácticas de desinfección casera del agua, siendo la cloración la principal práctica utilizada (69%). El 48% de familias manifestaron que algún miembro padeció en el último año síntomas atribuidos al consumo de agua de mala calidad. Las ETAs más frecuentes fueron diarreas acompañadas de dolor abdominal, fiebre o vómitos. Ello sugiere deficiencias en el procedimiento casero de desinfección ó contaminación cruzada al interior de la vivienda. La población de las cuencas rurales acudió a casas comunitarias de salud (70%), pero los servicios públicos no ofrecieron un diagnóstico clínico en el 70% de las consultas realizadas. Los casos diagnosticados reportaron gastroenteritis, fiebre tifoidea e infecciones estomacales y renales, presentándose principalmente en la estación de lluvias; siendo la población infantil la más afectada. Es común que en estas cuencas se asuma que las fuentes de agua provenientes de partes altas o de norias cerradas proveen agua segura. Por ello, las deficiencias detectadas en el manejo intradomiciliario del agua alertan sobre la necesidad de incrementar el acceso a información para una mejor adopción de prácticas domésticas de desinfección del agua, principalmente en las familias que no acceden a la compra de agua para consumo presumiblemente libre de patógenos, como aquellas que si lo hacen pero pueden estar incurriendo en contaminación cruzada al interior de la vivienda.

Palabras clave: ETAs, manejo intradomiciliario del agua, cuencas hidrográficas.

1. INTRODUCCIÓN

La obtención de agua de calidad y cantidad suficiente y de fácil acceso para los usos personal y doméstico de las familias, es un derecho universal. Actualmente este derecho sigue siendo un privilegio de pocos (Merino, 2007), ya que los servicios de abastecimiento de agua segura a la población rural, donde los déficit son significativos aún siguen siendo un reto.

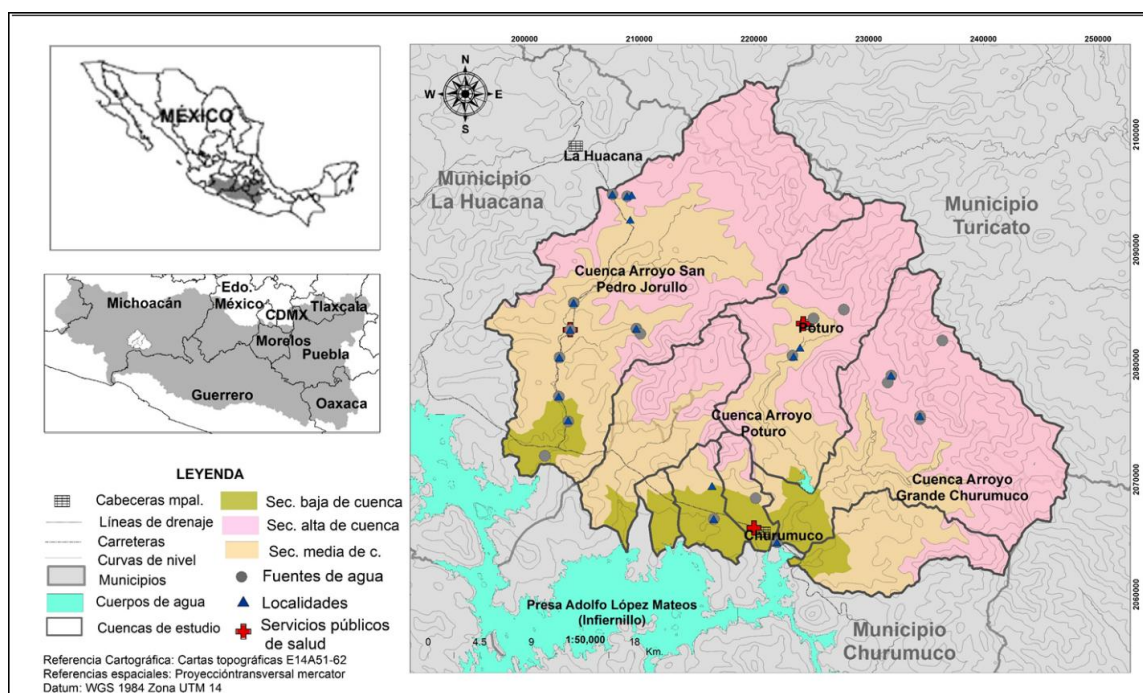
La mayor parte de las veces, la calidad bacteriológica del agua en la fuente de comunidades rurales no es apta para bebida. Además el constante manipuleo intradomiciliario realizado para su extracción desde los recipientes de almacenamiento, conlleva a la recontaminación aumentando de esta manera la probabilidad de que el agua se convierta en la causa del brote de algún tipo de enfermedad gastrointestinal (OPS, 2005).

En las áreas rurales marginadas las familias cuentan con baja escolaridad, falta de acceso a la información, grupos etarios extremos, aislamiento geográfico, falta de servicios de salud y abandono gubernamental (Akoachere, 2013, Bain *et al.*, 2014). Estos rezagos favorecen el manejo deficiente del agua al interior de la vivienda lo que está asociado a un mayor deterioro de su calidad e incremento de riesgos a la salud familiar (Günter y Schipper 2013, Rosa *et al.* 2014). El consumo de agua de buena calidad, constituye una de las intervenciones más importantes para interrumpir la vía de transmisión de enfermedades gastrointestinales hacia el hombre. Por ello este trabajo persiguió el objetivo de identificar las amenazas sobre la salud comunitaria asociadas al manejo intradomiciliario del agua en la población campesina que habitan cuencas rurales del Bajo Balsas.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Área de estudio

La investigación se realizó en el sistema hidrográfico situado en la Ribera Norte del Vaso del Embalse Adolfo López Mateos ó Presa Infiernillo (RN-PI) en el Estado de Michoacán, perteneciente a la sub-cuenca Bajo Balsas de la IV Región Hidrológica-Administrativa Balsas que incluye la cuenca del Rio Balsas y pequeñas cuencas de vertiente pacífica de la sierra-costa michoacana (CONAGUA, 2012)(Mapa 1). El sistema hidrográfico RN-PI está integrado por cuencas de mediana y pequeña extensión, de entre 3,000 y 47,000. La precipitaciones en esta zona son muy bajas por lo que enfrenta graves problemas de disponibilidad de agua (Méndez-Toribio *et al.*, 2014; Solorio, 2010).



Mapa 1. Sistema hidrográfico de estudio, ubicación de las fuentes de agua muestreadas, las casas de salud y las localidades en las que se aplicaron las encuestas para la obtención de información sobre la incidencia de enfermedades transmitidas por agua en el ámbito familiar.

Los asentamientos humanos se ubican de manera dispersa en el paisaje, con tamaños poblacionales desde 15 hasta 4725 habitantes (Cuadro 1); dominado por cerros y lomeríos las cuales muestran rezagos sociales y económicos que las clasifican como de alta y muy alta marginación (CONAPO 2012).

El abasto de agua a las comunidades es logrado a partir de fuentes provenientes de manantiales y acuíferos aluviales. Reciben el agua en sus viviendas por medio de conexiones domiciliarias precarias, conectadas a una red pública. En temporada seca las personas de las comunidades acostumbran a realizar pozos en los arroyos para abasto doméstico, mientras que a los animales los llevan a tomar agua directamente de los manantiales.

Al igual que en otras áreas rurales de países en desarrollo, las mujeres ocupan un papel central en la provisión y administración de agua para el hogar y la familia, y el cuidado de la salud. En el área, las familias son de bajos recursos y no pueden pagar servicios privados de salud, además de que no en todas las comunidades cuentan con casas de salud para atenderse de las enfermedades que puedan presentar.

2.2 Manejo intradomiciliario del agua y salud familiar

Para reconocer la situación existente en relación a la salud familiar y la calidad de agua en el ámbito de la vivienda rural del Bajo Balsas, se utilizó encuestas directas a jefes de familia.

Estructurada para recabar de manera ágil, información sobre el uso del agua en el ámbito familiar, las técnicas de potabilización utilizadas por las jefas de familia, y la incidencia de problemas de salud que pueden estar relacionados con el consumo de agua de mala calidad. La encuesta quedó integrada por 16 reactivos organizados en dos bloques de 6 y 10 preguntas respectivamente. Estas encuestas fueron diseñadas principalmente para las mujeres encargadas del hogar; es decir, para ser aplicada a las madres de familia ya que son ellas quienes cumplen con la ardua tarea de proteger la salud de los hogares y en muchas ocasiones a sanar las enfermedades que sufren a causa del consumo de agua contaminada.

Las encuestas fueron aplicadas en 16 localidades de las partes altas, medias y bajas, pertenecientes a 8 ejidos diferentes, cubriendo las tres cuencas de estudio, con una cobertura mínima del 20% de viviendas de cada localidad (Mapa 1).

En cada localidad la aplicación de las encuestas fue de forma aleatoria, aunque diseñado para mujeres encargadas del hogar se tomó en cuenta también hombres. Por lo tanto las encuestas consideradas para análisis de este trabajo fueron aquellas aplicadas a hombres y mujeres mayores de 20 años, desechando aquellas encuestas que carecían de datos y/o aquellas personas que no cumplían con el límite de edad y que carecían de conocimiento del tema en sus hogares. Finalmente los resultados obtenidos fueron capturados en una base de datos en Excel 2010 donde se contabilizaron y se analizaron por pregunta graficando para una mejor representación.

3. RESULTADOS

La encuesta para reconocer el manejo intra-domiciliario del agua y la incidencia de enfermedades transmitidas por el agua en las familias del Bajo Balsas fue aplicada en 203 viviendas. De estas 47 fueron descartadas debido a datos incompletos o a informantes que tenían menos de 20 años o que carecían de conocimiento suficiente del tema en sus hogares. El análisis final se realizó con 156 encuestas con una cobertura de 16 localidades. De estas, el 85% fueron contestadas por mujeres a cargo de la familia con las restantes por hombres (Cuadro 1).

Cuadro 1. Perfil de la muestra de informantes sobre el manejo doméstico del agua	
Cobertura espacial	19 localidades
# total de encuestas aplicadas	203
# de encuestas analizadas	156
Localidades	16

Perfil de los encuestados	Hombres : 15%	Mujeres: 85%
	Edad: 22-90	Edad: 20-93
	Campesinos: 56%	Adultas: 100%
	Escolaridad: Analfabetas (41%)	Encargadas del hogar : 89% Escolaridad: Primaria (31%)
Han recibido información	50%	

Los resultados mostraron que el agua para consumo doméstico en los hogares rurales de esta región es obtenida desde pequeñas purificadoras locales en un 46% de los casos, o adquirida de la red de agua de sus poblados (45%). Algunas familias la obtienen directamente de las aguas superficiales (arroyos) (8%) y norias familiares (1%). La cual es almacenada en garrafones, botes, entre otros.

El agua para uso en las actividades del hogar (bañarse, lavar, ect.) es obtenida de la red de agua del poblado principalmente (81%), seguida por directamente del arroyo (11%), así como de norias familiares (8%). Los tipos de almacenamiento mencionados para el agua utilizada para las actividades del hogar son botes y tinacos de plástico comerciales (tipo marca Rotoplas).

Para evitar enfermedades gastrointestinales causadas por el consumo de agua contaminada por enterobacterias el 49% de los hogares de las comunidades rurales mencionaron desinfectar el agua de consumo con los desinfectantes que les proporcionan en las casas de salud o bien con aquellos que estén al alcance de su economía y que han demostrado eficiencia en la desinfección del agua.

En relación con la incidencia de enfermedades en la familia que puedan estar relacionadas con el agua, el 48% de los hogares encuestados mencionaron que han sufrido de algún síntoma de las enfermedades transmitidas por el agua. Los signos y síntomas más mencionados son diarrea, dolor abdominal y vomito; los cuales en su mayoría duran menos de tres días; aunque en algunos casos mencionaron que estos síntomas se presentan de tres días a una semana. Los encuestados refirieron que los más afectados son los niños, mientras que los jóvenes son los menos afectados por las enfermedades transmitidas por el agua.

De acuerdo con la totalidad de la muestra de encuestas aplicadas, la presencia de enfermedades de este tipo fue ubicada principalmente a inicio de la época de lluvias (60%), mientras que el 72% de las familias indicaron que estos síntomas se presentan solo una vez al año con una recurrencia anual (44%). Así mismo el 70% mencionó que se atienden en las casas de salud o médicos particulares, así como en casa (30%). Aun cuando reciben asistencia médica el 70% de las familias encuestadas mencionó no saber el diagnóstico médico, únicamente reciben indicaciones para aliviar y prevenir estas enfermedades. En ninguna comunidad encuestada se presentó casos de muerte a causa de alguna enfermedad transmitida por el agua.

Las poblaciones donde el 50% o más de las familias presentan síntomas de enfermedades transmitidas por el agua fueron **en su mayoría** comunidades pequeñas, a excepción de Churumuco; en el caso de las comunidades más grandes estas suelen presentar un menor número de familias que en algún momento han padecido síntomas de las enfermedades transmitidas por el agua (Fig. 1).

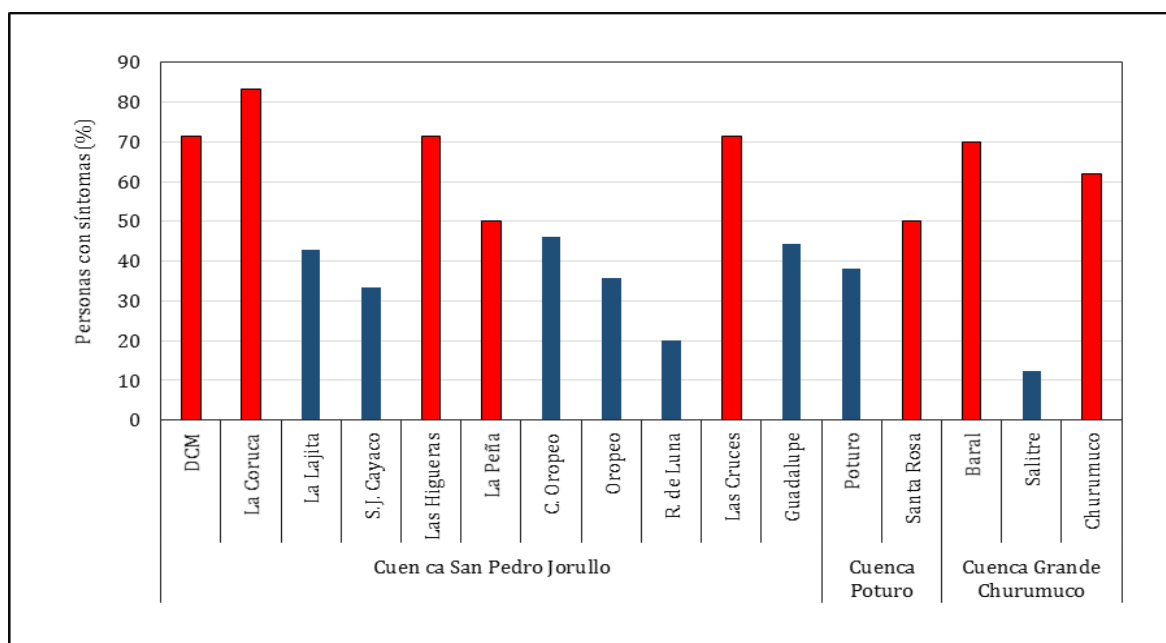


Fig. 1. Incidencia de personas con síntomas de enfermedades transmitidas por el agua en las diferentes comunidades rurales.

4. DISCUSIÓN

Los resultados mostraron que las enfermedades diarreicas (EDA's) tienen una incidencia del 71% en niños y adultos mayores de esta región. Aunado a ello, en el 51% de viviendas no se tienen prácticas de desinfección de agua, y en casi la totalidad de poblados los equipos de desinfección comunitarios no funcionan por problemas logísticos, falta de fondos y niveles inadecuados de operación y mantenimiento. Por su parte, las autoridades municipales y de salud no se encargan de la vigilancia de la calidad del agua. Dada la alta marginación de las poblaciones del Bajo Balsas y la fuerte vulnerabilidad social asociada (Mena, en preparación), existe un riesgo importante para la salud de la población rural de esta área.

En esta región, las comunidades asumen que las fuentes de agua provenientes de partes altas, norias cerradas o garrafones adquiridos proveen agua segura. Por ello, las deficiencias detectadas en el manejo intradomiciliario del agua alertan sobre la necesidad de incrementar el acceso a la información para una mejor adopción de prácticas domésticas de desinfección del agua. La

severidad de la contaminación de las fuentes puede exacerbarse en el hogar debido a la concentración bacteriana en los contenedores domésticos (Momba y Notsche 2003; Günther y Schipper 2013).

Las condiciones del Bajo Balsas resultaron similares a aquellas reportadas para los contextos rurales en otros países de América Latina (AL) y otros países periféricos. Los impactos de condiciones inadecuadas del agua varían en función de la edad y el nivel de ingresos, afectando a niños pequeños (1 a 5 años) y a la población pobre principalmente (Merino, 2007). La desinfección por cloro es la principal práctica intradomiciliaria en las comunidades rurales en todo el mundo, a pesar de la inquietud respecto a su seguridad. Muchos factores culturales y económicos influyen en la decisión de desinfectar el agua en la casa tales como la disponibilidad, el costo, la logística, y la seguridad (Reid, 199; Wright *et al.* 2004). La falta de operación de los equipos de cloración en el Bajo Balsas reproduce las condiciones del 75% de los sistemas de abasto comunitarios en AL y el Caribe, los cuales carecen de medidas de desinfección regulares (OPS, 1984 citado por Aguilar 2000, Reif, 1996).

Las dificultades de la población vulnerable para acceder a los servicios de salud con diagnósticos certeros y medicinas alerta sobre la necesidad de mayores acciones de prevención que reduzcan las amenazas a la salud derivadas de la calidad deficiente de las fuentes de agua.

5. CONCLUSIONES

El agua de uso y consumo en los hogares de los poblados de estas cuencas, son susceptibles de contaminación. Esta condición representa una amenaza a la salud de las familias campesinas que puede ser reducida con una mayor disseminación de información oportuna, lo que incide claramente en la adopción de técnicas domesticas de desinfección. Ello es requerido para las familias sin acceso a compra de agua para consumo así como también para aquellas que si lo hacen pero pueden estar incurriendo en contaminación cruzada al interior de la vivienda.

El manejo intradomiciliario del agua es muy deficiente en la región de estudio. Por ello la atención a los medios disponibles la disseminación de medios tecnológicos, técnicos e información para el tratamiento del agua de uso doméstico a nivel comunitario y domiciliario son fundamental en la población. Para su propia protección sanitaria estos deben ser componentes básicos de las estrategias integrales para el alcance de la salud pública en cuencas rurales del trópico seco en México.

6. REFERENCIAS

- Aguilar P.P., J.A. Cepero M. y G. Coutin M. (2000). La calidad del agua de consumo y las enfermedades diarreicas en Cuba, 1996-1997. *Rev. Panam. Salud Pública*. Vol. 7. No. 5. 313-318 pp.
- Akoachere, J.-F. T. K., Omam, L.-A., & Massalla, T. N. (2013). Assessment of the relationship between bacteriological quality of dug-wells, hygiene behaviour and well characteristics in two cholera endemic localities in Douala, Cameroon. *BMC Public Health* 13(1), 692.
- Bain, R. E. S., Wright, J. A., Christenson, E., & Bartram, J. K. (2014). Rural:urban inequalities in post 2015 targets and indicators for drinking-water. *Sci. Total. Environ.* 490(2014), 509–513.
- CONAGUA. (2012). Estaciones hidrométricas. Disponible en: http://www.conagua.gob.mx/atlas/mapa/11/index_svg.html
- CONAPO. (2012). Índice de marginación por localidad 2010. Capítulo 3. CONAPO. México D.F. 36 pp.
- Günther I., & Schipper Y. (2013). Pumps, germs and storage: the impact of improved water containers on water quality and health. *Health Econ.* 22 (7), 757–774.
- Mena, A. (En preparación). Vulnerabilidad social ante el estado de los recursos hídricos en el trópico seco michoacano. Tesis de Maestría en Geografía, Posgrado en Geografía UNAM.
- Méndez-Toribio, M., Martínez-cruz, J., Cortés-flores, J., Rendón-sandoval, F. J., & Ibarra-manríquez, G. (2014). Composición , estructura y diversidad de la comunidad arbórea del bosque tropical caducifolio en Tziritzícuaro , Depresión del Balsas , Michoacán , México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85, 1117–1128 pp.
- Merino L.B. (2007). El derecho al agua en zonas rurales: El caso de las municipalidades distritales. Informe Defensorial No. 124. Perú. 1-232 pp.
- Momba, M. N., & Notshe, T. L. (2003). The microbiological quality of groundwater-derived drinking water after long storage in household containers in a rural community of South Africa. *J Water Supply Res. T.* 52(1), 67-77.
- OPS (2005) Guía para el mejoramiento de la calidad del agua a nivel casero. Organización Panamericana de la Salud. Lima, Perú, 59 pp.
- Reid R. (1991). Situación de la desinfección del agua en América Latina y el Caribe. OPS/OMS. Washington D.C. 1-14 pp.

- Reif FM. (1996). La calidad del agua potable en América Latina: ponderación de los riesgos microbiológicos contra los riesgos de los subproductos de la desinfección química. El estado de la desinfección del agua potable en América Latina y el Caribe. ILSI Press. Washington D. C. 101-114 pp.
- Rosa, G., Huaylinos M.L., Gil, A., Lanata, C. & Clasen, T. (2014). Assessing the consistency and microbiological effectiveness of household water treatment practices by urban and rural populations claiming to treat their water at home: A case study in Peru. PLoS ONE 9(12): e114997.
- Solorio R.G. (2010). Diagnóstico de una pequeña cuenca y de sus dos principales cauces así como su planificación de uso, en el municipio de Churumuco, Michocán, México. Tesis de Licenciatura. UMSNH. Fac. De Biología. 137 pp.
- Wright, J., Gundry, S., & Conroy, R. (2004). Household drinking water in developing countries: a systematic review of microbiological contamination between source and point of use. Trop. Med. Int. Health 9(1), 106-117.

Extenso ID: 266. Teresa Gutiérrez Mercadillo, Michelle Morelos, Jaime Suaste. APLICACIÓN NUESTRA AGUA: PLATAFORMA DIGITAL PARA CONTRIBUIR A UNA GESTIÓN SUSTENTABLE DEL AGUA A NIVEL DE CUENCA

[Regresar al índice](#)

Fondo para la Comunicación y la Educación Ambiental, A.C.

Torrente 115, Col. Las Águilas, México, D.F.

teregutierrez@eambiental.org (1); app@agua.org.mx(2), redes@agua.org.mx (3)

RESUMEN

La aplicación “Nuestra agua” nació para facilitar el registro y difusión de información geo-referenciada de las cuencas hidrológicas del país y acercar a las personas el conocimiento sobre el estado que guarda el agua de su localidad. Sus objetivos son crear un mapa interactivo y actualizado que permita analizar las condiciones del agua a nivel de cuenca, integrar una comunidad virtual a nivel nacional que genere, intercambie y comparta contenidos respecto al agua que a su vez permita contrastar información de diversas fuentes sobre el tema y ponga al alcance de la sociedad en su conjunto información actual, fidedigna, clara y relevante sobre el agua en su cuenca.

La plataforma se construirá a partir de la colaboración de diversos socios locales (ONGs, gobierno y academia), quienes compartirán la información y experiencia de trabajo que consideren relevante para la gestión y manejo del agua en su(s) cuenca(s). Con la comprensión de los elementos más relevantes del ciclo hidro-social del agua se fomenta en la población un sentimiento de pertenencia y corresponsabilidad en su cuidado y manejo, necesario para la correcta toma de decisiones.

ABSTRACT

"Nuestra agua"¹⁹ was created to facilitate the registration and dissemination of geo-referenced information of watersheds in México. Its objectives are to create an interactive updated map to analyze the conditions of water at basin level, integrating a virtual community to generate, exchange and share content about water, and in turn allows contrast information from different sources on this topic and its dynamics in the country and make available to people a set of current, accurate, clear and relevant information about water in their basin.

The platform is built from open data collaboration of local partners (NGOs, government and academia) who will share their own work or that, they consider relevant for water management in their basin. With the understanding of the most important elements of the hydro- social cycle of water it is promoted in the population a sense of ownership and responsibility in the care and management , necessary for proper decision making.

Palabras clave: agua, aplicación, cuenca, manejo, mapa.

Keywords: water, application, basin, mangement, map

¹⁹ Our Water

INTRODUCCIÓN

Hablar de *cuencas* y *sustentabilidad* no es algo que suceda en las charlas de café entre amigos o familiares. Estos conceptos permanecen aún lejanos en el vocabulario cotidiano de buena parte de la población y su comprensión es fundamental para entender la problemática del agua en su real dimensión.

El Fondo para la Comunicación y la Educación Ambiental (FCEA) (www.eambiental.org) es una organización sin fines de lucro que se constituyó en 2002 con la misión de “contribuir al desarrollo de una cultura que comprometa a la sociedad con el mundo natural y cultural que la sustenta”. Uno de sus proyectos, el portal del agua (www.agua.org.mx), ha trabajado desde 2004 con la intención de difundir las diversas aristas que componen el tema agua. Al paso de los años se han divulgado materiales que ofrezcan al usuario conceptos para el entendimiento de la complejidad de este elemento.

Para cumplir su labor el FCEA centra su quehacer en el eje comunicación – educación, y trabaja en la gestión de recursos para impulsar la educación ambiental a diferentes niveles y fomentar el desarrollo de valores, hábitos, conocimientos, actitudes y habilidades en la población, así como en el acceso a información confiable sobre la situación ambiental de México que contribuya significativamente al proceso de formación de una ciudadanía participativa y responsable.

En ese marco, el FCEA ha trabajado en “*Nuestra agua*”, una propuesta que pone a disposición del usuario una plataforma virtual de información geo-referenciada de las cuencas hidrológicas del país, de construcción colectiva en la que se puede sumar información de agua de su entorno y le ofrezca la posibilidad de sumarse al proceso de participación orientada a mejorar las condiciones de la cuenca en la que reside. Con la intención acercar a la población con el conocimiento del agua de su localidad, se

El agua ¿de dónde viene?, ¿hacia dónde va?, ¿quiénes son los actores que trabajan en el tema? ¿A quién puedo acudir con mi queja o propuesta de solución? ¿Qué trabajos se están llevando a cabo?, son algunas de las preguntas sobre el tema del agua que la ciudadanía debe tener oportunidad de saber la respuesta.

Esta herramienta que busca ser una base de información colectiva, comunidad de consulta, red de denuncias y propuestas de solución caracterizada por su pluralidad de ideas, y que busca generar en la población un sentimiento de responsabilidad sobre el agua y las condiciones de sus cuencas.

Pretende facilitar el acceso a información fidedigna y relevante para la gestión del agua en las cuencas del país, la comprensión de los elementos más relevantes del ciclo hidro-social del agua en cada cuenca, la interacción e intercambio de experiencias de trabajo entre organizaciones de la sociedad civil, el sector académico, el sector gubernamental, entre otros involucrados e interesados en el tema del agua y la comprensión de la problemática del agua en cada cuenca, con una perspectiva desde lo local.



Figura 1. Visualización de usuario de *Nuestra agua*. Fuente: <http://app.agua.org.mx/>

La aplicación ya se encuentra en línea (<http://app.agua.org.mx/>) y, próximamente estará lista en su versión para móviles; disponible para su descarga gratuita en plataformas como *Google Play* y *App store*.

JUSTIFICACIÓN

En los últimos años el desarrollo de la tecnología digital ha propiciado el crecimiento de comunidades virtuales, entendidas por Manuel Castells (1996) como “redes electrónicas autodefinidas de comunicación interactiva, organizada en torno a un interés o propósito compartido”. Con la creación de "Nuestra agua" buscamos conformar una comunidad caracterizada por la cooperación y difusión de contenidos creados por los mismos usuarios en torno al tema del agua.

Internet se ha posicionado como el medio para transmitir información con mayor crecimiento en la última década. En 2013 aumentó 13% su penetración en nuestro país; cerca de 51 millones de personas utilizan la red y se espera que la cifra aumente año con año, asegura la Asociación Mexicana de Internet (AMIPCI) (2014).

El uso de nuevas tecnologías es la manera más rápida, económica y accesible para transmitir un mensaje de protección, cuidado y cultura del agua. Según la AMIPCI el 84% de los internautas mexicanos ha descargado alguna aplicación, y aunque el principal dispositivo para conectarse a

internet sigue siendo la computadora (laptop o PC), 5 de cada 10 internautas se conectan por medio de su smartphone”.

En la aplicación, concepto definido por Octavio Rojas Orduña (2013) como “programas informáticos que permiten a la gente realizar cosas de forma conjunta o colaborativa” se permite subir contenidos, como fotografías y videos, que podrán ser consultados en tiempo real por otra persona que se encuentre en un lugar distinto, rompiendo las barreras de espacio/tiempo. En este sentido es importante precisar que la herramienta no es una plataforma para cargar documentos, sino sirve para enlazarlos a los sitios en donde ya están publicados.

Esta herramienta permite publicar imágenes directamente a su servidor y archivos y videos enlazados desde otro sitio pero enlazados a la aplicación. Estos contenidos podrán ser consultados en tiempo real por otra persona que se encuentre en un lugar distinto, rompiendo las barreras de espacio/tiempo.

Las colaboraciones voluntarias a *Nuestra agua* asegurarán que los datos se mantendrán en permanente estado Beta, es decir, cambian, innovan y evolucionan de manera continua; se trata pues de una plataforma en construcción permanente por organizaciones no gubernamentales, empresas, academia y ciudadanía en general.

Toda persona interesada en inscribirse a *Nuestra agua*, además de tener la opción de hacerlo por medio de su correo electrónico, también podrá hacerlo al iniciar su sesión de Facebook y Twitter. Lo anterior significa una gran ventana de oportunidad para la propagación del mensaje debido a que del total de la población mexicana con acceso a Internet, menciona el AMIPCI, 9 de cada 10 personas tienen como principal actividad el uso de las redes sociales.

La creación de comunidades virtuales caracterizadas por su penetración y flexibilidad, las posiciona, menciona Castells (1996), como medios poderosos para reforzar la cohesión social y tienen la capacidad de abarcar e incluir todas las expresiones culturales. La herramienta que proponemos responderá a la necesidad inmediata de ofrecerle al público un espacio de información sobre problemáticas que lo afectan de manera directa, y que le permitirá involucrarse en el tema de cuencas, convirtiéndolo en un agente de cambio consciente de su entorno.

MATERIALES Y MÉTODOS

El agua es un elemento que relaciona la dinámica natural y social en las regiones. En la actualidad es muy claro que para su gestión sustentable, es necesario considerar el enfoque de cuenca²⁰. Esta visión reconoce como unidad el territorio limitado por el relieve; en el cual ocurre el ciclo del agua y por donde ésta hacia una corriente principal hasta desembocar en un punto común de salida. De forma que lo que ocurre en las partes altas de la cuenca, repercute directamente en lo que ocurre en sus porciones más bajas. El agua es el elemento articulador de la dinámica social y natural.

En México, de acuerdo con INEGI, INE y CONAGUA contamos con 1,471 cuencas. En "Nuestra agua" la delimitación que se utilizó se basa en el trabajo “Cuencas hidrográficas de México. Diagnóstico y Priorización” (Cotler, 2010), que agrupó todas las cuencas del país en 393 con base en sus características socio ambientales y económicas. Cada cuenca está representada gráficamente

²⁰ Las cuencas son el territorio por donde corre el agua hacia una corriente principal para desembocar en un punto común de salida [océanos o lagos])

en la aplicación (en *google maps*) y se convierte en la unidad para la cual es posible capturar información. Al ingresar al sistema, los socios locales se ubican automáticamente en su cuenca y pueden ingresar información como puntos, geográficamente referenciados vinculados a esta.

El tipo de información incluida gira alrededor de 6 grandes temas en los cuales, los socios locales, aquellos representantes de Organizaciones de la Sociedad Civil (ONGs), Responsabilidad Social Empresarial (RSE), gobierno, universidades y ciudadanía interesada en la temática capacitados para publicar en el sistema, pueden incidir y publicar contenido en el menú:

¿De dónde viene el agua que usas? La primera categoría tiene por objetivo conocer el origen y la forma en que obtenemos el agua para realizar nuestras actividades quienes habitamos en una cuenca. Las sub-categorías que la componen son: obras de captación y distribución (presas, pozos, plantas potabilizadoras, red de agua), aguas subterráneas (acuíferos, cenotes), importación de otras cuencas, infraestructura, reúso y captación de agua de lluvia.



Figura 2. Visualización de la sección *¿de dónde viene el agua que usas?* Fuente: <http://app.agua.org.mx/>

¿A dónde va el agua que usas? Esta sección tiene por objetivo el conocer, lo que pasa con el agua que recibimos y con aquella que ya hemos utilizado quienes habitamos en una cuenca; las subcategorías en las que se puede incluir información son: drenaje, fosas sépticas, plantas de tratamiento, ríos, lagos, mares, humedales, manglares, obras de almacenamiento, exportación de agua a otras cuencas, recarga artificial, evapotranspiración y recarga natural (datos independientes del uso humano).



Figura 3. Visualización de la sección *¿a dónde va el agua que usas?* Fuente: <http://app.agua.org.mx/>

¿Cuánta hay y en qué se usa? Para entender la disponibilidad y sus diferentes formas de consumo, los volúmenes de agua para una cuenca y el uso que se da a esta. Sus sub-categorías son: disponibilidad natural, uso doméstico, uso industrial (concesiones y asignaciones), uso agropecuario (concesiones, asignaciones, distritos y unidades de riego), reúso (agrícola, industrial), fugas, uso de ecosistemas, usos consuntivos, usos recreativos, tarifas y costos.



Figura 4. Visualización de la sección *¿cuánta hay y en qué se usa?* Fuente: <http://app.agua.org.mx/>

Actores Clave. En esta categoría se menciona a aquellos actores cuya actividad incide directamente en la forma en que se utiliza el agua; Gobierno federal, gobierno estatal, gobierno municipal, gobierno municipal/delegacional, organismos operadores, consejos/ comités de cuenca, poder legislativo, poder judicial, organizaciones de la sociedad civil, academia, ejidos y grupos étnicos, asociaciones (ANEAS, COTAS, distritos y unidades de riego), observatorios ciudadanos, áreas naturales protegidas, organismos internacionales.



Figura 5. Visualización de la sección *Actores Clave*. Fuente: <http://app.agua.org.mx/>

Problemas y riesgos. La temática en este rubro está orientada a conocer cuáles son los principales problemas del agua en las diferentes cuencas del país; Las subcategorías que abordan este tema en

el menú son: escasez, déficit, falta de agua potable, ineficiencia en el uso, megaproyectos (presas, desarrollos inmobiliarios y hoteleros, sobreexplotación (abatimiento de acuíferos, etc.), contaminación (minería, agricultura, industria, etc.), falta de información veraz y actualizada, deforestación y erosión (sobrepastoreo, avance de la frontera agrícola), conflictos sociales, cambio en el uso de suelo, especies invasoras, intrusión salina, hundimiento.



Figura 6. Visualización de la sección *Problemas y riesgos*. Fuente: <http://app.agua.org.mx/>

Propuestas y alternativas. Se pretende identificar formas para enfrentar el reto de abastecer agua de calidad y cantidad suficiente a los mexicanos sin dañar la integridad de los ecosistemas en México, se trata de proponer acciones que promuevan el manejo sustentable del vital líquido desde una perspectiva de corresponsabilidad entre autoridades, instituciones de investigación y ciudadanos. Las subcategorías para este tema son: restauración de cuencas, activismo y participación comunitaria (campañas, Asambleas, talleres), educación y capacitación, uso eficiente (ahorro, tecnificación, ecotecnias de captación, y aprovechamiento de agua), agroecología, huertos urbanos.



Figura 7. Visualización de la sección *Propuestas y alternativas*. Fuente: <http://app.agua.org.mx/>

Existen dos niveles de participación en esta herramienta: la primera destinada al público en general que esté suscrito a la plataforma y que desde su dispositivo móvil (tableta o teléfono inteligente) pueda informar en tiempo real alguna situación que encuentre y quiera compartir. Para ello,

necesitará estar dado de alta como miembro de Nuestra agua y tener una sesión activa, (Figura 8). Cabe mencioan que en este nivel de participación, sólo se tiene incidencia en categorías de la plataforma: *Problemas y riesgos* y *Propuestas y Alternativas*.



Figura 8. Visualización de la suscripción. Fuente: <http://app.agua.org.mx/>

El otro nivel de participación está destinado a instituciones y organizaciones que desarrollen trabajos en diversas cuencas; este nivel tiene incidencia en todas las categorías de la herramienta, con la finalidad de que encuentren un espacio para publicar su información según la temática desarrollada en su trabajo.

La lógica de la aplicación funciona con base en la publicación de **Lugares**, publicaciones que tienen una dirección y coordenadas geográficas específicas y **Contenidos**, se refiere a publicaciones con información general que, en todos los casos deberá estar ligada a un Lugar previamente capturado, para que pueda visualizarse en la cuenca a la que corresponde.

En el módulo de *Lugares* se publica la información sobre lugares relevantes para la cuenca, por ejemplo sitios de plantas de tratamiento, sitios de descarga, lugares de oficinas vinculadas a la gestión del agua, lagunas, áreas protegidas, sitios de trabajo, sitios demostrativos o cualquier información con ubicación geográfica específica.

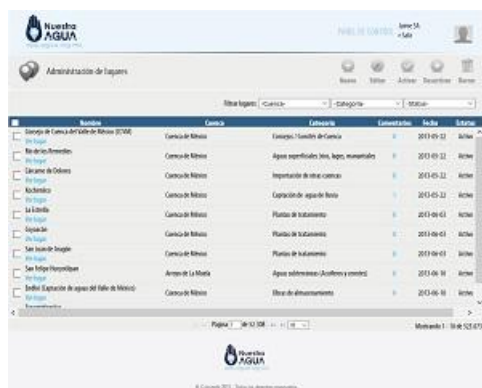


Figura 9. Panel de control. Lugares. Fuente: <http://app.agua.org.mx/>

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El espíritu de este proyecto es la sinergia, en principio entre las organizaciones cuyo principal interés es el agua en el país. Hasta el momento somos más de **33 socios locales** que en pocos meses nos hemos integrado y publicado de manera constante nuestros proyectos e información general de nuestra(s) cuenca(s) en esta plataforma virtual.

Este proyecto es apenas un inicio. Se pretende una construcción colectiva del conocimiento y se convoca a que las organizaciones que trabajan en las diversas cuencas del país encuentren en esta plataforma una herramienta que les permita reflejar los resultados de sus trabajos y contrastarlos con los datos arrojados por otras instancias.

Es un espacio para el debate y el análisis. Construir el conocimiento es una responsabilidad compartida que encuentra en *Nuestra Agua* un espacio que solo verá resultados con la participación constante, voluntaria y propositiva de las organizaciones de la sociedad civil, las universidades, las distintas dependencias gubernamentales y todo aquel ciudadano que tenga una legítima preocupación por ayudar a resolver la problemática del agua de su localidad para mejorar las condiciones del país.

LITERATURA CITADA

- Asociación Mexicana de Internet (2014). Estudio sobre los hábitos de los usuarios de internet en México 2014. En Día Mundial de Internet. Evento llevado a cabo en México. Recuperado de https://www.amipci.org.mx/estudios/habitos_de_internet/Estudio_Habitos_del_Internauta_Mexicano_2014_V_MD.pdf
- Castells, M. (1996). La era de la información. En Siglo XXI, Economía, Sociedad y Cultura (pp. 386). Recuperado de <http://herzog.economia.unam.mx/lecturas/inae3/castellsm.pdf>
- Rojas-Orduña, O. (2013). 6 KPIs que no hay que olvidar para medir el éxito de su app. Recuperado de <http://www.marketingdirecto.com/especiales/mobile-marketing-blog/6-kpis-que-no-olvidar-para-medir-el-exito-de-su-app/>

Extenso ID: 311. Alejandro Juárez Aguilar, Claudia Jeanette González Gómez, Paola Carranza Hernández. GOBERNANZA AMBIENTAL EN LAS CUENCAS DEL RÍO COAHUAYANA Y LAGO ZAPOTLÁN

[Regresar al índice](#)

corazondelatierra@gmail.com, tecnicact@gmail.com

Instituto Corazón de la Tierra,

RESUMEN

Utilizando la metodología Governance Diagnosys System (GDS) se determinó el valor de 60 indicadores de gobernanza ambiental para el conjunto del área Coahuayana-Zapotlán, subdividida en tres subcuencas: Zapotlán, Tamazula-Tuxpan, y Naranjo-Pihuamo-Ahuijulio. La herramienta principal fue el intercambio de información entre integrantes de los tres órganos de gobierno, organizaciones de la sociedad civil y grupos de investigación. Los resultados muestran una gobernanza pobre con un promedio de 3.7 sobre un valor máximo de 10. Para el conjunto del área ningún componente obtuvo un valor equivalente o mayor de 5, lo que indica un conjunto de condiciones de desarrollo reducido, en donde la Información es escasa y poco disponible, la Participación es menor y percibida como de escasa efectividad, las Instituciones son consideradas de poca representación por parte de los sectores que interactúan en el territorio; y las Políticas de Manejo, la opciones Tecnológicas y el Financiamiento están poco desarrolladas, tienen impacto reducido y con frecuencia se implementan sin la participación de los grupos que serán afectados o beneficiados por las mismas. Con los resultados se integró una Estrategia de mejoramiento de Gobernanza, que forma parte del Programa de Manejo Integral de la Cuenca del Río Coahuayana y la Cuenca Endorreica del Lago de Zapotlán, elaborado para la Junta Intermunicipal de la Cuenca del Río Coahuayana.

Palabras clave: Diagnóstico, manejo integral, ILLMB

1 INTRODUCCIÓN

La gobernanza es un término que reconoce la importancia de la acción del gobierno (en sus diversos niveles y componentes) pero también la necesidad de vincular su acción a otros grupos y sectores que interactúan en un espacio determinado a través de redes de interacción público-privado-civil a lo largo de ejes locales-globales (Prats, 2001). Lo anterior aumenta la legitimidad y eficacia de las acciones emprendidas, reduciendo de forma importante los costos sociales de la implementación de políticas públicas. La gobernanza es una noción que busca -antes que imponer un modelo- describir una transformación sistemática compleja que se produce a distintos niveles: de lo local a lo mundial; y en distintos sectores: público, privado y civil (Prats, 2001).

El Integrated Lake Basin Management (Manejo Integral de Cuencas Lacustres, denominado de aquí en adelante como ILBM), es un marco conceptual que considera como elemento base para el adecuado manejo de un lago y su cuenca el mejoramiento constante de la gobernanza, la cual está conformada por seis componentes interrelacionados e igualmente importantes: a) *Instituciones* para el manejo de la cuenca y los cuerpos de agua dentro de la misma, para beneficio de todos los usuarios de dichos recursos; b) las *Políticas de manejo* que regulen el uso de los recursos del lago y

la cuenca en que se encuentran; c) la *Participación* organizada de las personas y grupos como requisito esencial para el manejo de cuencas, d) La clarificación de las posibilidades *Tecnológicas* y las limitaciones existentes para cada caso; e) la *Información* (su existencia, actualización y acceso) tanto de carácter tradicional como científico, y f) la disponibilidad *Financiera* para permitir llevar a la práctica las actividades de manejo del territorio. Los seis puntos mencionados constituyen los Componentes o Pilares del ILBM.

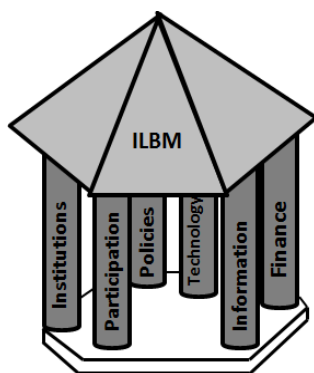


Figura 1. Pilares de la gobernanza ILBM.

Así se identificó la necesidad de conciliar en una sola plataforma los aspectos de manejo de cuencas de ríos y lagos, dando lugar a la creación del ILLBM (Integrated Lentic-Lotic Basin Management o Manejo Integral de Cuencas de Cuerpos Lóticos y Lénticos; ILEC, 2013). El ILLBM mantiene como un aspecto central para el manejo de cuencas la integración de acciones que vinculen los factores ecológicos con los sociales. Plantea aproximaciones prácticas para conseguir la restauración, conservación y manejo de los ecosistemas terrestres y acuáticos localizados en las cuencas; el aprovechamiento de los recursos disponibles en la misma y el entramado de instituciones regionales, nacionales e internacionales con interés en los rubros de agua, desarrollo social y conservación de recursos.

El ILLBM impulsa tres aspectos vinculados e igualmente importantes:

1. Las características únicas y complementarias de ríos y lagos.
2. La necesidad de mantener los servicios ambientales proveídos por los ecosistemas de la cuenca.
3. La importancia de fortalecer la gobernanza como mecanismo base de manejo.

El nivel de manejo efectivo de una cuenca depende en forma directa del nivel de gobernanza en la misma, por lo cual resulta crucial contar con diagnósticos precisos de la gobernanza para diseñar planes o programas de mejoramiento de la misma.

2 MATERIALES Y MÉTODOS

El análisis y monitoreo de la gobernanza ambiental se realizó usando la metodología Governance Diagnosis System (GDS) desarrollada por Juárez (2012) y aplicada en México, Estados Unidos de América (Saunders, 2012) y Malawi-Tanzania (Limbitso y Muhandiki, 2015). Consiste en el monitoreo de 60 indicadores, correspondientes a 6 componentes de gobernanza ambiental: Información, Participación, Políticas de Manejo, Instituciones, Tecnología y Financiamiento. Los indicadores se diseñaron para evaluarse en una escala numérica de 0 a 10 siendo “0” la ausencia

total y “10” su desarrollo óptimo. Con el promedio de los 10 indicadores se obtiene el valor del Componente al que pertenecen. Todos los indicadores fueron planteados para ser abordados con la participación de los sectores involucrados en el manejo de la cuenca de interés (sectores gubernamental –municipal, estatal y federal-, organizaciones de la sociedad civil, instancias de investigación y otros), los cuales deben tomar parte en un taller de trabajo. Dicho grupo recibe información de referencia sobre la cuenca el cual integra datos de tipo social, ecológico y productivo, los conflictos entre los mismos y sucesos relevantes ocurridos en la cuenca. Dicha información se recaba tanto de fuentes documentales como a través de recorridos de campo y entrevistas con personajes clave (Juárez, 2013).

De forma complementaria debe elaborarse un mapa de actores que identifique los grupos e instituciones de cada sector con vinculación en la cuenca. El mapa de actores permite tener una comprensión clara de los grupos específicos que interactúan en la cuenca y las relaciones que mantienen entre ellos.

3 RESULTADOS

La realización del GDS de las cuencas Coahuayana y Zapotlán se llevó a cabo a través de tres talleres que contaron con la asistencia de 13 instituciones, siendo estas las siguientes:

Sectores	Nombre	Número total
Grupos de investigación	<ul style="list-style-type: none"> • Universidad de Guadalajara, Centro Universitario del Sur • Instituto Corazón de la Tierra 	2
Organizaciones de la sociedad civil (OSC)	<ul style="list-style-type: none"> • Alianza Ciudadana para el Desarrollo Regional Alternativo – Sur de Jalisco (ACDRA-SURJA) • Zapotlán ecológico 	2
Instancias de gobierno	<ul style="list-style-type: none"> • Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) • Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial (SEMADET) • Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación (SAGARPA) 	3
Gobierno municipal	<ul style="list-style-type: none"> • Zapotlán el Grande • Gómez Farías • Tonila • Pihuamo • Tecalitlán • Tamazula • Concepción de Buenos Aires 	7

Tabla 1. Instituciones participantes en el GDS Coahuayana-Zapotlán.

Se determinó el valor de los 60 indicadores de gobernanza para el conjunto del área Coahuayana-Zapotlán y para tres de sus componentes: subcuenca Tamazula-Tuxpan, subcuenca Zapotlán y subcuencas Naranjo y Pihuamo-Ahuijullo. Los resultados muestran una gobernanza pobre con un promedio de 3.7 sobre un valor máximo de 10.

Para el conjunto del área ningún componente obtuvo un valor equivalente o mayor de 5, lo que indica un conjunto de condiciones de desarrollo reducido, en donde la Información es escasa y poco disponible, la Participación es menor y percibida como de escasa efectividad, las Instituciones son consideradas de poca representación por parte de los sectores que interactúan en el territorio; y las Políticas de Manejo, la opciones Tecnológicas y el Financiamiento están poco desarrolladas, tienen impacto reducido y con frecuencia se implementan sin la participación de los grupos que serán afectados o beneficiados por las mismas.

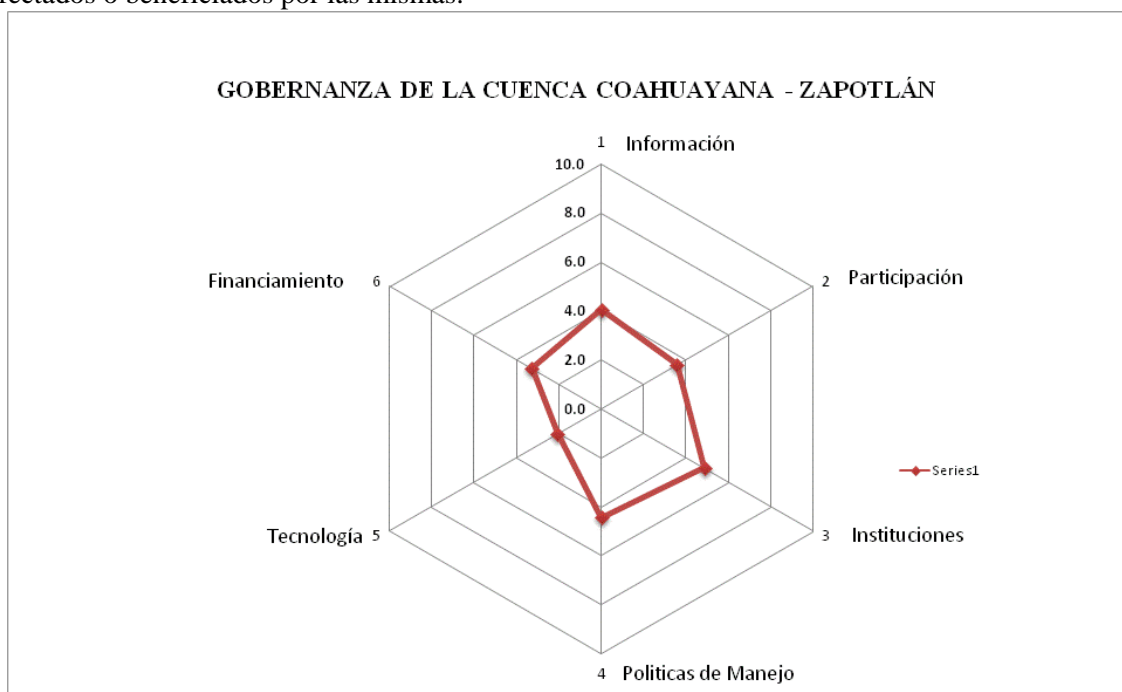


Figura 2. Nivel de desarrollo de los Pilares de Gobernanza ILLBM en las cuencas Coahuayana-Zapotlán.

El hecho de haber realizado el diagnostico a nivel subcuenca muestra discrepancias y similitudes valiosas, que pueden observarse en las siguientes tablas.

INDICADORES	Ahuijullo-Naranjo	Zapotlán	Tamazula-Tuxpa
1. Diagnósticos confiables sobre las condiciones ecológicas	4,4	5,2	5,5
2. Diagnósticos confiables sobre las características sociales	5,8	6,1	6,2
3. Recopilaciones de conocimientos sobre los sistemas tradicionales de manejo	4,1	5,4	4,7
4. Mecanismos de transferencia de la información científica	4,2	4,8	3,7
5. La información se actualiza de forma periódica	3,8	3,1	4,7
6. Hay centros o bancos de datos que organicen la información	3,4	1,5	4,5
7. La accesibilidad a la información es adecuada	4,0	4,5	3,0
8. Hay capacidad institucional para el uso de la información técnica y científica	5,6	5,8	6,2
9. Difusión a través de medios de comunicación	1,2	5,0	2,2
10. Mecanismos de información periódica sobre las acciones y el proceso de restauración realizados	0,3	0,8	1,0
PROMEDIO	3,7	4,2	4,2

Tabla 2. Resultado de indicadores de Gobernanza-Componente Información.

- Para el componente Información hay una concordancia muy marcada entre las tres subcuencas, el promedio del indicador en su conjunto es de 4.0. Llama la atención la poca confianza que los sectores muestran hacia los diagnósticos existentes, tanto ecológicos como sociales.
- Hay un valor muy bajo para lo que tiene que ver con Información de tipo tradicional, ya sea proveniente de grupos indígenas como el caso particular de Tuxpan, o bien de sectores rurales.
- El indicador que resultó con la calificación más baja es el que tiene que ver con la periodicidad de la información sobre las acciones y el proceso de restauración que se están realizando, lo cual significa que prácticamente no se produce información ni para los sectores específicos ni para el público. O bien que de estarse generando prácticamente nadie las conoce.
- En el indicador número nueve existe una calificación relativamente elevada para la subcuenca Zapotlán, que tiene que ver en buena medida con la disponibilidad de medios de comunicación de radio y con la existencia de una carrera de periodismo.
- Otro punto en donde también hay discrepancia es en el correspondiente al número seis, sobre la existencia de centros o bancos de datos, en esta situación el indicador en el caso de Zapotlán se muestra más bajo que el caso de Tamazula, lo que puede indicar es que hay un desconocimiento de la existencia de dichos bancos de datos.

COMPARATIVO ENTRE SUBCUENCAS

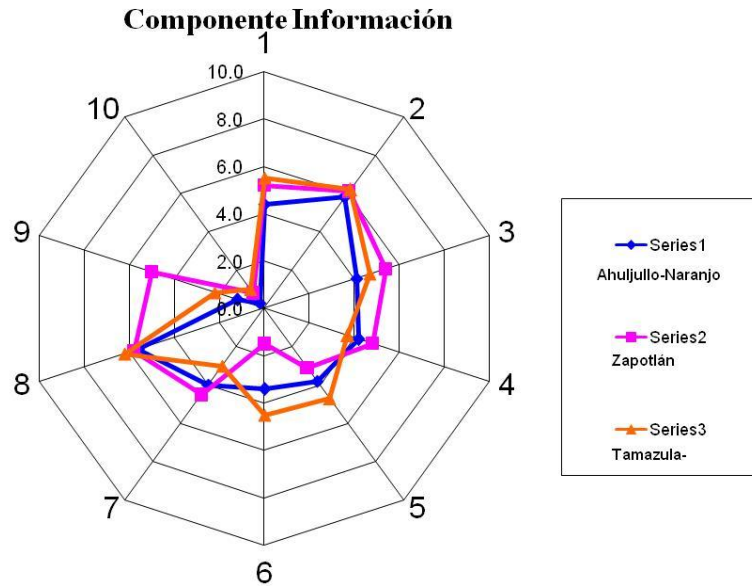


Figura 3. Nivel de desarrollo de los Indicadores del Componente Información.

INDICADORES	Ahuijullo-Naranjo	Zapotlán	Tamazula-Tuxpan
1. Están identificados los grupos de actores para el manejo de la cuenca	5,2	7,7	6,2
2. Mecanismos de consulta para involucrar a los actores en el manejo de la cuenca	3,8	5,4	7,0
3. Mecanismos de capacitación para fortalecer a los sectores para el manejo sustentable de la cuenca	1,3	4,8	3,2
4. Mecanismos de participación para proponer y acordar situaciones para el manejo de la cuenca	3,3	5,5	6,5
5. Los sectores consideran que su representación se realiza en forma transparente y efectiva	2,1	4,4	2,7
6. Las propuestas de las instancias de participación son tomadas en cuenta en las decisiones	3,3	5,7	5,5
7. Los acuerdos alcanzados son identificados y reconocidos por el público en general	0,4	1,0	0,5
8. El desempeño de las instancias de participación se monitorea y da a conocer	2,9	4,0	0,0
9. Los mecanismos de participación colaboran a prevenir y resolver conflictos	4,2	4,4	0,4
10. Mecanismos de apoyo para asegurar la participación de los sectores económicamente más débiles	2,7	3,4	0,0
PROMEDIO	2,9	4,6	3,2

Tabla 3. Resultado de indicadores de Gobernanza-Componente Participación.

Para el caso del componente de Participación también hay similitudes en el desarrollo de las tres gráficas.

- En el caso particular del indicador número uno (identificación de los grupos de actores para el manejo de la cuenca), en general los sectores participantes coinciden que hay una identificación clara de la mayoría, pero a su vez reportan que los mecanismos de consulta para involucrarlos son relativamente bajos.
- Un indicador que resultó sumamente bajo es el que tiene que ver con los mecanismos de apoyo para asegurar la participación de los sectores económicamente más débiles, este indicador es importante porque si no se cuenta con mecanismos de esta naturaleza lo más probable es que quienes acudan más a las reuniones sean efectivamente aquellos que tienen más capacidad organizativa o socioeconómica y por lo tanto los intereses y las propuestas que van a estar prevaleciendo son los de estos grupos.

COMPARATIVO ENTRE SUBCUENCAS

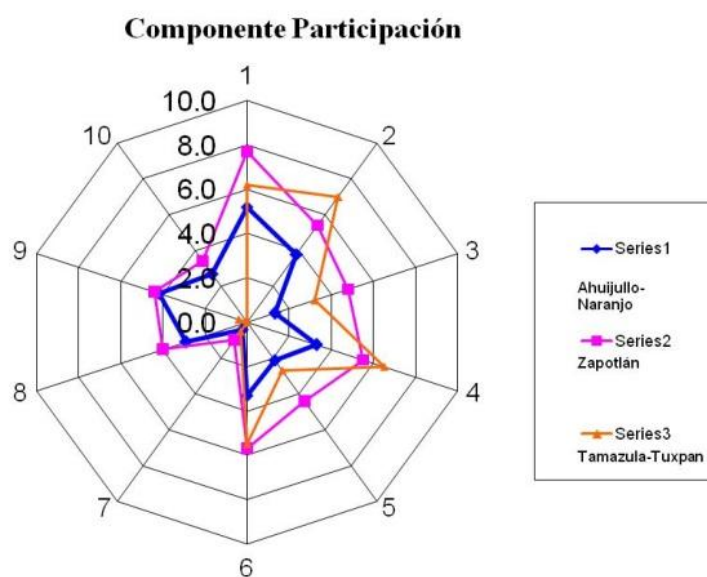


Figura 4. Nivel de desarrollo de los Indicadores del Componente Participación.

INDICADORES	Ahuijullo- Naranjo	Zapotlán	Tamazula- Tuxpan
1. Las regulaciones integran mecanismos para promover el trabajo en colaboración de los sectores y grupos civiles, etc.	7,1	7,4	6,8
2. Existen mecanismos de articulación de los gobiernos municipales entre sí y con el sector estatal y federal	4,9	7,5	6,6
3. Nivel de colaboración de las instituciones de investigación existentes	1,1	6,5	5,0
4. Se cuenta con experiencias actuales de grupos comunitarios involucrados en el manejo de la cuenca	4,9	8,7	4,2
5. Los sectores productivos cuentan con instancias de representación	4,1	6,5	3,8
6. Las OSC's cuentan con instancias de representación con objetivos, metas y acciones comunes	2,3	5,5	2,0
7. Nivel de reconocimiento y aceptación de las instituciones por parte del público en general	2,9	4,5	2,8
8. Existen mecanismos de colaboración que conjunen a los diferentes sectores	3,5	5,2	2,4
9. Existe alguna agencia de coordinación con atribuciones legales que realice labores de vinculación entre sectores	3,2	6,0	6,6
10. Existe alguna agencia con capacidad para imponer regulaciones y sanciones de forma efectiva	4,3	6,5	4,0

Tabla 4. Resultado de indicadores de Gobernanza-Componente Instituciones.

- Con respecto al tema de instituciones, los indicadores uno, dos y tres son relativamente altos, el primero tiene que ver a si las regulaciones nacionales y estatales consideran mecanismos para promover el trabajo en colaboración de los sectores y grupos civiles, la concordancia es que en la ley se encuentran, pero que una cosa es que estén establecidos en la misma y otra es que se utilicen de forma efectiva.
- Para el componente Instituciones en su conjunto, hay un valor superior de la subcuenca Zapotlán con relación a sus vecinas. Existe una serie de circunstancias que explica esta diferencia: la presencia de la Universidad de Guadalajara con un centro universitario que trabaja de forma permanente en la zona, así como la del Instituto Superior Tecnológico de Ciudad Guzmán. Otro aspecto que también influye es la existencia de un serie de instituciones ligadas al Parque Nacional del Nevado Colima que cuenta no solamente con una representación por parte del gobierno estatal en vinculación con el federal, sino también que cuenta con un patronato, una organización civil que se dedica a hacer actividades de mejoramiento, e incluso organizaciones civiles como es el caso de Zapotlán Ecológico.
- Los indicadores más bajos tienen que ver con el nivel de reconocimiento y aceptación de las instituciones por parte del público, en el caso concreto de la JIRCO existe concordancia en que el público conoce muy poco sobre la junta y lo que realiza, lo cual significa que se tiene un punto de oportunidad para mejorar a través de una serie de articulaciones, sobre todo entre los propios municipios y a través de las instituciones que ya se encuentran

identificadas en la zona.

COMPARATIVO ENTRE SUBCUENCAS

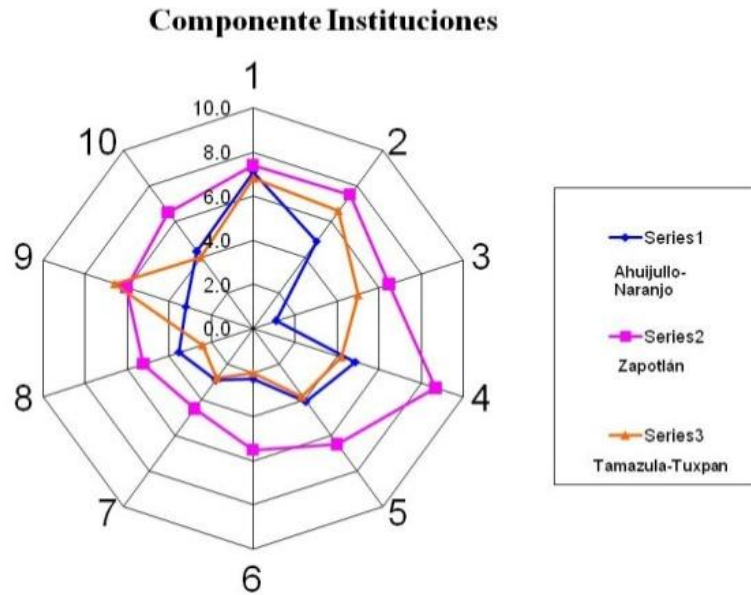


Figura 5. Nivel de desarrollo de los Indicadores del Componente Instituciones.

INDICADORES	Ahuijulio-Naranjo	Zapotlán	Tamazula-Tuxpan
1. Los planes de desarrollo reconocen la importancia de la conservación y uso sustentable de los recursos	4,3	8,2	8,0
2. Mecanismos (leyes, normas, etc.) para el manejo adecuado de los cuerpos de agua	5,3	8,1	7,4
3. Mecanismos que aseguren la continuidad de políticas a pesar de los cambios administrativos	5,2	7,0	0,0
4. Mecanismos operativos para la aplicación de leyes y normas	4,5	6,2	2,8
5. Las acciones implementadas para la cuenca mantienen coherencia con las políticas municipales, estatales y federales	4,4	6,5	2,4
6. El marco legal existente cuenta con un conjunto de sanciones efectivo (Control)	2,8	5,8	5,4
7. Incentivos para involucrar a grupos de población en la conservación y manejo de la cuenca	1,6	3,7	1,6
8. Las políticas de manejo vigentes se orientan al interés de la sociedad	3,2	6,2	1,6
9. Políticas de manejo son eficientes (elevados beneficios sociales y ambientales con recursos financieros y humanos escasos)	2,6	5,5	2,4
10. Que tán adaptables son las acciones de manejo cuando estas fallan o cuando cambian las circunstancias que permiten su aplicación	3,7	5,1	2,0
PROMEDIO	3,8	6,2	3,4

Tabla 5. Resultado de indicadores de Gobernanza-Componente Políticas de Manejo.

- En los indicadores particulares de Políticas de manejo hay muchas diferencias entre los tres casos. Entre la subcuenca Tamazula-Tuxpan y la subcuenca Zapotlán hay coincidencia en lo relacionado al reconocimiento de la importancia de la conservación de los recursos naturales en leyes y normas, en particular para el manejo adecuado de los cuerpos de agua.
- Los indicadores más bajos para el Ahuijullo-Naranjo y Tamazula-Tuxpan tienen una coincidencia al ciento por ciento en el punto número siete: incentivos para involucrar a los grupos de la población en la conservación y manejo de la cuenca, prácticamente no se percibe que haya situaciones que promuevan o hagan que la gente participe, ya sea de forma positiva e incluso coercitiva.
- Otro punto en donde hay una calificación sumamente baja es con respecto a la eficiencia de las Políticas de manejo, en este sentido se considera que los beneficios sociales y ambientales son pobres con relación a la utilización de los recursos financieros y humanos.

COMPARATIVO ENTRE SUBCUENCAS

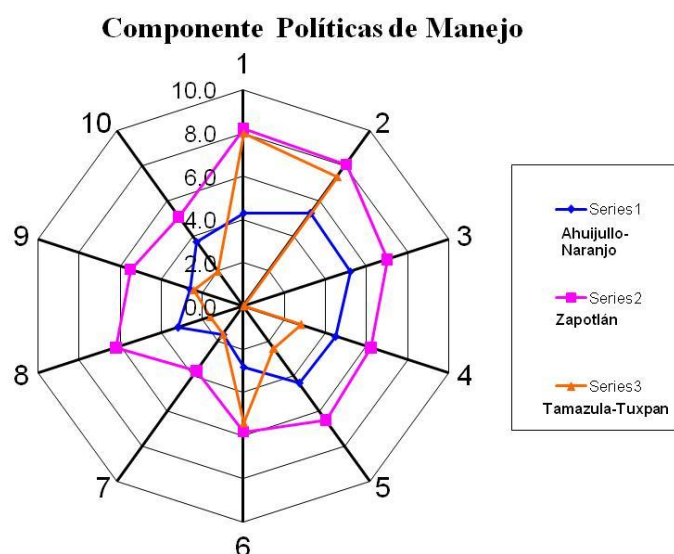


Figura 6. Nivel de desarrollo de los Indicadores del Componente Políticas de Manejo.

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El fortalecimiento de la gobernanza como componente del manejo integral de cuencas es de gran valor. Con frecuencia se deja de lado la importancia del involucramiento de los actores locales para realizar un adecuado manejo del territorio, aspecto primordial que requiere ser impulsado de manera amplia y que muestra un enorme potencial en términos de investigación

5. AGRADECIMIENTOS

Agradecemos el interés y participación de los presidentes municipales y su personal técnico, así como las facilidades para la realización de los talleres y trabajo de campo. A Miguel Ángel Terrones, director de la JIRCO, por la amplia disposición personal y de su equipo para aterrizar el proceso, así como por la adaptabilidad para resolver condiciones inesperadas. A Masahisa Nakamura, por la orientación al inicio del proceso y su empuje para construir y promover la Plataforma ILBM, a Walter Rast por su guía metodológica y sus aportaciones

6. LITERATURA CITADA

- Prats, J. 2001. ¿Pero qué es la gobernanza? Instituciones y Desarrollo, núm. 10. Barcelona, España: Institut Internacionale de Governabilitat De Catalunya, Còrsega, pp. 103-148.
- Juarez, A. 2012. A practical Approach in ILBM Pillar Assessment: an Example. In: RCSE-Shiga University and ILEC. 2012. Development of ILBM Platform Process: Evolving Guidelines through Participatory Improvement. Japan
- Saunders, B. 2012. Evaluating Management Alternatives using Integrated Lake Basin Management Principles: a North American Case Study. Graduate Council of Texas State University-San Marcos. Master Degree Thesis. San Marcos, Texas, USA.
- Limbitso, C. And V.S. Muhandiki. 2015. Development of indicators for assessment of Lake Malawi Basin in an Integrated Lake Basin management (ILBM) framework. International Journal of the Commons Vol. 9, No. 1 March 2015, pp 209-236. ISSN: 1875-0281.

Extenso ID: 139. Julia Ros-Cuéllar, Octavio Pérez-Maqueo, Luciana Porter-Bolland, Alfonso Langle Flores Y Martha Bonilla-Moheno. GOBERNANZA Y EXPLOTACIÓN DEL AGUA EN UNA MICROCUENCA DE LA ANTIGUA

[Regresar al índice](#)

^aInstituto de Ecología A.C., Red de Ecología Funcional, Carretera antigua a Coatepec 351, El Haya, Xalapa 91070, Veracruz, México. Correo electrónico: julia.ros.cuellar@gmail.com (autor de contacto); luciana.porter@inecol.mx

^bInstituto de Ecología A.C., Red de Ambiente y Sustentabilidad, Carretera antigua a Coatepec 351, El Haya, Xalapa 91070, Veracruz, México. Correos electrónicos: octavio.maqueo@inecol.mx; alfonsolangle@gmail.com; martha.bonilla@inecol.mx

RESUMEN

El entendimiento de las formas de organización local para la gestión y uso del agua es fundamental para el diseño de programas de manejo de cuencas. Sin embargo, esto resulta sumamente complejo al comprender aspectos físicos y sociales donde intervienen múltiples actores en diversas escalas. Una herramienta para estudiar estos procesos de gobernanza es el análisis de redes sociales. Esta herramienta permite mapear el acceso y explotación a los recursos hídricos; identificar los vínculos entre los agentes sociales que participan en el proceso; conocer el intercambio de información (acuerdos) y la explotación de recursos comunes como base de la negociación política, así como la forma en que la estructura de la red social afecta la capacidad adaptativa en el manejo del agua. En este estudio, se describe la forma en que 34 localidades/predios ubicados dentro de la microcuenca del río Sochiapa, Veracruz, se organizan para suministrar el agua. El área es de especial relevancia por considerarse de interés para la conservación. Se realizaron entrevistas semiestructuradas a actores clave. Se encontró poca vinculación entre localidades en torno a la explotación del agua, a pesar de que muchas de ellas se abastecen de los mismos cuerpos de agua. La densidad, centralidad e intermediación de la red de reuniones entre localidades y otros actores para la gobernanza del agua indican una baja capacidad adaptativa ante procesos como el cambio en la estacionalidad de las lluvias y la capacidad de abastecimiento de los cuerpos de agua, derivadas del cambio climático. Se documentó la existencia de comités de agua en más de la mitad de las localidades. En muy pocas localidades con pequeños propietarios se registró la existencia de comités de agua, pues el municipio es quien asume la responsabilidad de dichos comités y no se cree necesaria la formación de comités locales. La evidencia encontrada muestra una necesidad de diseñar una estrategia de gestión de recursos hídricos a nivel municipal mediante acuerdos entre autoridades locales y municipales que permita asegurar un abasto suficiente en toda la microcuenca.

Palabras clave: análisis redes sociales, comités locales, acceso al agua, toma de decisiones.

1 INTRODUCCIÓN

El diseño y planeación del manejo de los recursos naturales como el agua han sido concebidos tradicionalmente como una tarea exclusiva de expertos, bajo el supuesto de que cambios en la abundancia y abasto de los recursos naturales pueden ser predecibles y controlados a través de mejoras en las estructuras materiales y jerárquicas que permitan el manejo. Sin embargo, y ante el reconocimiento de la incertidumbre, particularmente en lo referente a los recursos hídricos, actualmente el manejo participativo mediante el involucramiento de los actores afectados (usuarios) se ha vuelto cada día más importante (Pahl-Wostl 2007).

Debido a que hoy en día, los actores sociales de distintas escalas, que se vinculan con los recursos naturales como el agua (por ser usuarios), se encuentran cada día más interconectados a través de mercados globalizados, la migración e intercambio de recursos culturales, de información, etc., se reconoce que esta interconectividad social y ecológica se extiende a través de múltiples escalas de organización. Por ello, se ha planteado que se necesitan arreglos de gobernanza que incorporen la colaboración a través de múltiples escalas para poder superar los retos de un manejo de recursos integrados en un mundo que cada vez está más conectado social y ecológicamente (Lambin y Meyfroidt 2011; Folke et al. 2005).

Sin embargo, para poder dar recomendaciones sobre los arreglos de gobernanza, primero se deben identificar los arreglos ya existentes en un contexto dado; es decir, los acuerdos implícitos en el manejo de los recursos naturales, la estructura social que subyace dichos arreglos, así como la interdependencia entre sociedad y naturaleza en un contexto socioecológico determinado. Una herramienta para entender la interdependencia entre sociedad y naturaleza, y los arreglos de gobernanza ambiental generados por la misma, incluyendo el acceso a los recursos naturales, es el análisis de redes sociales (Bodin y Tengo 2015). Mediante esta herramienta se pueden identificar y visualizar las relaciones entre actores (individuos, grupos, organizaciones o sistemas) para modelar las interacciones existentes (Robins 2015) y entender cómo estas relaciones funcionan como medios para el flujo de recursos materiales e inmateriales, tales como capital, información, consejo, y confianza (Walther, 2015). Además, esta herramienta nos permite observar como la estructura de la red social afecta la capacidad adaptativa de manejar los recursos (Bodin et al. 2005). Este análisis permite visualizar gráficamente la configuración de relaciones sociales que están representadas por nodos (actor social) y que establecen vínculos a partir de las interacciones en torno a un objetivo predeterminado. Por ejemplo, si se quiere saber cómo funciona la acción colectiva para la toma de decisiones en un contexto específico, el vínculo se podría definir como el número de reuniones en las que los actores involucrados en este proceso coincidieron (Villaseñor, 2016 *sin publicar*). La red resultante permite identificar la importancia de cada nodo o actor según el número de vínculos que posee, presentando una serie de atributos que lo caracterizan y que determinan los atributos de la colaboración o acción colectiva en cuestión (Robins 2015).

El objetivo de este trabajo es conocer la forma en que ocurre la explotación y acceso al agua, los espacios de toma de decisiones y los actores más importantes en ésta, mediante el análisis de redes utilizando la información obtenida mediante entrevistas semiestructuradas a actores clave, para poder identificar los arreglos de gobernanza existentes.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La microcuenca de estudio se encuentra en el área denominada “Las Cañadas de Sochiapa”. Este sitio tiene una superficie de 29,308.3 hectáreas, en la que se encuentran 29 localidades y 5 grandes predios privados dentro de 3 municipios: Tenampa, Tlaltetela y Totutla, en el centro de Veracruz. Su población total es de 23,283 habitantes. En el área se encuentran 17 localidades que son ejidos y 12 localidades con propiedades privadas (figura 1) a las que se llamó entidades de estudio. Se ubica en la parte media-baja de la cuenca del río La Antigua, en la subcuenca del río Sochiapa o Xopilapa. Los climas predominantes son el cálido subhúmedo, semicálido húmedo y semicálido subhúmedo. Presenta un intervalo altitudinal de los 431 a los 1576 msnm. El paisaje está caracterizado por una diversidad de usos del suelo que van desde zonas agrícolas intensivas como la caña, sistemas agroforestales de café, plantaciones de cítricos y otros usos del suelo, incluyendo áreas de conservación y zonas abandonadas. El paisaje está conformado por un sistema de barrancas que se encuentra irrigado por 63 cuerpos de agua perennes e intermitentes. Los cultivos presentes en el área son, por orden de importancia: el café, la caña y el limón. La vegetación predominante es el bosque tropical deciduo (ESA 2015).

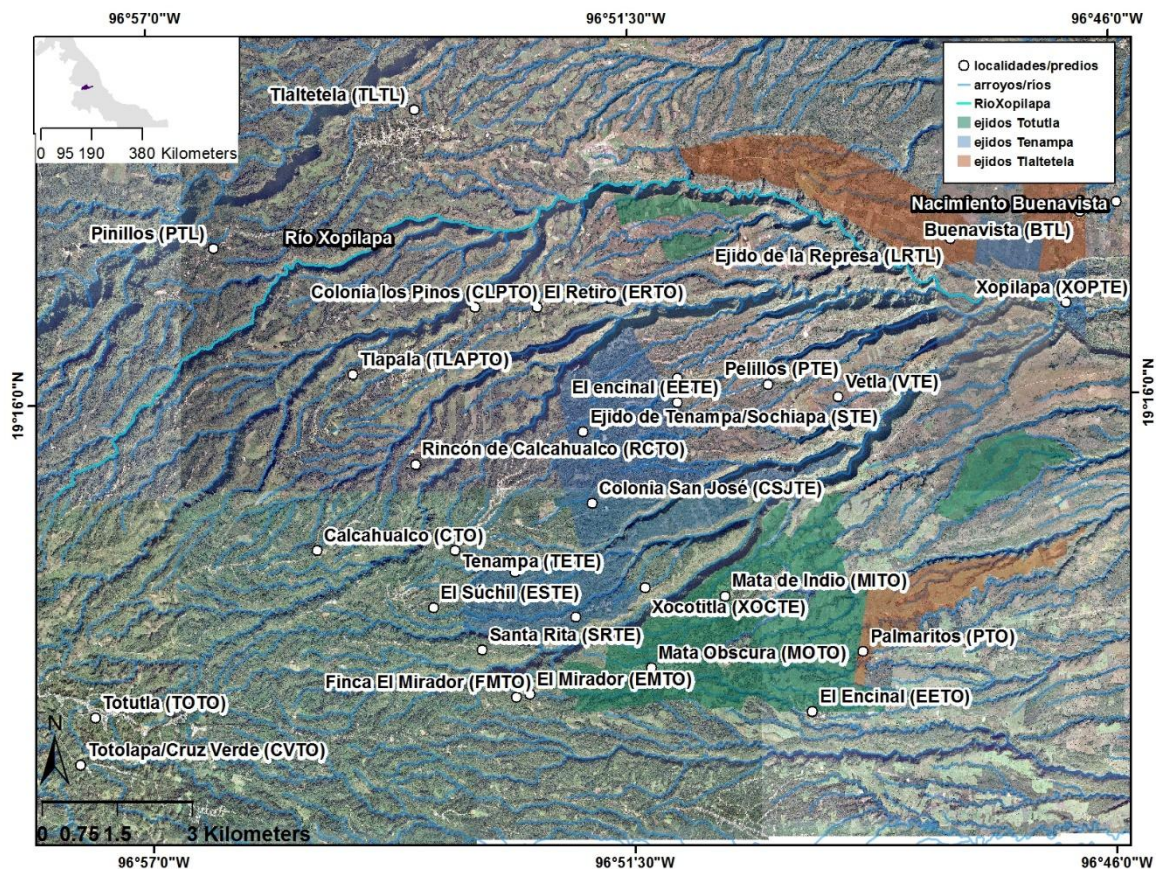


Figura 1. Entidades de estudio de “Las Cañadas de Sochiapa. Las siglas entre paréntesis son las abreviaturas de las entidades de estudio.

Métodos

Se aplicaron entrevistas semiestructuradas a actores locales clave (identificados a priori: presidentes de comisariados ejidales, agentes municipales, miembros de los comités de agua, informantes clave referidos por los primeros entrevistados) dentro de las localidades y predios de estudio con el objetivo de obtener información al respecto del acceso y explotación del agua. En dichas entrevistas se preguntó sobre las fuentes de abasto de agua para uso doméstico en cada localidad (cuerpos de agua o lugares de abastecimiento que son explotados), si existía o no algún comité u organismo del agua o si sabían quién se encargaba del abasto de agua, por quién estaba conformado dicho comité y cuáles eran sus funciones, si se convocaba a asamblea o reunión, quiénes participaban en dichas asambleas, la periodicidad de las mismas, así como si se reunían con los comités de agua de otras localidades o si tenían comités de agua en conjunto (un solo comité de agua para varias localidades). También se preguntó si compartían el abasto de agua con otras entidades y finalmente si hacían algún pago para tener agua, quién recogía el pago y para qué se destinaba éste.

Con esta información se elaboraron matrices de datos binarias sobre las relaciones entre las entidades (nodos sociales) y los cuerpos de agua, así como entre las localidades y predios y agencias gubernamentales (red multipartita). Se consideró al vínculo entre entidades y cuerpos de agua de abastecimiento cuando el primero tomaba agua del segundo. Se tomaron en cuenta como vínculos a las reuniones entre localidades para tratar asuntos referentes al acceso y explotación del agua para fines domésticos, es decir, si había comités del agua en conjunto y/o si los comités se

reunían. Estas matrices se trabajaron en Ucinet 6 para realizar el análisis de redes: una red multipartita en la que se muestran vínculos entre cuerpos de agua de abastecimiento, localidades y agencias gubernamentales y otra red unipartita para mostrar las reuniones entre localidades/predios y entre éstas y agencias gubernamentales para tratar asuntos del abastecimiento de agua comités del agua, para de esta forma visualizar las configuraciones de explotación del agua según Bodin y Tengo (2015) y poder describir la gobernanza y explotación observados. También se calculó la centralidad por grado (número de vínculos con otros actores) y por intermediación (número de veces que el actor aparece en el camino más corto entre actores) de los actores en la red unipartita, para conocer la capacidad de fungir como puentes y la influencia de los actores.

3 RESULTADOS

La figura 1 muestra la red de gobernanza y explotación del agua en la región de “Las Cañadas de Sochiapa”. En esta red existen vínculos entre 28 entidades de los que se obtuvo esta información, cuerpos de agua y dos agencias gubernamentales de distintas escalas: la Comisión del Agua del Estado de Veracruz y Obras públicas del municipio de Tenampa. Dos agencias gubernamentales fungen como puente de comunicación entre algunas localidades que se abastecen del mismo cuerpo de agua, la Comisión del Agua del Estado de Veracruz (CAEV) y Obras públicas de Tenampa. El CAEV, que recibe directamente pagos por el servicio de agua, se encarga de 2 localidades de Tlaltetela, mientras que Obras públicas de Tenampa, que no recibe ningún pago, se encarga de 4 localidades de Tenampa. Sin embargo, de estas últimas, se reportaron conflictos en las 4 localidades debido a que el servicio no ha sido equitativo entre localidades.

En toda la región los lugares de abastecimiento mayormente explotados son la Barranca del Mirador/Coyolito y Zapotitla. La primera surte agua a localidades de los municipios Tenampa y Totutla, siendo 12 entidades las que comparten el suministro de agua de este lugar, 4 de las cuales tienen una fuente de abastecimiento alternativa. Por su parte, Zapotitla es explotada por 4 entidades, de las cuales sólo una tiene una fuente de abastecimiento alternativa. Además, 2 entidades de Tlaltetela se abastecen de un acuífero ubicado en Chichiquila, estado de Puebla, lo que hace más costoso el servicio de agua. Sólo 6 de los 18 cuerpos de agua/lugares de abastecimiento están conectados entre sí, es decir, son corrientes de agua superficiales que en algún punto de su cauce se juntan con otra(s) corrientes de agua (figura 2).

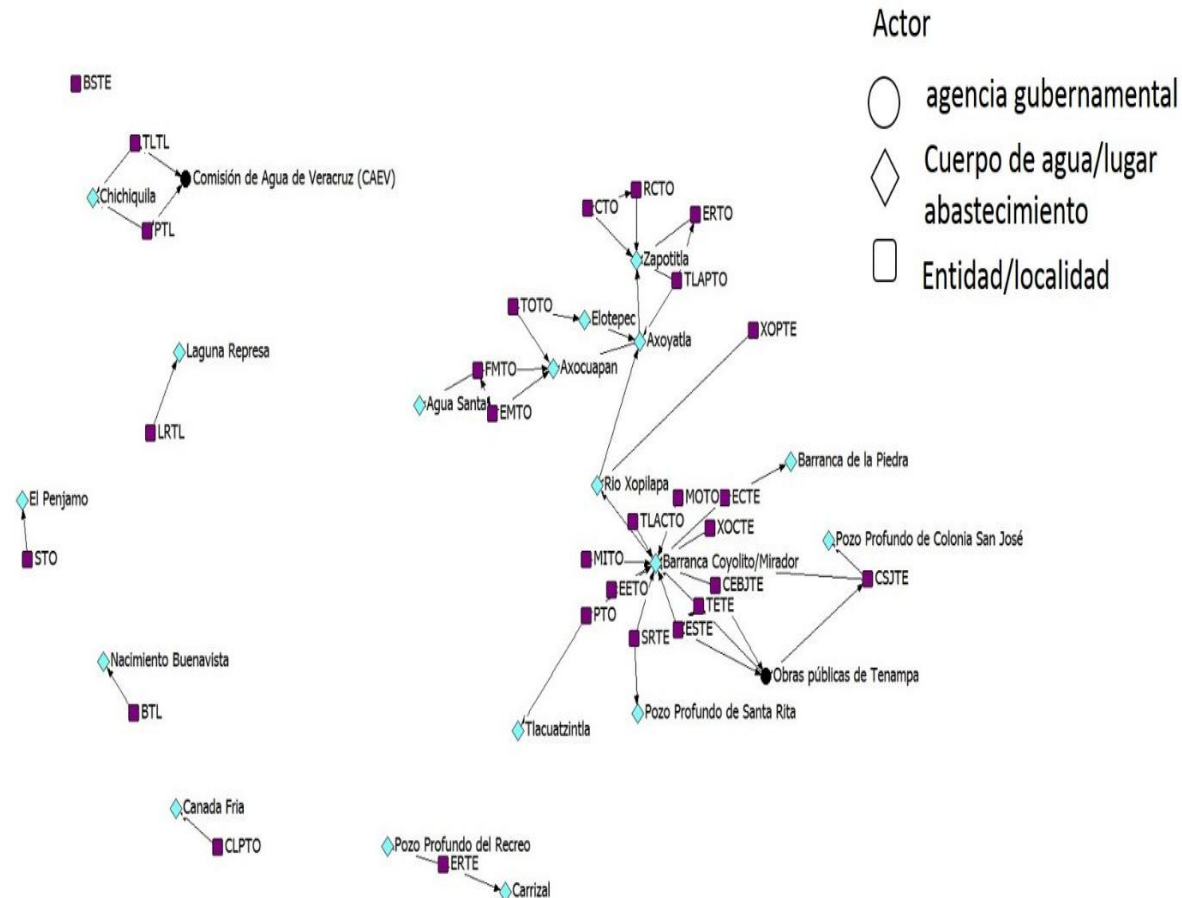


Figura 2. Red de explotación y abastecimiento del agua. Nodos morados representan a las entidades del área de estudio, nodos azules a los cuerpos de agua o lugares de abastecimiento y nodos negros a las agencias gubernamentales.

Tomando en cuenta las configuraciones de acceso y explotación de recursos naturales retomadas por Bodin y Tengo (2012), la configuración de acceso a los recursos hídricos más frecuente en la red es aquella en la que los nodos sociales están aislados. Sin embargo, dentro de esta configuración, existen tres distintas tipologías: una en la que dos o más nodos sociales están aislados pero tienen acceso a las mismos recursos hídricos (figura 3 A), otra en la que un solo nodo social tiene acceso a un solo recurso hídrico (figura 3 B) y la tercera en la que un nodo social tiene acceso a más de un recurso hídrico (figura 3 C). Sólo existen dos casos en los que el acceso a los recursos hídricos es mediado (es decir existe comunicación entre los nodos sociales que explotan el mismo cuerpo de agua), estos casos son representados por las configuraciones en las que los nodos sociales que tienen acceso al mismo(s) recursos hídricos están conectados. De la misma manera, la configuración más frecuente en el sitio de estudio es aquella en la que no existe conectividad entre los recursos hídricos en el caso en el que dos o más entidades exploten los mismos recursos. Sólo se reportaron 6 nodos hídricos (cuerpos de agua) que se encuentran conectados, sin embargo, las entidades que se abastecen de éstos no están conectadas entre sí.

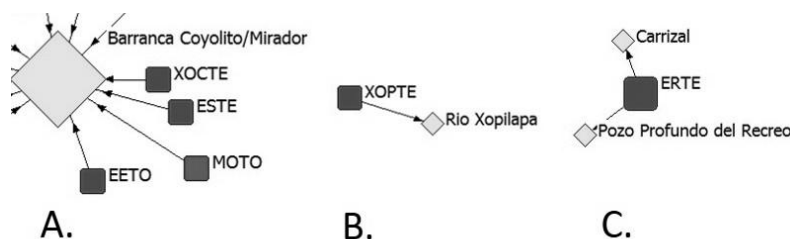


Figura 3. Configuraciones de acceso al agua en la que los nodos sociales están aislados. Los nodos oscuros son nodos sociales (localidades/entidades) y los claros son fuentes de abastecimiento de agua.

Sólo en 15 de las 34 entidades de estudio (44.1%) existe un comité de agua cuya función es revisar el sistema de tubos y mangueras que abastece de aguas a las casas para evitar o arreglar fallas, recolectar las cuotas acordadas para pagar el gasto de energía que consume la bomba de agua (en el caso de que el suministro sea por bombeo) o en su caso para pagar a los bomberos y/o las faenas de mantenimiento de la red. Los comités están conformados por un presidente, suplente y tesorero. Los dos primeros están encargados de convocar a asamblea y el tercero es el que recauda los pagos por el servicio de agua. Los miembros del comité son voluntarios y se eligen o destituyen cada año aproximadamente, cuando se convoca a asamblea anual y se entrega el informe de actividades. Los comités de agua convocan a reunión también para asignar faenas, o pedir apoyo para reparaciones mayores. Se tienen asambleas bimensuales, semestrales y/o anuales dependiendo de cada localidad/predio. Las decisiones con respecto al suministro y gestión del agua son tomadas de forma consensuada entre los miembros del comité del agua y los asistentes a las reuniones convocadas por éste.

Sólo algunos comités del agua suelen reunirse con otros, por lo que, se observa que existen muy pocos vínculos entre las localidades. De hecho, únicamente existen vínculos (que representan reuniones entre comités del agua o comités en conjunto) entre la localidad El Súchil y Tenampa; entre el Rincón de Calchualco y Calchualco; El Retiro y Tlapala; Finca El Mirador y El Mirador (figura 4). Estos vínculos indican que los comités se reúnen para hablar sobre cuotas de pago de energía por el bombeo del agua, mantenimiento del sistema de mangueras del agua y/o faenas, sin embargo, no determinan la cantidad de agua que se bombea a cada localidad pero si hablan al respecto del cierre de llaves de mangueras. Sin embargo, en el caso de existir usuarios sin paga, estos comités, en conjunto con los usuarios que asisten a las reuniones convocadas por los mismos, deciden si se suspende o no el suministro de agua a dichos usuarios.

Se observa que la red de reuniones tiene una densidad baja (0.021) y una centralidad baja (0.1339). El departamento de obras públicas de Tenampa es el actor con mayor centralidad por grado (4) y por intermediación (5), seguido del CAEV (centralidad por grado= 2; centralidad por intermediación= 1) lo cual es un indicador de la gran influencia que tienen ambos actores en la gobernanza del agua y de su capacidad de conectar a las localidades/predios en la red para regular el acceso al agua.

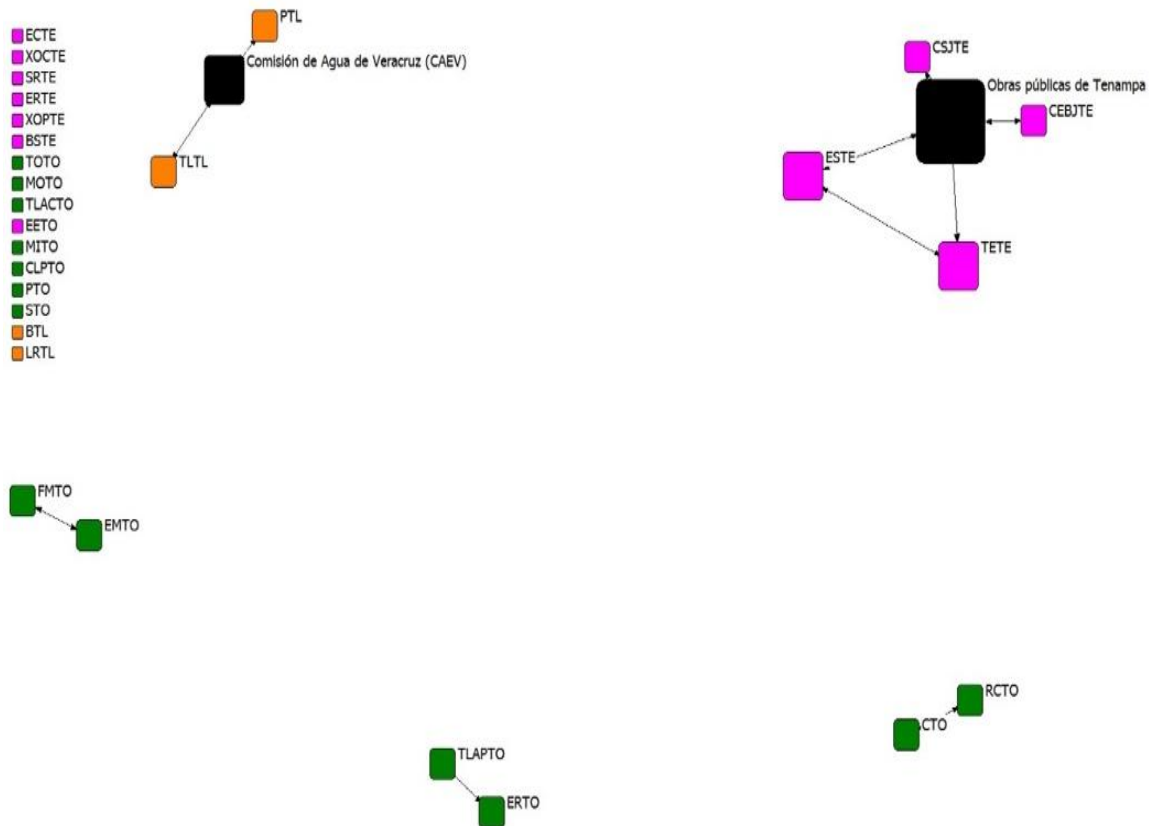


Figura 4. Red de localidades/predios y departamentos o instituciones gubernamentales que se reúnen con respecto al abastecimiento y explotación del agua. Nodos fiushas representan a las entidades del municipio de Tenampa, nodos anaranjados representan entidades del municipio de Tlaltetela y nodos verdes representan entidades del municipio de Totutla. El tamaño de los nodos representa su centralidad por grado e intermediación.

Para poder saber si la red de abastecimiento de agua explica la red de reuniones entre localidades para tratar asuntos del abastecimiento del agua, es decir, saber si todas las localidades que se abastecen de agua de los mismos cuerpos de agua tienen reuniones sobre esto, se tomó la información para visualizar una red bipartita que mostrara sólo vínculos entre localidades y cuerpos de agua de abastecimiento para luego transformarla a red unipartita en la que los vínculos ocurren entre localidades. Una vez hecho esto, se realizó una correlación entre estas dos redes en Ucinet (QAP correlation). Los resultados indican que la red de abastecimiento de agua predice a la red de reuniones únicamente en un porcentaje del 40% y debido a que el nivel de significancia (probabilidad=0.002) es alto, se considera como una regresión válida (cuadro 1). Esto quiere decir que en la red de reuniones se encuentran sólo el 40% de los vínculos esperados entre las localidades.

Finalmente, se registró que existen problemas como la falta de agua y el alto costo del bombeo, lo que demuestra que el agua es un recurso limitante en algunos sitios de la microcuenca, aún a pesar del gran número de cuerpos de agua presentes.

4 DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La explotación de un mismo recurso por dos entidades implica una configuración en la que el acceso a un recurso es compartido. La nula conexión entre dichas entidades, puede tener implicaciones negativas en la gobernanza y una sobreexplotación del recurso. Lo deseable en estos casos es que los nodos estén vinculados para que el manejo de dicho recurso sea colaborativo y acordado (Ostrom, 1990 y Bodin, 2016).

La falta de acuerdos entre las entidades que explotan los recursos implica que el mal manejo se extienda hacia los recursos conectados, por ejemplo, causando una sobreexplotación de ambos y generando un desabasto para algunas de las entidades que dependen de estos recursos. Por lo tanto, lo deseable en estos casos es que los recursos interconectados entre sí se consideren como tal para evitar una sobreexplotación de los mismos (Bodin et al. 2016).

De acuerdo a nuestros resultados, en el área de las Cañadas de Sochiapa, el arreglo de acceso al agua más frecuente es aquel en el que se comparten el recurso hídrico. Sin embargo no existen acuerdos entre las localidades/predios que lo comparte el recurso, por lo que existe una fuerte amenaza de sobreexplotar dichas fuentes de agua. De forma general, se observa muy poca organización para la explotación del agua, y sólo existen acuerdos en común cuando se requiere de cerrar o abrir llaves de la misma red de agua para abastecer a las localidades, pero no hay intercambio de información sobre cuánto es utilizado ni por quién. A este respecto, tal y como lo propone Pahl-Wostl (2002) se necesita trabajar con los usuarios del agua para desarrollar estrategias colaborativas de manejo del agua que integren nuevas tecnologías para hacer más eficiente el suministro de agua pero que contemplen la dimensión humana, es decir, las formas de organización local.

Otro aspecto que se observa es que existen muy pocos actores (2 agencias gubernamentales) con alta centralidad por grado en la red de reuniones para el acceso y explotación del agua, en conjunto con que la red está fragmentada (densidad de 0.021) y su centralidad es muy baja (0.1339) esto implica que, la capacidad adaptativa de la red para responder ante por ejemplo, cambios en la estacionalidad de las lluvias y en la capacidad de abastecimiento de los cuerpos de agua, derivadas del cambio climático, es limitada (Leavitt 1951). Además, se observa que la configuración de la red de reuniones entre entidades y agencias gubernamentales puede estar explicada por homofilia (actores similares tienden a relacionarse) territorial, puesto que los comités de las localidades/predios que se reúnen pertenecen al mismo municipio y se encuentran espacialmente cerca unas de otras.

Por otro lado, existe una necesidad de explorar nuevos espacios además de las asambleas del comité del agua, para la toma de decisiones en cuanto al acceso y suministro del agua, debido a que en el área de estudio existen ejidos, las asambleas ejidales podrían ser espacios en los que se hablara sobre las inquietudes de los usuarios con respecto al suministro del agua y en donde se fomenten los procesos de aprendizaje social para que en conjunto con los expertos, los usuarios del agua diseñen las estrategias de manejo del agua (Pahl-Wostl 2002), así como un estudio profundo de la capacidad de abastecimiento de los cuerpos de agua existentes en la zona, para poder diseñar una estrategia que sea eficiente y económicamente viable para los usuarios del agua de la zona.

5. AGRADECIMIENTOS

A todas las personas que contribuyeron en este trabajo con sus comentarios y ayuda en campo: Sherie Rae Simms, Estrella Chévez Martín Del Campo y Emma Villaseñor Sánchez. Al personal de los ayuntamientos de Tenampa, Totutla y Tlaltetela y a todos los informantes que amablemente

contestaron a mis preguntas. Un especial agradecimiento a la familia Xico Santana por su invaluable ayuda en campo y al personal de la UMA Bellreguart de Sochiapa. Al CONACYT e Inecol por la beca proporcionada y apoyo económico para que este trabajo se realizara como parte de una tesis de maestría.

6 LITERATURA CITADA

- Agencia Espacial Europea (ESA). 2015. Coastal Watersheds in Mexico. Land use land cover in Antigua's river basin in 2014. URL: <ftp://ftp.brockmann-consult.de/> Fecha de consulta: junio de 2015.
- Bodin, Ö., G. Robins, R. R. J. McAllister, A. Guerrero, B. Crona, M. Tengö, and M. Lubell. 2016. Theorizing benefits and constraints in collaborative environmental governance: a transdisciplinary social-ecological network approach for empirical investigations. *Ecology and Society* 21(1):40.
- Consejo Estatal de Protección al Ambiente del gobierno del Estado de Veracruz (COEPA). 2005. Corredor biológico "Las Cañadas de Sochiapa" 2da. Reunión de trabajo para la viabilidad de declarar como ANP Las Cañadas de Sochiapa. Xalapa, Ver.
- Folke, C., T. Hahn, P. Olsson, and J. Norberg. 2005. Adaptive governance of social-ecological systems. *Annual Review of Environment and Resources* 30:441-473.
- Lambin, E. F. y P. Meyfroidt. 2011. Global land use change, economic globalization, and the looming land scarcity. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 108 (9):3465-3472.
- Leavitt, H. 1951. Some effects of certain communication patterns on group performance. *Journal of Abnormal and Social Psychology* 46:38-50.
- Pahl-Wostl, C. 2007. The implications of complexity for integrated resources management. *Environmental Modeling and Software* 22:561-569.
- Robins, G. 2015. Doing Social Network Research. Network-based research design for social scientists. SAGE publications.
- Walther, O. 2015. Social Network Analysis and informal trade. Sønderborg, Department of Border Region Studies Working Papers 1.

[Regresar al índice](#)

Profesor Investigador del Instituto de Investigaciones en Educación. Universidad Veracruzana.
Integrante de la Coordinadora Nacional Agua para tod@s, agua para la Vida. Correo-e:
geralatorre@gmail.com

RESUMEN

La ponencia analiza, desde una mirada epistemológica y política, el proceso de organización ciudadana que desde 2012 ha venido gestándose con miras a instaurar en México modalidades de gestión del agua que garanticen el ejercicio del derecho humano al agua, que conlleva también derechos a la salud, a la alimentación, a un ambiente sano, a participar, a ser consultados. En un proceso muy poco común en nuestro país, la ciudadanía se moviliza, creando grupos voluntarios para estructurar la propuesta en sus distintas áreas temáticas, y logrando así poner sobre la mesa de debates en los órganos legislativos un proyecto de ley hecho y derecho. Nos referimos a Agua para todos, agua para la Vida y su propuesta de Ley General de Aguas.

Palabras clave: Organización ciudadana; Política pública; Agua; Cuencas; Relación saber-poder

En torno a la gestión del agua y las cuencas están dándose, a escala planetaria, importantes debates académicos, así como fuertes tensiones sociales y políticas. Lo que está en juego es vital, en el sentido más literal de la palabra. La vida humana y la no humana dependen del agua; y el agua depende de la “salud” hidrológica y sociopolítica de cada cuenca o cada territorio. En nuestros tiempos esta “salud” no sólo muestra señales de deterioro, sino que enfrenta graves amenazas.

Nuestro punto de partida (*locus* de enunciación), en este escenario que no queremos percibir de manera amarillista, intenta combinar la objetividad con la esperanza de que es factible el tránsito hacia sociedades más justas y sustentables.

El daño ambiental y social

Nuestro planeta, los ecosistemas de los que todos dependemos, están siendo avasallados por sistemas cada vez más generalizados de producir, consumir, desechar. Van acompañados por formas –también cada vez más generalizadas– de relacionarnos (cada quien consigo mismo, entre seres humanos, con la naturaleza y con lo trascendente-inmaterial). El sistema planetario, el capitalismo en su fase neoliberal extractivista, ha

venido ocupando espacios en una amplia gama de niveles de la vida social: desde la escala global geopolítica hasta nuestra cotidianidad. Ocupamos como personas un lugar en los circuitos de producción- consumo- desecho. De alguna manera todos somos responsables, pero ...

Constatamos la presencia cada vez más incisiva de las corporaciones transnacionales, interesadas en emprender operaciones en ramos como la provisión de agua potable a las ciudades, la generación de energía hidroeléctrica, la minería, la fractura hidráulica o el cultivo de agrocombustibles; todas implican un uso intensivo de agua, y la mayoría conllevan importantes riesgos e impactos de contaminación y perturbación de acuíferos. El Estado mexicano abandona el papel que en algún tiempo, mal que bien, ocupó (resguardar el bien común, administrar la riqueza colectiva para beneficio de todos); emprende reformas legislativas y los ajustes necesarios para que los capitales fluyan. Estamos en presencia de lo que Castro Soto (2015) denomina la corporación-nación.

Mientras en numerosos países (*cf.* Pigeon et al., 2013) los sistemas de provisión de agua a las poblaciones están remunicipalizándose, habiendo fracasado los esquemas privados, en México las políticas gubernamentales promueven las privatizaciones. Y mientras países como Estados Unidos, Francia, Canadá y España están demoliendo presas, al evidenciarse las graves consecuencias de haber fragmentado lo que necesita estar integrado para funcionar ecosistémicamente (Struck, 2014; Ambientum, 2013)²¹, en México y toda Latinoamérica los gobiernos nacionales siguen ofreciendo facilidades para que las corporaciones lleven a cabo sus proyectos de represamiento.

Hay, evidentemente, descontento, tanto en las comunidades amenazadas o afectadas por los megaproyectos como en la llamada sociedad civil organizada y en algunos equipos académicos. Se habla entonces de que *surge* un conflicto ambiental o socioambiental, lo cual puede también pensarse de manera inversa: sucede que los “conflictivos”, los inconformes, no buscan sino reparar una afectación social y ambiental *conflictivamente* generada por la ambición corporativa y la connivencia gubernamental.

En el conflicto hay muertos. Dolorosos casos hemos visto en tiempos recientes, en toda América Latina y otras regiones del mundo. Pero también hay pequeñas y no tan pequeñas victorias para quienes defienden sus cuencas, su agua, su salud, su alimentación, su seguridad, todas ellas derechos humanos consagrados en convenciones firmadas por los gobiernos nacionales, que quedan como mero discurso a menos que la propia ciudadanía encuentre la manera de ejercer su poder. Y en ocasiones la encuentra.

La gobernanza

No podemos a estas alturas del siglo XXI pensar al poder político como quizá podíamos pensarlo en el siglo pasado. En los actuales estados-nación los gobiernos nacionales interactúan con vigorosas fuerzas operando por encima, por los lados y por debajo de la esfera de poder gubernamental. Decisiones de altísimo nivel, que acabarán afectando a media humanidad, se toman en reuniones de la élite político-empresarial-financiera transnacional (Robinson, 2013); en ese nivel global se mueven los intereses asociados a los

²¹ Sólo en Estados Unidos se demolieron 900 presas entre 1990 y 2015.

medios masivos, que desde ahí van moldeando lo que en cada país conocemos como política pública y opinión pública. En el mismo tablero, pero en escalas más pequeñas, se mueven muchos otros actores políticos: cada sindicato, universidad, asociación civil, pequeño o mediano empresario, organización campesina o indígena, comunidad, gobierno local, etc., ocupa un determinado espacio de poder. Esto, sin entrar a examinar lo que se conoce como poder fáctico, que incluye, por ejemplo a las ya transnacionalizadas redes delincuenciales, que en México mantienen control sobre porciones del territorio nacional.

(En una escala más micro, habría que considerar al poder que cada uno/a de nosotros/as tiene como individuo capaz de modificar sus formas de relacionarse consigo mismo y con los demás, sus formas de consumir o desechar, etc. Pero no exploraremos aquí esta dimensión.)

Un ejemplo poco común de construcción de poder es el de Agua para tod@s, agua para la Vida, una coalición que surge en 2012 convocando un esfuerzo colectivo (de académicos, organizaciones de la sociedad civil, organizaciones de base, sindicatos y otros) para generar una propuesta de Ley General de Aguas (LGA) desde la ciudadanía, sin pasar por los partidos políticos. A casi cinco años de su nacimiento Agua para tod@s aparece como un interlocutor de alto nivel, legitimado por la solidez técnica y la pertinencia social, cultural y económica de su propuesta de LGA.

Agua para tod@s se mueve ya, como otros actores, en el tablero de la política hídrica en México. Ahí operan, entre los actores dominantes, la CONAGUA, representando al gobierno federal, y corporaciones como Odebrecht, Aguas de Barcelona, mineras canadienses, empresas de hidrocarburos y muchas otras. Ejerciendo poder político en dimensiones más modestas o puntuales aparecen los gobiernos locales, los sindicatos, los comités comunitarios de agua, las organizaciones de la sociedad civil implicadas en estos temas, y los usuarios del agua.

Aquí queremos resaltar dos cuestiones que pueden contribuir a “complejizar” nuestra mirada: por un lado, el hecho de que los impactos de un modelo de gestión del agua y las cuencas –sus implicaciones en términos de equidad, participación, solidaridad, responsabilidad, transparencia y conflictividad entre actores implicados– dependerán de cómo se organiza política e institucionalmente dicho modelo; por otro lado, así como los intereses corporativos han venido reorganizándose a escala planetaria, también las movilizaciones ciudadanas en defensa del territorio y el pleno ejercicio de derechos humanos básicos se fortalecen ampliando sus redes de contactos, de apoyo, de debate, de solidaridades de distinto tipo, mediante una peculiar combinación de espacios presenciales y virtuales de comunicación, intercambio y construcción colectiva. Adquiere fuerza un movimiento ciudadano, un cambio cultural, una corriente de pensamiento y acción, en torno al anhelo de defensa del bien común, los ecosistemas a los que pertenecemos, y donde establecemos nuestras interdependencias con otros humanos y con los demás seres vivos.

En parte gracias a la evolución en las tecnologías de la información y la comunicación, están surgiendo modalidades novedosas de acción colectiva y de presión ciudadana; los colectivos organizados encuentran nuevas estrategias para proponer e impulsar, de manera directa, cambios en la gestión de lo público. En la medida en que nuestras herramientas analíticas puedan seguir el paso de tan vertiginosa evolución contaremos con recursos

teóricos para pensar al poder político con los matices y dimensiones que va adquiriendo en nuestra época.

El diálogo de saberes

De manera hasta cierto punto análoga a la pérdida de centralidad de los actores gubernamentales en el ejercicio del poder político, en el ámbito de los conocimientos está cuestionándose la preeminencia de la ciencia. Veamos cuáles son algunas de las propuestas conceptuales que surgen desde las llamadas “epistemologías del sur”:

Por ejemplo, Arturo Escobar (2002) invita a “romper esa frontera que antes, supuestamente, existía, por un lado, entre los académicos y los intelectuales como productores de conocimiento, y por el otro, los activistas como usuarios del conocimiento. Los activistas producen su propio conocimiento, recrean el nuestro –si queremos vernos por fuera de los movimientos sociales–.” ... “en gran medida, en la producción de conocimiento se produce la realidad misma”; de ahí la importancia de transformar la economía política de la verdad.

En la propuesta analítica de Hugo Zemelman (1989), los sujetos sociales son constructores de la realidad y la relación presente-pasado (fundamento del conocimiento explicativo) es remplazada por la relación presente-futuro (propia del quehacer político). El conocimiento no se concibe como reconstrucción de lo devenido sino como la apropiación del futuro.

Boaventura de Sousa Santos (2006) nos habla de la Ecología de Saberes como una “forma de extensión en sentido contrario: desde fuera de la universidad hacia adentro de la universidad. Promover diálogos entre el saber que la universidad produce y los saberes legos, populares, tradicionales, urbanos, campesinos, provincianos, de culturas no occidentales que circulan en la sociedad”. De algo muy similar nos habla Enrique Leff (2003) cuando explica que el Diálogo de Saberes “incluye las visiones, saberes e intereses que entran en juego, fuera de la ciencia, en la reapropiación social de la naturaleza. En este sentido, el futuro sustentable no podría asegurarse mediante una racionalidad cognitivo-instrumental. Más bien pone en juego una multiplicidad de racionalidades e intereses.”

Es precisamente este diálogo de saberes, o esta “puesta en red” de diversos saberes lo que caracteriza a las iniciativas intersectoriales, transdisciplinarias, como lo es Agua para tod@s, agua para la Vida.

En la confluencia interactoral para defender las cuencas, los ríos y los derechos de las comunidades se abre la posibilidad de compartir saberes de muy distinto tipo, que van potenciándose gracias a sus complementariedades. Aprendemos sobre los ecosistemas de los que dependemos para nuestra calidad de vida; al escuchar, por ejemplo, a un geohidrólogo, entendemos mejor cómo funcionan nuestras cuencas. Oyendo a personas mayores en algunas comunidades entendemos por qué en numerosas culturas en todo el planeta los manantiales, pozos y arroyos son sitios sagrados, y cómo de esta manera el territorio se carga de significados asociados a la reciprocidad, la gratuidad y el cuidado del agua. Converge la visión científica de los ecólogos con los saberes y sabidurías de diversos pueblos originarios cuando unos y otros, desde distintas perspectivas, constatan los riesgos que corre la especie humana por tener estilos de vida dañinos para la entidad natural mayor, de la que todos formamos parte (Alatorre, 2016).

Bouwen y Thailieu (2004) subrayan la importancia de esta transición epistemológica que es, al mismo tiempo política, jurídica, institucional, organizacional y técnica. Señalan que en la gestión del agua, como en muchos otros ámbitos ligados al manejo de los recursos naturales, son cada vez más evidentes las insuficiencias de los enfoques de planeación-instrumentación basados en modelos preestablecidos. “La complejidad técnica y la inmersión social de estas cuestiones hacen indispensable la colaboración de autoridades públicas, empresas privadas, expertos científicos, grupos de usuarios y grupos de interés, organizaciones no gubernamentales y representantes de actores implicados (stakeholders) en el ámbito ecológico en cuestión. Lo crucial es el involucramiento interdependiente de los actores implicados, el desarrollo de una definición compartida de los problemas, la coordinación de las diferentes acciones a todo nivel y la orientación hacia una agenda común y una estrategia de acción” (Bouwen y Thailieu, 2004: 137. Traducción nuestra. Cf. Alatorre, 2015).

Agua para tod@s, agua para la Vida ²²

En febrero de 2012 se decretó la reforma al Artículo 4º de la Constitución de los Estados Unidos Mexicanos, para dar cabida al reconocimiento del derecho humano al agua: “Toda persona tiene derecho al acceso, disposición y saneamiento de agua para consumo personal y doméstico en forma suficiente, salubre, aceptable y asequible. [...] El Estado garantizará este derecho y la ley definirá las bases, apoyos y modalidades para el acceso y uso equitativo y sustentable de los recursos hídricos estableciendo la participación de la Federación, las entidades federativas y los municipios, así como la participación de la ciudadanía para la consecución de dichos fines” (EUM, 2012; subrayado nuestro). En ese mismo decreto se establece un plazo para expedir una nueva ley (Ley General de Aguas - LGA) que habrá de normar el acceso y uso del agua en el país, sustituyendo a la actual Ley de Aguas Nacionales.

Desde principios de 2012 nace la Campaña nacional “Agua para tod@s, agua para la vida”, con la participación de diversas organizaciones y redes de la sociedad civil, así como equipos de académicos directa o indirectamente ligados al trabajo con comunidades rurales y urbanas en temas de gestión de agua, bosques y/o cuencas. El trabajo se organizó en comisiones, cada una de las cuales debatió y formuló propuestas de política en su respectivo ámbito: los sistemas de agua y saneamiento, el abasto de los centros de población, la gestión de aguas pluviales, la gestión de los acuíferos, las concesiones de agua, la contaminación, la soberanía hídrico-alimentaria y otros. En diciembre de 2012, casi 400 personas participamos en el primer congreso Ciudadanos y Sustentabilidad del Agua en México y, a partir de 2013 se emprende la colaboración con un equipo de abogados que logra traducir un amplio conjunto de propuestas técnicas, organizacionales e institucionales en lenguaje jurídico. En 2014 queda concluida la Ley General de Aguas - Ciudadana (LGA-C).

En lo que respecta a la dimensión organizacional, llama la atención la confluencia de muy diversos tipos de organizaciones e instituciones y, por lo tanto, de muy diferentes tipos de saberes. Hay gente de todas las edades, profesionistas de distintas disciplinas, gente de los

²² Retomo para este inciso y el siguiente párrafos de mi artículo “El derecho humano al agua y la movilización ciudadana por cambios legislativos y políticos en la gestión del agua”.

pueblos y de las ciudades de 23 estados de la República Mexicana. Hay organizaciones de la sociedad civil (OSC), redes de movimientos de base, algunas organizaciones de pueblos originarios; ciudadanía más o menos organizada que conjunta la protesta con la propuesta y que busca dar a su activismo una dirección inteligentemente reflexionada. Hay asimismo un sector académico y estudiantil que en todo el país intenta ligar su quehacer universitario con los esfuerzos cotidianos de organizaciones, grupos y personas movilizadas, en muchos casos, para revertir afectaciones concretas que están padeciendo.

En Agua para tod@s, como en muchas otras redes y organizaciones, la presencia política va construyéndose combinando el recurso a las herramientas jurídicas, el trabajo directo con las comunidades afectadas por los emprendimientos de las corporaciones, la argumentación técnica, la presencia en las calles y plazas, el cabildeo con los legisladores y la visibilidad a través de las llamadas redes sociales y los medios masivos o alternativos.

El proceso de elaboración de la LGA-C ha significado, para quienes despliegan miradas diagnósticas a escala macro, una oportunidad de conocer lo que se vive en una amplia gama de situaciones y zonas específicas. En sentido inverso, se ha abierto una oportunidad para algunos actores locales –comunidades y organizaciones– de enunciar sus saberes y propuestas en términos capaces de resonar en amplios espacios sociales.

En torno a la necesidad de construir poder para impulsar el buen gobierno del agua y frenar la propuesta de LGA del gobierno federal se ha venido formando una verdadera ola de participación que busca incidir políticamente desde la propia ciudadanía. Consideramos que si esta corriente se ha fortalecido es porque conjunta una fundamentación técnica profesional con los saberes, esfuerzos y luchas de numerosas comunidades locales. Gracias a estos puentes, enlaces e hibridaciones la campaña “Agua para tod@s, agua para la vida” logró generar una propuesta de ley fundamentada tanto en términos técnicos y jurídicos como en lo referente a su viabilidad social, política, cultural y económica. Una muestra del profesionalismo logrado fue el hecho de que esta propuesta haya sido retomada casi textualmente por la Comisión de Recursos Hidráulicos del Senado de la República, para elaborar su propuesta de ley (aunque cabe señalar que este posicionamiento, después de algunos meses, viró para respaldar la propuesta de ley del ejecutivo federal). Otro indicador fue la buena acogida que tuvo entre los diputados de Zacatecas la ley ciudadana de Sustentabilidad del Agua, emanada del capítulo zacatecano de la campaña nacional Agua para tod@s.

La LGA-C se convertirá en ley en la medida en que sea suscrita por la ciudadanía, recurriendo a dos figuras previstas en las leyes mexicanas: entrará al Congreso como iniciativa ciudadana con aproximadamente 110,000 firmas, y para hacer obligatorio su debate en las cámaras, bajo la figura de la consulta popular, necesitará el respaldo de 1.6 millones de ciudadanos y ciudadanas.

El proceso tomará, previsiblemente, varios años. Sin embargo, para quienes participan en Agua para tod@s queda claro que la iniciativa de ley no es sino un instrumento, y que lo esencial es ir construyendo un buen gobierno del agua, en el día a día, en los espacios micro, abarcando, en la medida de lo posible, dimensiones meso, y manteniendo el esfuerzo de la campaña de firmas para lograr transformaciones en lo macro. Queda claro, también, que una ley por sí sola no garantiza nada; numerosas leyes mexicanas se quedan

en el papel cuando la correlación de fuerzas favorece a poderes fácticos que operan fuera de la legalidad.

Brevemente revisaremos ahora las características de lo que Agua para tod@s considera un “buen gobierno del agua”, tal como ha quedado plasmado en la LGA-C.

Elementos centrales de la propuesta ciudadana

La LGA-C establece prioridades de uso del agua, colocando en primer lugar el consumo personal doméstico y los servicios públicos, y en segundo lugar la soberanía alimentaria. En caso de haber remanentes, podrá usarse agua para uso agrícola extensivo, ganadero, industrial u otros usos no prioritarios. Las concesiones quedarían supeditadas a la disponibilidad del líquido una vez cubierto el abasto necesario para garantizar el derecho al agua y a la alimentación (además de quedar cubiertas las necesidades de los ecosistemas).

El instrumento que plasma como metas mensurables los postulados de un buen gobierno del agua es una agenda nacional, para la cual se ha establecido un plazo. Al convertirse en ley esta iniciativa, el Estado mexicano tendría quince años para garantizar el abasto de agua a ecosistemas vitales; agua de calidad y saneamiento para tod@s; agua para la soberanía alimentaria; fin a la contaminación de cuerpos de agua; fin a la sobreexplotación y destrucción de las cuencas, y fin a riesgos y desastres a causa del mal manejo socio-hídrico-ambiental.

En la planeación del manejo del agua y las cuencas, el instrumento central serán los Planes Rectores, que se elaborarán por consenso desde el nivel local. Estos planes establecerán, para cada cuenca y a partir de los usos prioritarios, cuánto volumen de agua le corresponde a los diversos usuarios y cuáles son las medidas a tomar para asegurar el ejercicio del derecho al agua. El acceso de toda persona al agua se garantizaría recurriendo a la disponibilidad hidrológica de cada cuenca o subcuenca, incluyendo el líquido que puede extraerse, de manera sustentable, de los mantos freáticos.

La iniciativa propone un diseño institucional conformado por instancias ciudadanizadas de planeación, de gestión y de vigilancia. En el nivel de las microcuencas se crearían comités, abiertos a la participación de la gente de los barrios y comunidades, y con la responsabilidad y posibilidad de emprender iniciativas a escala local para garantizar el derecho humano al agua. Cualquier obra o actividad que pudiera poner en riesgo el acceso al agua o la calidad de la misma necesitaría contar con el consentimiento informado del respectivo Comité de Microcuenca.

A escala municipal, las Juntas de Agua y Saneamiento estarían conformadas por el alcalde, representantes ciudadanos elegidos territorialmente y voceros de los Comités de Microcuenca y de los Sistemas de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (SAPAS). Toda obra, desarrollo urbano o actividad con potencial impacto sobre el ejercicio del derecho humano al agua necesitará, para realizarse, contar con la autorización de esta Junta.

En un siguiente nivel estarían las Comisiones de Cogestión de Subcuencas, de composición paritaria (50% representantes ciudadanos emanados de las distintas microcuencas y 50% representantes gubernamentales). A su cargo quedaría la planeación territorial integral y la

coordinación para llevar adelante proyectos regionales, así como la formación de capacidades locales para la gestión sustentable del agua. En el nivel superior, y con una composición similar, se crearían Consejos de Cogestión de Cuenca, encargados de la elaboración y ejecución de los Planes Rectores, así como de la defensa de su cuenca ante cualquier proyecto con potenciales efectos dañinos. Con representantes de los 49 Consejos de Cogestión de Cuenca se formaría el Consejo Nacional de Cuencas, el cual propondría las políticas pertinentes para lograr el equilibrio hídrico y el acceso universal al agua de consumo personal cotidiano.

En lo que a fiscalización se refiere, el principal órgano sería la Contraloría Social de Agua, un organismo de composición ciudadana, que buscaría erradicar la corrupción y la impunidad en el desempeño de la función pública del agua. Tendría autonomía presupuestaria y de decisión, así como capacidad vinculante para garantizar el buen cumplimiento de las disposiciones.

Los retos a futuro

Más allá del impulso a la campaña de firmas, que posicionará políticamente a la LGA-C en la arena legislativa de nuestro país, Agua para tod@s, agua para la Vida enfrenta retos importantes.

En términos de su incidencia política, los propios participantes perciben la necesidad de fortalecer los mecanismos de apoyo mutuo entre grupos u organizaciones que están trabajando en un mismo tema o en una misma región. También se busca ampliar las relaciones (aún incipientes) con las redes latinoamericanas e internacionales que han venido movilizándose para resguardar el carácter público del agua²³, con los sindicatos de los organismos operadores del agua a escala municipal, en diversas zonas del país, con los legisladores y con una amplia gama de organizaciones a escala nacional, regional y local.

Se perciben algunos retos importantes en lo referente a la cohesión interna del movimiento. Ha habido, por ejemplo, pretensiones de cooptación por grupos o partidos políticos. Al respecto, cabe traer a colación un testimonio sobre lo sucedido en una comunidad en mayo de 2015, al llegar los autobuses de la Caravana por la defensa del agua, el territorio, el trabajo y la vida, a la que convocó la Tribu Yaqui, junto con el Sindicato Mexicano de Electricistas, Agua para tod@s y muchas otras organizaciones y redes:

“Nos dijeron que ya nos estaban esperando en la plaza central del poblado y que hasta la comida tenían ya preparada. Efectivamente, había tamales para todo mundo. Pero la plaza estaba tapizada de propaganda partidaria. El diputado local quiso llevar agua a su molino y se le hizo fácil armar todo su tinglado. Cuando vimos eso nos volvimos a subir a los autobuses y nos largamos de ahí”.

²³ Ejemplos de estos enlaces son la Red internacional “Exigiendo Agua Pública” <https://www.tni.org/es/perfil/reclaiming-public-water-network>, y la Red Vida (http://laredvida.org/quienessomos.php?codigo_pais=25)

La diversidad al interior de Agua para tod@s, que en determinados momentos da pie a diversas tensiones, es a la vez una oportunidad. Para poder aprovecharla se requiere potenciar las complementariedades que existen entre los diversos actores implicados en términos de conocimientos, habilidades, ámbitos de trabajo y recursos políticos.

El movimiento por un buen gobierno de las cuencas y del agua y por el pleno ejercicio del Derecho Humano al Agua requerirá preservar su autonomía política, y cultivar la transparencia, la honestidad y el empeño por defender el bien común frente a las amenazas que en esta segunda mitad del siglo XXI se ciernen sobre las cuencas, sobre el territorio, sobre la calidad de vida de las poblaciones y sobre la cohesión del tejido social.

Bibliografía consultada

- Alatorre, Gerardo, 2016. La movilización socioambiental en Veracruz como fuente de aprendizajes. En Revista *Jandiekua*. Año 2, núm. 4.
- Alatorre, Gerardo, 2015. El derecho humano al agua y la movilización ciudadana por cambios legislativos y políticos en la gestión del agua. En: García López, Tania y Ana Cecilia Travieso (coords.) 2015. *Derecho y Gestión del Agua*. Págs. 75-100 Ubijus Editorial, México D.F
- Ambientum.com, 2013. *La demolición de presas en España aumenta año tras año*. Consultado en julio de 2016 en <http://www.ambientum.com/boletino/noticias/La-demolicion-presas-Espana-aumenta-ano-ano.asp>
- Bouwen, R., y Thailieu, T., 2004. Multi-party Collaboration as Social Learning for Interdependence: Developing Relational Knowing for Sustainable Natural Resource Management. *Journal of Community & Applied Social Psychology*, Núm.14, págs.137–153. En línea en Wiley InterScience (www.interscience.wiley.com).
- Castro Soto, Gustavo, 2015. Corporación - Nación vs. Estado-Nación. En Revista *Ecoportal*, junio de 2015. Consultado en julio de 2016 en http://www.ecoportal.net/Temas-Especiales/Politica/Proyecto_Corporacion-Nacion_Vs._Estado-Nacion
- Escobar, Arturo, 2002. Globalización, Desarrollo y Modernidad. En: *Planeación, Participación y Desarrollo*. Medellín: Corporación Región.
- Estados Unidos Mexicanos (EUM), 2012. *Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Reformas al artículo 4º constitucional*. http://www3.diputados.gob.mx/index.php/camara/001_diputados/012_comisioneslxii/01_ordinarias/002_agua_potable_y_saneamiento/13_marco_juridico/01_constitucion_politica_de_los_estados_unidos_mexicanos.
- Leff, Enrique, 2003. Racionalidad ambiental y diálogo de saberes: sentidos y senderos de un futuro sustentable. *Desenvolvimento e Meio Ambiente* (7): 13-40, ene.-jun. 2003. Editora UFPR. Curitiba, Brasil.

- Pigeon, Martin, David A. McDonald, Olivier Hoedeman y Satoko Kishimoto (eds.), 2013. *El retorno del agua a manos públicas*. Ed. TNI, Ámsterdam.
- Robinson, William I, 2013. *Una teoría sobre el capitalismo global. Producción, clase y Estado en un mundo transnacional*. Siglo XXI, México.
- Santos, Boaventura de Sousa, 2006. La Sociología de las Ausencias y la Sociología de las Emergencias: para una ecología de saberes. En: *Renovar la teoría crítica y reinventar la emancipación social (encuentros en Buenos Aires)*. Agosto. 2006. <http://bibliotecavirtual.clacso.org.ar/ar/libros/edicion/santos/Capitulo%20I.pdf>
- Struck, Doug, 2014. *Setting rivers free: As dams are torn down, nature is quickly recovering*. Christian Science Monitor. Disponible en <http://www.csmonitor.com/Environment/2014/0803/Setting-rivers-free-As-dams-are-torn-down-nature-is-quickly-recovering>
- Zemelman, Hugo, 1989. *De la historia a la política. La experiencia de América Latina*. Ed. Siglo XXI y Universidad de las Naciones Unidas. México.
- Zemelman, Hugo y Guadalupe Valencia, s/f. *Los sujetos sociales, una propuesta de análisis*. Borrador del primer capítulo del libro editado por el Colegio de México: Sujetos sociales y subjetividad.

Mesa 8. Tecnologías limpias para la mitigación del impacto de las actividades humanas en cuencas.

Extenso ID: 57. Ricardo Hernández-Martínez, Manuel Alejandro Lizardi-Jiménez.
CONTAMINACIÓN POR HIDROCARBUROS EN LA CUENCA LAGUNA DE BACALAR Y
BIORREACTORES PARA SU REMEDIACIÓN

[Regresar al índice](#)

^a CONACyT-Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca, Av. Veracruz S/N Esq. Héroes de
Puebla, Colonia Pemex. C.P. 95180, Tierra Blanca, Veracruz, México. E-mail:
odracirhema@gmail.com

^b CONACyT-Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca, Av. Veracruz S/N Esq. Héroes de
Puebla, Colonia Pemex. C.P. 95180, Tierra Blanca, Veracruz, México. E-mail:
chamarripas@yahoo.com.mx

RESUMEN

En este trabajo se estudió, en una serie histórica de dos años (2014 y 2015), la presencia de hidrocarburos contaminantes en cuerpos de agua de la Cuenca de Laguna Bacalar. Se detectaron hidrocarburos aromáticos policíclicos: naftaleno ($2.18 \pm 0.54 \text{ mg L}^{-1}$), pireno (1.14 ± 0.11 y $2.10 \pm 0.11 \text{ mg L}^{-1}$) y fenantreno ($1.08 \pm 0.11 \text{ mg L}^{-1}$) durante la temporada alta vacacional (julio) y prácticamente ausencia de contaminación por hidrocarburos en la temporada baja vacacional (octubre). Adicionalmente se realizaron análisis para identificar microorganismos nativos de un cenote contaminado con hidrocarburos del Estado de Quintana Roo y se realizó el cultivo en biorreactores airlift. Se corroboró la capacidad del consorcio nativo para degradar hidrocarburos obteniéndose altas tasas de degradación ($13\ 000 \text{ mg L}^{-1}$ de hidrocarburos en 14 días). El uso de consorcios microbianos nativos es una alternativa de remediación para cuerpos de agua contaminados con hidrocarburos en la Cuenca de Laguna Bacalar.

Palabras clave: Cuenca Laguna Bacalar, contaminación, hidrocarburos, remediación, microorganismos

1 INTRODUCCIÓN

Estudios recientes indican que el desarrollo intensivo del turismo en la costa del Estado de Quintana Roo (Medina-Moreno y col., 2014), está provocando la contaminación de sus acuíferos lo que, a su vez, repercute en los ecosistemas marinos (Chi Tran y col., 2002) ya que son sistemas interconectados (Sánchez y Pinto y col., 2016).

El suelo del Estado de Quintana Roo, en donde se ubica la Cuenca de Laguna de Bacalar, es una formación caliza de gran permeabilidad; una especie de esponja, llena de pozos o cuevas subterráneas de agua dulce, conocidas como cenotes que son importantes focos de atracción turística en la zona, ya que muchos se han preparado para la actividad recreativa (Lizardi-Jiménez 2012). Sin embargo, también son una vía libre para la contaminación ya que los residuos se filtran en este laberinto de cuevas, y los contaminantes fluyen rápidamente a través de ellas hasta el mar. Se ha detectado la presencia de hidrocarburos alifáticos y aromáticos policíclicos (HAP's) en cuerpos de agua dulce en el estado (Gold-Bouchot, 2009; Medina-Moreno y col., 2014; Lizardi-

Jiménez y col., 2016). Sin embargo falta un seguimiento en el tiempo y el espacio. Por otro lado, se han reportado el uso de consorcios microbianos para remediar esos cenotes contaminados.

El objetivo de este trabajo fue evaluar la contaminación por hidrocarburos en la Cuenca Laguna de Bacalar y usar biorreactores como alternativa de remediación.

2 MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio de estudio, especies estudiadas, materiales empleados, procedimientos utilizados, medida de variables, tratamientos estadísticos, información pertinente y base de datos de investigación (si procede). Esta sección debe contener la información necesaria y suficiente para la corroboración y evaluación adecuada de los diseños experimentales y de los métodos en general por parte de otros investigadores.

Puntos de muestreo

Se recolectaron muestras del agua de dos cenotes de la Cuenca Laguna de Bacalar con las siguientes coordenadas geoespaciales: (18° 46' 2.37" N, 88° 18'24.92" W; 18°30' 50.98"N-88°25' 27.29" W). La recolección se llevó a cabo de acuerdo a la normatividad mexicana tomando la muestra a 1-1.5 m de profundidad y se almaceno para su transporte en viales de vidrio a 4 °C (NMX-AA-014-1980).

Consortio microbiano y cultivo

Un consorcio microbiano hidrocarbonoclasta obtenido de un cenote de cercano a Playa del Carmen (Lizardi-Jiménez y col., 2014) fue cultivado en un biorreactor airlift usando medio mineral (Medina-Moreno y col., 2014) y 13 000 mg L⁻¹ de diésel como única fuente de carbono.

Sólidos suspendidos

Los sólidos suspendidos, que incluyen al consorcio microbiano degradador de hidrocarburos fueron determinados por centrifugación diferencial y técnicas gravimétricas como se indica en un trabajo previo (Lizardi-Jiménez y col., 2014).

Diesel

El diésel residual total fue determinado por extracciones con solvente hexano y cromatografía de gases de acuerdo a trabajos previos (Medina-Moreno y col., 2014).

3 RESULTADOS

Hidrocarburos presentes en cenotes

En la Tabla 1 se muestra la presencia y concentración de hidrocarburos en los cenotes muestreados en la Cuenca Laguna de Bacalar durante 2014 y 2015 en temporada vacacional “alta” (julio) y temporada “baja” (octubre). Se hace evidente la presencia de naftaleno y pireno en temporada alta y la ausencia de hidrocarburos en la temporada baja.

Tabla 1. Concentración de hidrocarburos en los cenotes muestreados en la Cuenca Laguna de Bacalar durante 2014 y 2015 en temporada vacacional “alta” (julio) y temporada “baja” (octubre). Adicionalmente se muestran los resultados de muestreos previos en los mismos puntos en 2012 y 2013 reportados previamente por Medina-Moreno y col., 2014.

Año	Temporada turística	Laguna Bacalar		Laguna Milagros	
		18°30' 50.98"N, 88°25' 27.29" W		18° 46' 2.37" N, 88° 18'24.92" W	
2012*	alta	Naftaleno	2.18 ± 0.54	Pireno	1.14 ± 0.11
	baja	nd		nd	
2013*	alta	Antraceno	0.022 ± 0.00	nd	
	baja	nd		nd	
2014	alta	Naftaleno	2.18 ± 0.54	Pireno	1.14± 0.11
	baja	nd		nd	
2015	alta	Fenantreno	1.08 ± 0.11	Pireno	2.10± 0.11
	baja	nd		nd	

La presencia de naftaleno y pireno coincide con lo reportado por el grupo de investigación para cenotes reportados en la Cuenca Laguna de Bacalar con coordenadas: (18° 46' 2.37" N, 88° 18'24.92" W; 18°30' 50.98"N-88°25' 27.29" W) en donde se detectaron hidrocarburos aromáticos policíclicos: naftaleno, pireno y antraceno. Estos hidrocarburos presentan propiedades cancerígenas y es necesario implementar técnicas para su remediación. Un trabajo de nuestro grupo (Hernández y col., 2013) mostró la presencia de HAPs: fenantreno y naftaleno en cenotes de la ciudad de Cancún. A la postre, el mismo grupo de trabajo amplió el estudio a lo largo del estado para comprobar el impacto del tamaño del sitio turístico, desde los muy visitados como Cancún y la Riviera Maya hasta uno escasamente desarrollado, como Holbox. El resultado fue la sociedad entre el tamaño del sitio y la presencia de hidrocarburos (Medina-Moreno y col., 2014). La concentración de hidrocarburos también se relacionó con la temporada turística, los cenotes durante la temporada “alta” mostraron mayor concentración y diversidad de hidrocarburos que en la temporada “baja”.

Biorreactores airlift como alternativa de remediación

En trabajos previos (Lizardi-Jiménez y col., 2014) trabajando con biorreactores airlift y un consorcio microbiano obtenido de un cenote se observó la degradación de más de 4000 mg L de naftaleno y fenantreno en cultivos en lotes de 7 días. La capacidad de este consorcio también fue demostrada en Medina-Moreno y col., 2014 para degradar incluso una mezcla de hidrocarburos alifáticos como es el diésel a 13 000 mg L⁻¹. En el presente trabajo se realizó un cultivo de 14 días coincidiendo la degradación de diesel a 13 000 mg L⁻¹, se removió el 100 %.

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La contaminación por hidrocarburos en cenotes de la Cuenca Laguna de Bacalar en Quintana Roo es un problema naciente, pero que puede aumentar debido al incremento de carros a mediano y largo plazo. Es necesario monitorear en series históricas y por polo turístico la concentración de estos agentes contaminantes, sobre todo de hidrocarburos aromáticos policíclicos tales como naftaleno y pireno para proponer las alternativas, incluyendo las biotecnológicas como solución al problema.

5. AGRADECIMIENTOS

Al proyecto 694 de Cátedras CONACYT.

6. LITERATURA CITADA

Lista completa de las fuentes de información impresa o en formato electrónico que se hayan mencionado en el texto, en estricto orden alfabético, de preferencia en estilo APA, teniendo como ejemplo las siguientes normas:

- Lizardi-Jiménez, M.A. 2012. Biorreactores airlift para el tratamiento de aguas contaminadas con hidrocarburos en el Estado de Quintana Roo. Agua en Quintana Roo, 3: 12-15.
- Medina-Moreno, S.A., Jiménez-González, A., Gutiérrez-Rojas, M., Lizardi-Jiménez, M.A.. 2014. Hydrocarbon pollution studies of underwater sinkholes along Quintana Roo as a function of tourism development in the Mexican Caribbean. Revista Mexicana de Ingeniería Química, 13: 509-516.
- Chi Tran K., Euan J. Isla M.L. 2002. Public perception of development issues: Impact of water pollution on a small coastal community. Ocean and Coastal Management, 45: 405-420.
- Sánchez y Pinto, I.A., Cervantes-Martínez, A., González R.A., Vázquez, M.E., Gutiérrez-Aguirre, M.A. 2016. Evidencia de flujo preferencial al mar, del Cenote Caletita, en Cozumel, México. Ingeniería, 19: 1-2

- Gold-Bouchout, G., Metcalfe, D., Drouillard, K. 2009. Contaminantes tradicionales y emergentes, un amenaza para el acuífero. En Libro de resúmenes del seminario: Análisis de la vulnerabilidad y riesgo de la contaminación de las aguas subterráneas en la península de Yucatán (F. Bautista et al., eds), Pp 35. CIGA- UNAM, Mérida, Yucatán.
- Lizardi-Jiménez, M. A., López Sánchez, E. Y., Gómez-de-Jesús, A., García-Cruz, N. U., & Hernández-Flores, C. I. 2016. Sinkhole-Native Oil-Degrading Microbial Consortium for Hydrocarbon-Polluted Seawater Remediation. CLEAN–Soil, Air, Water.

Extenso ID: 286. María Elizabeth Hernández-Alarcón, Elaine Kung. PERFILES VERTICALES DE METANO Y DQO EN HUMEDALES CONSTRUIDOS A NIVEL PILOTO PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES A NIVEL PILOTO EN PINOLTEPEC, VER

[Regresar al índice](#)

^a Red de Manejo Biotecnológico de Recursos – Instituto de Ecología A.C
email: elizabeth.hernandez@inecol.mx

^b Massachusetts Technological Institute, Massachusetts, EEUA email: elainemkung@gmail.com

RESUMEN

Los humedales construidos son una opción ecológica y sustentable para el tratamiento de aguas residuales domésticas y en ellos se pueden producir plantas ornamentales, lo cual ayuda a la viabilidad económica de los sistemas de tratamiento. Sin embargo, en este tipo de sistemas se produce metano, un potente gas de efecto invernadero. El conocer la concentración de metano a las diferentes profundidades del los humedales es de vital importancia para entender los factores que influyen su producción y poder así establecer medidas de mitigación de la emisión de este gas. El objetivo de este estudio, fue investigar la concentración a diferentes profundidades de la Demanda Química de Oxígeno y de metano en un humedal construido a nivel piloto en Pinoltepec, Mpio. de Emiliano Zapata, Ver. Para cuantificar la concentración de metano se colocaron tubos de silicon de 15 cm de largo x 1.5 cm de diámetro sellados en un extremo con silicon y con una manguera de latex de 0.5 cm de diámetro a 50, 40, 30, 20 y 10 cm de profundidad en el humedal de flujo supsuperficial con grava volcánica como sustrato con un TRH de 2 días, plantado con *Thalia geniculata* a la entrada del influente y con *Hedichyum coronarium* a la salida del humedal. Los tubos de silicon se ataron a una estructura perforada de PVC que se introdujo en el humedal, y a cada profundidad señalada se colocó una manguera de plástico de 0.5 cm de diámetro, con malla en uno de sus extremos para tomar muestras de agua. Cerca de la entrada del influente se encontraron mayores concentraciones de DQO y metano a los 50 cm de profundidad (450 mg/L y 160 ppm v/v respectivamente) comparados con 198 mg/L y 76 ppm v/v respectivamente). Cerca de la salida, la concentración de DQO y metano a 50 cm fue menor que cerca del influente (130 mg/L y 120 ppm v/v respectivamente) y también disminuyó hacia la superficie a los 20 cm (94 mg/L y 42 ppm v/v respectivamente). Se concluye que la producción de metano disminuye en las capas superficiales del humedal.

Palabras clave: Metalogénesis, tratamiento, gases de efecto invernadero, ecotecnología

1 INTRODUCCIÓN

En México sólo entre el 30-40 % de las aguas residuales municipales recibe algún tratamiento (Noyola, et al., 2012; Zurita et al., 2012). Lo anterior implica que entre 60 y 70% de las aguas residuales domésticas son vertidas sin ningún tratamiento a distintos ríos, lagos y acuíferos, causando grave contaminación de dichos cuerpos de agua.

Los humedales construidos son sistemas inspirados en las funciones de los humedales naturales. Consisten de canales con sustrato y plantas por donde el agua fluye, ya través de procesos biológicos y físicos, los contaminantes son removidos del agua (Hernández, 2013). Comparados con los sistemas convencionales de tratamiento, los humedales construidos tienen varias ventajas,

ya que son de menor costo de construcción y mantenimiento. Sin embargo, la desventaja, es que necesitan de un área de terreno mayor. Este tipo de sistemas han sido ampliamente utilizados en países desarrollados para el tratamiento de diversas fuentes puntuales de contaminación (Vymazal, 2007). Sin embargo, en los países intertropicales vías de desarrollo, los humedales construidos han sido menos utilizados, a pesar del potencial que tienen para resolver problemas de contaminación (Zurita, 2012, García et al., 2013). Por ejemplo en México sólo existen 137 humedales construidos que tratan aguas residuales domésticas (Noyola et al., 2011). Una estrategia para introducir este tipo de tecnología a comunidades medias y pequeñas es la producción de plantas ornamentales para que la comunidad pueda venderlas a cambio de darle mantenimiento al humedal. Sin embargo, poco se sabe del efecto de estas plantas ornamentales en los ciclos biogeoquímicos que ocurren en los humedales.

Particularmente la producción de metano, en los humedales construidos como parte del ciclamiento de carbono que se lleva a cabo en ellos es importante, debido a que es un potente gas de efecto invernadero. Sin embargo, no todo el gas que se produce, se emite a la atmósfera, ya que parte de él se oxida por las bacterias aerobias que habitan en las zonas menos reducidas (Hernández et al., 2015).

El objetivo de este estudio, fue investigar las concentraciones de metano y DQO, en un perfil vertical y longitudinal en humedales construidos con una combinación de plantas de humedales (*T. geniculata*) y plantas ornamentales (*H. ciliarium*), que tratan las aguas residuales de la comunidad de Pinoltepec, Ver.

Nuestra hipótesis fue que las concentraciones de metano serán mayores en las capas más profundas del humedal y disminuirán hacia la superficie y también las emisiones serán mayores cerca de la entrada de agua en comparación con la salida, debido a mayor disponibilidad de oxígeno.

2 MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio de estudio

El estudio se llevó a cabo en un humedal fue construido en la comunidad de concreto con un flujo subsuperficial con dos celdas con las siguientes dimensiones de 20 m X 1m X 0.60 m. (largo, ancho, alto), cada celda tiene su sistema de plomería individual y opera de manera independiente. Dicho humedal trata las aguas pre- sedimentadas de la comunidad de Pinoltepec, Mpio. de Emiliano Zapata, Ver. Se utilizó como sustrato grava volcánica (3 a 5 cm de diámetro) con una porosidad de 50 %. El sustrato fue colocado a 60 cm de alto de cada celda. El agua fluye 10 cm por debajo de la superficie de la grava (50 cm de la altura de la celda)

Vegetación

Se plantaron especies de plantas de humedal y plantas ornamentales con diferente distribución en cada celda. Estas distribuciones fueron colocadas por razones logísticas de disponibilidad de las diferentes especies y por experimentación para saber qué tipo de plantas soportan cargas de nutrientes más altas. A continuación, se describen el nombre común de las especies y en paréntesis el nombre científico de las mismas. En la celda 1, la distribución de las especies fue el siguiente de la entrada a la salida de agua de los humedales de los 1-5 se sembró platanillo (*Thalia geniculata*), de los 5-9 m se sembró papiro (*Cyperus papyrus*) para las celdas uno, de los 9 a los 11 m se sembró

sombrillita (*Cyperus alternifolios*), de los 11 a 13 se sembró jengibre blanco (*Hedychium coronarium*). con una densidad de 20 plantas por m⁻².

Medición de contaminantes

Para cuantificar la eficiencia de remoción de contaminantes se midió la concentración de Nitrógeno amoniacal, Nitrogeno total Kendhal NTK, fosfatos, fósforo total, Demanda química de Oxígeno DQO, sólidos totales y suspendidos a la entrada y salida de las celdas de los humedales. Se realizaron muestreos de agua cada semana, se muestreo el agua a la entrada de la alimentación para las tres celdas (por medio de una válvula de escape que tiene el tubo alimentador de las celdas) y a la salida de las tres celdas de humedales. Se tomaron muestras de 3 litros en recipientes de plástico lavados con HCL al 25%. Las muestras se transportaron en hielo al laboratorio y se mantuvieron a 4°C hasta su análisis, que generalmente ocurría en los siguientes cuatro días. Para fines de este reporte, se promediaron los valores a de las tres celdas de salida y se manejaron como un solo valor.

Los métodos analíticos utilizados se describen a continuación.

Cuadro 1. Técnicas analíticas empleadas para determinar los contaminantes a la entrada y salida de las celdas de humedales.

Determinación	Técnica analítica	Fuente
Nitrógeno total Kjenldahl	Micrométodo Kjenldahl	Furman. 1975
Nitrógeno amoniacal	Método Nessler	Modificado por HACH
DQO	Micrométodo 0-1500 mg/L	Orozco, 1992
Sólidos totales	Evaporación	NMX-AA-0034-SCIF-2001
Fósforo total	Digestión con Persulfato y formación del complejo de azul de molibdeno con ácido ascórbico	García y Ballesteros, 2006
Sólidos suspendidos	Filtración	NMX-AA-0034-SCIF-2001

Para cuantificar la concentración de metano se colocaron tubos de silicón de 15 cm de largo x 1.5 cm de diámetro sellados en un extremo con silicón y con una manguera de latex de 0.5 cm de diámetro a 50, 40, 30, 20 y 10 cm. En el extremo de la manguera se llevó a la superficie del humedal y se selló con silicón un tapón de goma, por donde con una jeringa, se extrajeron las muestras de gases, las cuales se colocaron en vials sellados herméticamente, previamente evacuados al vacío, los cuales se transportaron al laboratorio para su análisis de metano, el cual se realizó al día siguiente de su colecta, mediante un cromatógrafo de gases (Perkin Elmer Clarus 5000) equipado con un detector de ionización de flama (FID) para la cuantificación de CH₄. Una columna Poropak Q (80/100 mallas) fue usada para la separación de muestras (temperaturas del horno, inyector y detector a 40, 95 y 150 °C). Nitrógeno (7 ml min⁻¹) fue usado como gas acarreador. Gases estándares (Matheson gas) de CH₄ equilibrados con N₂ fueron usados para las curvas de calibración.

Junto a cada tubo de silicón se colocó una manguera de 0.25 cm de diámetro a las mismas profundidades mencionadas, el extremo de la manguera de plástico se colocó en la boca de la planta con una liga para evitar el taponamiento por sólidos mayores. El otro extremo de la manguera se llevó a la superficie y se marcó con la profundidad correspondiente. A través de esas mangueras se extrajeron muestras de agua a diferentes profundidades a las cuales se les analizó la concentración de DQO, por el método descrito en la tabla 1.

Los tubos de PVC, con las mangueras de silicón y las mangueras para recolectar muestras de agua, se colocaron cerca de la entrada del agua residual en las zonas sembradas con *T. geniculata* y en las zonas cerca de la salida en las zonas con *H. conorarium*, en dos celdas dando un total de 4 sitios de monitoreo con 5 profundidades.

RESULTADOS

Eficiencia de remoción de contaminantes

El humedal desde su creación en 2013, ha mostrado una remoción de DQO, relativamente alta, una remoción media de nitrógeno total y remociones más bajas de sólidos y fosfatos (Cuadro 2)

Cuadro 2.- Promedio mensual* (Junio 2013 - Diciembre de 2015) de parámetros de calidad de agua a la entrada y salida de las celdas de humedales con producción de flores en Pinoltepec, Veracruz.

Parámetro de calidad de agua	Entrada	Salida	% de remoción
Nitrógeno Total mg/L	119 ± 20	72 ± 9	47 ± 12
Fosforo Total mg/L	12 ± 3	8 ± 2	33 ± 6
Demanda Química de Oxígeno mg/L	378 ± 31	124 ± 20	67 ± 14
Sólidos totales mg/L	720 ± 52	474 ± 35	34 ± 9

*n=4

Perfiles verticales de metano y DQO

Se encontró que la concentración de metano es más alta de las zonas más profundas del humedal y disminuye de las zonas de entrada del agua residual a las zonas de la salida (Figura 1) . Asi mismo, s observó el mismo patrón en la concentración de DQO, sin embargo, en este caso sólo se observa una rápida disminución de la capa más profunda (50 cm) a los 40 cm y de allí se mantiene en los mismos rangos, esto cerca de la entrada del agua residual. En la zona cerca de la salida, la concentración de DQO, se mantiene en el mismo rango de concentración a las diferentes profundidades, siendo más bajas de las observadas en las muestras cerca de la entrada.

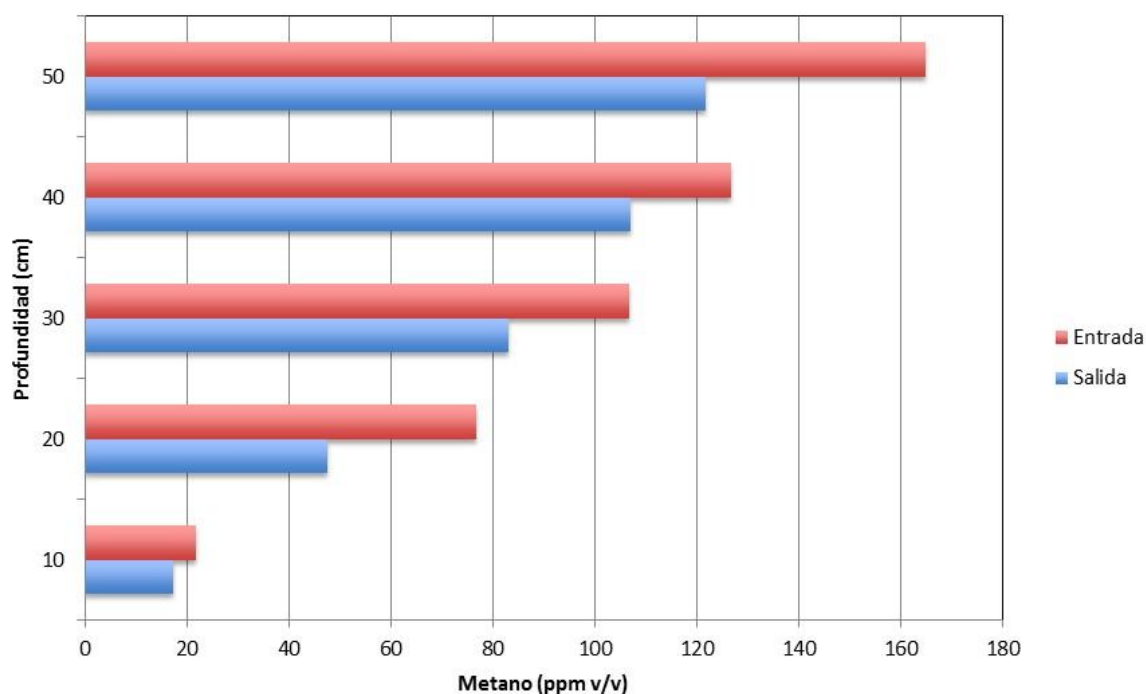


Figura 1.- Perfiles verticales de las concentraciones de metano a diferentes profundidades en un humedal construido para tratar las aguas residuales de la comunidad de Pinoltepec, Ver.

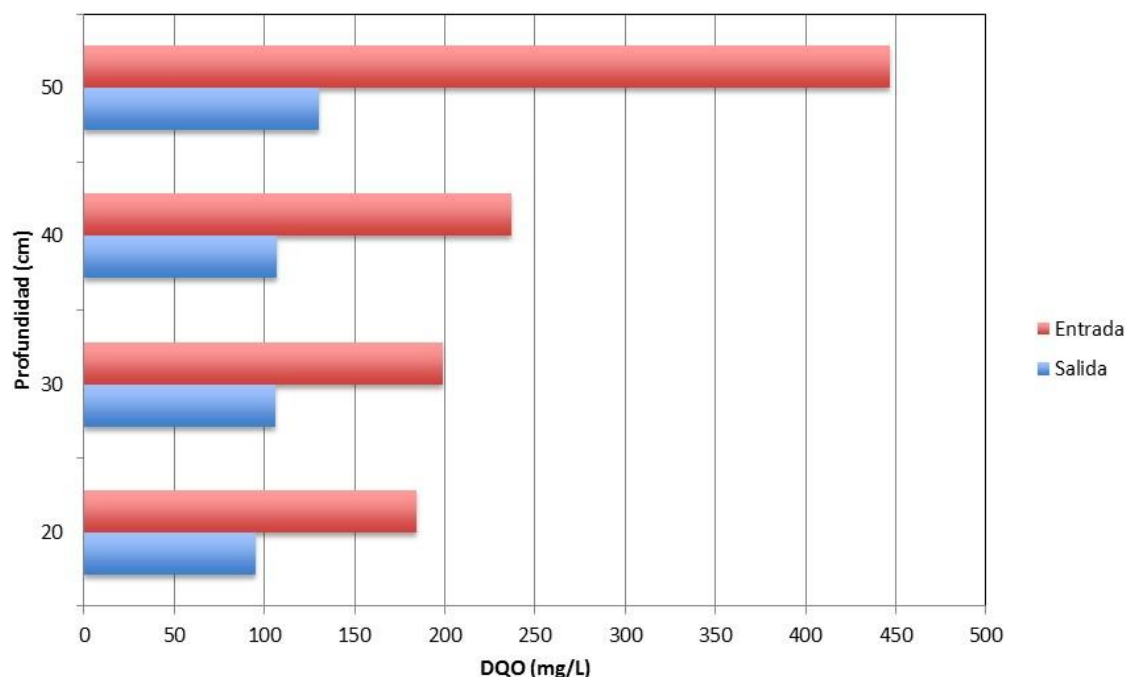


Figura 2.- Perfiles verticales de las concentraciones de DQO a diferentes profundidades en un humedal construido para tratar las aguas residuales de la comunidad de Pinoltepec, Ver.

la información como datos o hechos registrados u observados que fueron obtenidos a través de los métodos utilizados. Presentar la información con el apoyo de cuadros y figuras, ya que estos pueden condensar mucha información.

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La eficiencia de remoción de contaminantes observadas en este estudio, son comparables a los rangos reportados para otros humedales construidos (Vymazal, 2007). Respecto a los perfiles de metano, la disminución en la concentración de metano de las capas más profundas a la superficie, indica que hay oxidación del gas en las capas superiores, probablemente llevada a cabo por las bacterias aerobias oxidantes de metano, que prefieren oxígeno para llevar a cabo este proceso (Hernández et al, 2015). La disminución de las concentraciones de metano de la entrada a la salida del humedal, parecen estar relacionadas con la disponibilidad de carbono como materia prima para producir metano, ya que la concentración de DQO también es más baja cerca de la salida del humedal. Sin embargo, si observamos la pendiente de disminución de metano a los 20 cm, que es

donde había agua, se observa una pendiente más pronunciada en la zona con *T. geniculata*, que en la zona con *H. cronarium*, lo cual pudiera indicar una actividad de oxidación menor en esta zona, que su vez pudiera estar relacionada con diferencias en la capacidad de aireación de la Rizófera de las dos especies de planta, que a su vez influencia la actividad de los microorganismos metanotróficos que habitan en ella.

De acuerdo con los resultados, se acepta la hipótesis de que la producción de metano se lleva a cabo en las capas mas profundas de metano y que en las capas más superficiales hay consumo del mismo y que la cinética de producción se ve influenciada por la disponibilidad de carbono y la oxidación de mismo por la disponibilidad de oxígeno. Las diferentes especies de plantas influyen el consumo (oxidación de metano) en los humedales construidos estudiados.

Es la interpretación de los resultados por el autor, donde se evalúan las hipótesis en función del conocimiento teórico acumulado hasta el momento de la publicación, y se considera si se respondieron o no las preguntas de investigación. Debe indicarse los hallazgos particulares y recomendaciones relevantes para el fomento del manejo integrado de cuencas.

El estudio de los perfiles verticales de metano en los humedales construidos nos permite entender el metabolismo de producción y consumo de este potente gas de efecto invernadero, lo cual abre posibilidades de proponer estrategias de ingeniería ecológica para mitigar su emisión en este tipo de ecotecnologías.

5. AGRADECIMIENTOS

Financiamiento para este proyecto fue otorgado por el cosejo de cuenca Tuxpan-Jamapa-CONAGUA y por Massachusetts Institute of Technology MIT- International Science and Technology Initiatives (MISTI).

6. LITERATURA CITADA

- Furman, N.H. 1975. Standard Methods of Chemical Analysis. R.E. Krieger Publishing Company, NY. USA. 1401pp
- García J. y Ballesteros M. 2006. Evaluación de los parámetros de calidad para la determinación de fósforo disponible en suelos. *Revista Colombiana de Química*. 35 (1): 81-89.
- García, J.A., D. Paredes y J. Cubillos. 2013. Effect of plants and the combination of wetland treatment type systems on pathogen removal in tropical climate conditions. *Ecological Engineering*. 58 :57– 62
- Hernandez M.E. 2010. Ecological Engineering for Controlling Surface Runoff Pollution. En: "Handbook of Environmental Research. Edelstein, A. and Bär, D (Ed.) ISBN: 978-1-60741-492-6. Nova Science Publishers, Inc pp 439-456

- Hernández,M.E, Beck,D.,Lidstrom ME, and Chistoserdova,L. 2015. Oxygen tension is a major factor in determining the composition of microbial communities involved in methane oxidation. *Peer J.* 3:e801; DOI 10.7717/peerj.80
- NMX-AA-0034-SCIF-2001.- análisis de agua - determinación de sólidos y sales disueltas en aguas naturales, residuales y residuales tratadas - método de prueba (cancela a las NMX-AA-020-1980 y NMX-AA-034-1981)
- NMX-AA-004-SCFI-2000. Análisis de agua - determinación de sólidos sedimentables en aguas naturales, residuales y residuales tratadas - método de prueba (cancela a la NMX-AA-004-1977)
- Noyola, A., A. Padilla-Rivera, J.M. Morgan-Sagastume, L.E. Guereca, y F. Hernández-Padilla . 2012. Typology of Municipal Wastewater Treatment Technologies in Latin America *Clean – Soil, Air, Water.* 40 (9): 926–9322012
- Orozco, S., Cantero, V. y Rodríguez, JF. 1992. Manual de Referencia del Tratamiento Anaerobio de Aguas Mielles del Café. Seminario-Taller “El Tratamiento Anaerobio de los residuos del Café: Una Alternativa Energética para la Disminución del Impacto ambiental en el Sector”. Comité de las Comunidades Europeas, Comité de acción de Apoyo al Desarrollo Económico y Social de Centroamérica. Matagalpa, Nicaragua.
- Vymazal, J. 2007. Removal of nutrients in various types of constructed wetlands. *Science of The Total Environment.* 380(1-3): 48-45
- Zurita, F., M.A. Belmont, J. De Anda y J.R. White .2011. Seeking a way to promote the use of constructed wetlands for domestic wastewater treatment in developing countries. *Water Science & Technology.* 63 (4): 654- 659.

Extenso ID: 157. Rosa Valencia Esteban, Jersain Gómez Nuñez. POZOS DE ABSORCIÓN COMO MÉTODO DE RECARGA ARTIFICIAL PARA EL ACUÍFERO DE LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO

[Regresar al índice](#)

Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco

RESUMEN

La recarga natural de un acuífero depende principalmente de la lluvia que se infiltra en el suelo y que se mueve por acción de la gravedad a través de pequeños poros y a velocidades muy lentas, la creciente mancha urbana ha generado que esta agua no pueda recargar a los acuíferos y al mismo tiempo ha acelerado la explotación de estos, generando un desequilibrio hidrológico, es decir las entradas de agua (recargas) son menores a las extracciones de agua (descargas).

En la actualidad se han diseñado varios métodos de recarga artificial para ayudar a los acuíferos a recargarse en menos tiempo y con normas de calidad para el agua, esto con el fin de garantizar una mayor disponibilidad de este recurso y a menor costo.

En zonas urbanas como el mayor porcentaje del territorio del Valle de México la infiltración no es posible debido a pavimentos y azoteas impermeables, el agua pluvial tiende a escurrir a través de las pendientes topográficas de forma rápida, almacenándose en las zonas bajas, lo cual ocasiona inundaciones o encharcamientos que más tarde tienden a mezclarse en el sistema de alcantarillado sanitario y formando parte de las aguas residuales.

Los pozos de absorción es un método que ha comenzado a usarse con mayor frecuencia en la recarga del Acuífero Central del Valle de México sin embargo aún se cuestiona la eficiencia de este método para el control de inundaciones y la recarga del acuífero. Su vida útil es muy corta debido a varios factores como el filtro que se les coloca, los asentamientos que provoca, poco mantenimiento, etc.

En ellos se lleva a cabo un proceso de infiltración en el cual el agua penetra desde la superficie del terreno hacia el subsuelo ya que son una estructura que sustituye el área necesaria para la infiltración como se daría en un suelo permeable, debido a este factor tan importante dentro de una ciudad es posible mantenerlo como un método de recarga e investigar más sobre ellos para determinar los diseños adecuados que podrían ayudar a recargar al acuífero correspondiente.

Palabras Clave: RAPA

[Regresar al índice](#)

Sendas AC

¹nandasamadhi@gmail.com; ²espinozasilvino@yahoo.com.mx ³darius_202@hotmail.com

RESUMEN

En Sendas consideramos que un elemento clave en el manejo integral de las cuencas son los sistemas productivos. Para que estos puedan contribuir a la conservación de los servicios ambientales es necesario que estén en armonía con los procesos ecológicos y socioculturales, y que permitan la coexistencia de espacios para la flora y fauna nativas, cuiden los suelos y el agua. Desde hace 6 años, comenzando en la cuenca del río Pixquiac y recientemente en las cuencas Huehueyapan y Texolo, Veracruz, hemos comenzado a implementar diferentes estrategias para el mejoramiento en la producción agropecuaria, buscando la omisión o reducción de insumos agroindustriales y diversificando las opciones productivas. Prácticas extensivas como la ganadería transforman en paisaje de manera importante, mientras otras como la producción de papa transforman el territorio de manera no visible pero los más de 10 agrotóxicos sumamente peligrosos liberados al suelo y al agua alteran sus condiciones bioquímicas. Los sistemas poco productivos pueden generar mayor presión extractiva en los remanentes de bosques. Presentamos el trabajo con 75 familias para reproducir e innovar en prácticas sustentables en producción de alimentos, en su mayoría utilizando módulos demostrativos o experimentales, diseñados en conjunto. En sus parcelas o traspacios se han implementado módulos agrosilvopastoriles, huertos en microtúnel, gallineros ecológicos, bosques comestibles y/o siembras experimentales de papa sin agroquímicos. La reflexión de estas experiencias es con base en los resultados para responder al cómo las actividades de producción con una visión sustentable puede funcionar como un motor de transformación positiva del territorio, y detonar procesos sociales de entendimiento. Se explorarán los retos que enfrentan estas alternativas para lograr mantener los servicios ambientales y los procesos sociales que sostienen su conservación de la cuenca a largo plazo.

Palabra clave: Alternativas productivas, seguridad alimentaria, conservación de suelos, agua y bosques, manejo integral de cuenca, agroecología.

INTRODUCCIÓN

El ser humano ha desarrollado la capacidad de modificar los paisajes de manera radical, la principal razón, histórica y espacialmente, es la producción de alimentos. Los **sistemas productivos** son los espacios donde se generan alimentos y riqueza, ellos comprenden prácticas, conocimientos, germoplasma, herramientas, ciclos y cosmovisiones. Las prácticas definen el tiempo y los alcances de la producción, pero también de manera importante, la extensión. El sistema productivo más relevante para la transformación del paisaje es la ganadería, en México ocupa 110 millones de hectáreas lo que significa el 56% del territorio nacional y ha substituido 44% de los bosques (Sagarpa 2003), su tasa de crecimiento es de 4.07% anual (IFN 2000). Fue en el estado de Veracruz donde arribaron las primeras cabezas de res en 1527 traídas por los españoles provenientes de Cuba (Doolittle 1987), y que desde esa fecha han comenzado a abrir espacios para los pastizales, en su

mayoría en las zonas tropicales, y también hasta alcanzar las zonas montañosas, llevando esta práctica aun en laderas.

La tradición ganadera se ha arraigado fuertemente a la cultura local, la deforestación para dar lugar a la ganadería puede parecer un proceso inofensivo y redituable, si el 51% del territorio estatal está abocado a esta actividad (Conabio 2013). En tan sólo 25 años el sector agropecuario en Veracruz ha crecido poco más de un millón de hectáreas (Pladeyra 2006). En el caso de la agricultura el 6.6% del territorio veracruzano tiene este uso del suelo, poco más de 1.4 millones de hectáreas (Aguirre-Hernández 2008). Los sistemas productivos abarcan más del 70% del territorio, por lo tanto son elementos determinantes para la realidad de las cuencas y los paisajes. Las prácticas inadecuadas pueden provocar serios daños al funcionamiento hidrológico y provocar inundaciones (Paré y Gerez 2012), disminución del abasto de agua, pérdida de la fertilidad y por lo tanto de la rentabilidad de los sistemas productivos.

<i>Uso o vegetación</i>	<i>Hectáreas</i>	<i>%</i>
Pastizal	2'525,701.70	35.09
Agrícola	1'593,336.56	22.14
Vegetación perturbada	1'331,776.47	18.51
Selva alta y mediana	605,199.60	8.41
Agroforestal	197,873.04	2.75
Bosque mesófilo	124,364.98	1.73
Sin vegetación	136,880.94	1.90
Otros tipos de vegetación	681629.79	9.47

Fuente: Ellis E. y Martínez M. 2010.

La región centro de Veracruz no es la excepción al modelo de uso del suelo que impera sobre el estado, y un factor interesante aumenta la complejidad del contexto, en esta región se ubica un ecosistema muy importante por su riqueza y fragilidad, el bosque mesófilo de montaña. Este ecosistema hace a los sistemas productivos tradicionales muy diversos e interesantes, sin embargo la tendencia productivista inducida en ocasiones por programas y apoyos gubernamentales tienden a homogenizar y simplificar dichos sistemas haciéndolos menos resilientes. Esta tendencia histórica ha llevado al territorio montañoso a enfrentar serios problemas de erosión (cita) y a las zonas bajas a enfrentar serias inundaciones. Parte muy importante para el manejo integral de las cuencas es el mejoramiento de sistemas productivos en acompañamiento de los procesos sociales con lleven a un buen vivir, es decir sistemas productivos para el **cuidado del agua y los suelos**, que permita la coexistencia con el **bosque nativos**, promuevan la biodiversidad, busquen alternativas al cambio climáticos y permitan una relación sana campo-ciudad.

El presente trabajo busca presentar las experiencias de Sendas A. C. en la implementación y experimentación en alternativas para la producción de alimentos con prácticas sustentables, bajo el enfoque de **manejo integral de cuenca**. Hasta la fecha se colabora con 75 familias directamente, en el mejoramiento de prácticas y su difusión, reforestación de laderas y zonas riparias, mejoramiento de productos para la comercialización, organización social para la cooperación productiva y la experimentación de alternativas amigables con el ambiente y la gente. Presentaremos particularmente lo realizado dentro de módulos agrosilvopastoriles, huertos y gallinas en traspatios, producción de papa sin agroquímicos,

Desde hace 10 años se ha trabajado en la cuenca del río Pixquiac, en sus comienzos el trabajo se enfocó en la conservación de bosque y recuperación de la biodiversidad, a la fecha 1094 hectáreas (10.2 % del su superficie total) se encuentran bajo un esquema de compensación por servicios

ambientales en un fondo concurrente. El proceso es monitoreado por un comité conformado por sociedad civil, productores, autoridades ejidales y comunales, representantes de instituciones de gobierno y académicos. Con la necesidad de recuperar el bosque nativo, hace seis años, se comenzó a trabajar con ganaderos en módulos agrosilvopastoriles demostrativos, para mejorar su sistema y hacerlo más productivo, con esto permitir que se destinará una parte de sus terrenos a la reforestación, principalmente en zonas riparias y abastecedoras de manantiales. Hace 4 años el trabajo con las comunidades nos llevó a poner atención a la **seguridad alimentaria** y se ofrecieron capacitaciones en agroecología y técnicas de cultivo y crianza de gallinas en los traspatios. Hace un año hemos comenzado las siembras experimentales, de papa sin agrotóxicos y de bosques comestibles, colaborando con campesinos habitantes de las cuencas.

Las líneas de trabajo que más tiempo llevan (agrosilvopastoril y traspatio) implementándose han tenido resultados positivos en la retención de suelos, el cuidado de la calidad del agua, reducción del uso de agroquímicos, diversificación de la dieta y el autoabasto, quitar presión a los bosques y aumentar su superficie, y generar excedentes para la comercialización. Mientras que las siembras de bosques comestibles y papa sin químicos aún están en etapa experimental las presentamos como referentes de trabajo. El mejoramiento de los módulos continúa, así como la integración de más elementos que ayuden a los sistemas a seguir transitando hacia la sustentabilidad. Ahora estamos explorando canales de comercio justo, que permanezcan coherentes al cuidado de la cuenca, es un nuevo reto que se nos presenta como una puerta de oportunidad. Otro reto en el que estamos trabajando es referente a la capacidad de generar datos de calidad en el monitoreo de los cambios que van surgiendo con el tiempo a raíz de las alternativas implementadas. Hemos comenzado procesos para desarrollar bases de datos, utilizar tecnología, capacitar a los productores en la toma de datos y sistematizar las experiencias. La asimilación por parte de las comunidades es lenta y requiere un trabajo arduo y constante por parte del equipo, el siguiente paso que nos abre este reto en la integración de metodologías replicables desde dentro de las comunidades.

CONTEXTO GENERAL DE LAS CUENCAS DONDE TRABAJAMOS

Las subcuencas de los ríos **Pixquiac** (10,727), **Texolo** (8,996 ha) y **Huehueyapan** (2,873 ha) nacen en el Cofre de Perote y discurren hacia el Golfo de México por la vertiente Oriental de esta montaña; bajan abruptamente desde los 4,200 hasta los 1,100 msnm. Ambas subcuencas abarcan el 66.28% de la superficie del municipio de Xico. El trabajo se ha concentrado principalmente en las zonas alta y media todas las cuencas; entre los 1,400 msnm, hasta las colindancias con el Parque Nacional Cofre de Perote (PNCP), a los 3000 msnm. En este rango de altura la distribución natural de los ecosistemas forestales abarca el BMM, de los 1,400 hasta los 2,500 msnm, aproximadamente, más arriba se presentan bosques encino y pino, de pino y en su zona más alta algunos manchones de oyamel. Las subcuencas se ubican estratégicamente en la parte central de la **Cuenca Alta del Río la Antigua** (CARA). De ellas se abastecen las zonas urbanas de Xico y Xalapa. La subcuenca del río Texolo, alimenta al sitio RAMSAR de las cascadas de Texolo.

El suelo predominante en el área de interés es el andosol húmico. La vegetación original – BMM, bosques de encino y de pino- ha sido ampliamente perturbada y se encuentra distribuida en un mosaico complejo de usos del suelo compuesto por relictos de BMM sobre todo en las cañadas, milpa, pastizales inducidos y en menor medida cafetal de sombra en la parte más baja de la zona de trabajo. El análisis de los cambios en la vegetación (Muñoz 2008) indica para la CARA que los bosques de pino-encino y de coníferas incrementaron en el periodo 1990-2003 su superficie en un 29 y 116 %, mientras que el BMM disminuyó en un 34.5%, también llama la atención la disminución de la superficie de agricultura de temporal (-19.8%) y el aumento del 21% en la superficie de pastizal inducido, éste último se explica en parte por la escasa mano de obra que

demanda la ganadería extensiva practicada ampliamente en la región. Las observaciones de campo para las zonas media y alta de las subcuencas de interés confirman las mismas tendencias en la dinámica de vegetación y usos del suelo, indicadas para la CARA.

Se observa una creciente tendencia al abandono de las actividades agropecuarias a cambio de empleos asalariados en la zona conurbada de Xalapa-Coatepec y en la ciudad de Xico, este fenómeno se relaciona también con la fluctuación de los precios de otros productos agropecuarios orientados al mercado (papa), combinada con los ciclos de expansión o contracción en la demanda de mano de obra, en la zona conurbada. La propiedad de la tierra en la zona que nos ocupa es privada y ejidal, dentro de la primera aproximadamente el 70% corresponde a pequeñas propiedades de extensiones menores a 5 ha. (Ibid), aunque también destaca la presencia de grandes predios particulares de 50 Ha. o más. El abandono del campo debido a los procesos migratorios está claramente relacionada con la recuperación de la cubierta forestal asociada al crecimiento de bosques jóvenes en áreas agropecuarias abandonadas (Paré y Gerez 2008).

En el área de trabajo la identidad de la población es resultado de dos tradiciones culturales. La zona alta está habitada por campesinos mestizos provenientes del altiplano poblano y veracruzano, que colonizaron la región a principios del Siglo XX cuando trabajan en las haciendas madereras del porfiriato (Paré y Gerez 2012), mientras que en la zona media la población descende de los nahuas que habitaban la región desde antes de la llegada de los españoles. La lengua náhuatl está prácticamente extinta, aunque todavía se pueden encontrar algunas personas de avanzada edad que lo hablan.

LAS EXPERIENCIAS EN ALTERNATIVAS PRODUCTIVAS

A continuación se presentan los métodos, resultados, logros, obstáculos y retos que a la fecha envuelven las líneas de trabajo que venimos desarrollando sobre la producción de alimentos, proyectos sinérgicos con diversas actividades y líneas de trabajo que buscan la integralidad para tejer una cuenca con ciclos virtuosos. La estrategia de trabajo ha sido acercarse a los productores y proponerles colaborar para construir un módulo de mostrativo alguno de los proyectos, en otras ocasiones ellas se han acercado para participar, a través de proyectos se consiguen los materiales e insumos para la construcción de dichos módulos. Conjuntamente con los productores(as) se diseña e implementa el módulo. Mientras que el monitoreo que hemos comenzado a efectuar este año 2016, lo realizan los productores en el caso del diario y mensual, mientras el equipo de Sendas se encarga de realizar el monitoreo anual.

Módulos agrosilvopastoriles

Los procesos de innovación en agrosilvopastoreo los iniciamos en el año 2010, en colaboración con ganaderos de pequeñas extensiones. La ganadería de la región se caracteriza por un manejo extensivo, precario, poco rentable, dependiente y con un considerable deterioro de la fertilidad del suelo. La leche que producen en su mayoría es vendida a la compañía Nestlé a precios que van desde los \$4.50 a \$5.20 pesos por litro de leche, la compra-venta se da en condiciones y restricciones poco favorables para el productor. Los precios de los alimentos balanceados (provenientes de la agroindustria), desparasitantes y medicamentos aumentan año con año, ellos afirman que en ocasiones sólo recuperan lo que gastaron. Es aquí donde se combinan las metas de restaurar el bosque nativo y mejorar el bienestar de los productores y la población en general.

El proceso comienza con un breve diagnóstico e intercambio de experiencias y se identifican las capacitaciones necesarias para el trabajo, continúa con un diseño y construcción de acuerdos de colaboración, y finaliza con la implementación del módulo bajo un cronograma y ruta crítica. Se realizan reforestaciones en zonas riparias y manantiales, con exclusión de ganado, divisiones en curvas a nivel y rotación de las praderas con cercos eléctricos, enriquecimiento de praderas, siembra de frutales en callejones, siembras de diversos forrajes de alta proteína e instalación de ecotecnias. El arreglo de una unidad agrosilvopastoril facilita la recolección de estiércoles para la elaboración de abonos orgánicos, permite la rotación y manejo adecuado de pastizales, además de contemplar la rotación de cultivos como la papa, la avena y el maíz, enriquecimiento y diversificación productiva con árboles frutales, maderables y fijadores de nitrógeno.

A la fecha se trabaja en total con 26 productores, 17 en la cuenca del Pixquiac, 6 de ellos en la cuenca del Huehueyapan y 3 más en la cuenca del Texolo sus parcelas demostrativas reúnen 144 hectáreas. Los productores han notado un aumento en el aforo de los manantiales reforestados y comentan obtener recursos de las áreas de exclusión de ganado como madera, plantas medicinales y frutos. Algunos de ellos afirman que sus avistamientos de fauna nativa han aumentado con esa reforestación. Se han reforestado cerca de 37 hectáreas de potrero con 17 especies diferentes árboles nativos. Estamos realizando análisis de los rendimientos para poder evaluar la eficiencia de los cambios aplicados, sin embargo bajo la percepción de los productores los resultados están siendo favorables, así como en los datos del rendimiento obtenido en litros de leche. Se está trabajando con 3 queserías para mejorar su producción, eficiencia energética y calidad de los productos, de manera que se acompañe la producción de leche de alta calidad con medios de transformación que fomenten las buenas prácticas con mejores precios y promoción. Los retos están encaminados a la construcción, diversificación y facilitación de los canales de comercialización de los productos resultantes de los módulos.

Traspatio

Para los habitantes campesinos de las cuencas tradicionalmente el solar, traspatio o huerto familiar ha sido un espacio donde se producen alimentos y medicinas principalmente para el uso doméstico. Existen características diversas en cuanto a tamaños, diversidad, objetivos y prácticas para la producción de hortalizas, crianza de aves de corral (gallinas) y engorda de cerdos. Actualmente se trabaja con 42 familias, principalmente con las mujeres, para la producción de hortalizas sin agroquímicos y gallinas en sus traspatios. Identificamos que los principales problemas del traspatio tradicional es la falta de organización del espacio que conlleva la no contención de sus animales y el desperdicio de nutrientes y espacios; además de la necesidad de insumos comprados como semillas y fertilizantes. En conjunto con las propietarias diseñamos el sistema productivo en busca de eficiencia en el reciclaje de nutrientes y uso de materiales. A la fecha el 100% de las familias utilizan la producción para el autoconsumo, 75% realizan ventas vecinales o dentro de la comunidad y el 17% de ellos ya comenzaron a colaborar en redes de consumo justo para la venta en mercados de las zonas urbanas.

El ordenamiento del espacio ayuda mucho a entender los ciclos de los nutrientes y manejarlos con mayor eficiencia, proceso que ayuda a economizar el tiempo. Los huertos generan un empleo en los hogares donde las mujeres pueden satisfacer necesidades alimenticias y económicas realizando pequeños cambios en sus traspatios, en el sistema se integran a los niños y jóvenes, lo que contribuye en integración familiar. Los grupos de productoras se reúnen para organizar sus ventas

de excedentes, como también recibir talleres propuestos por ellas, para reforzar sus conocimientos en la producción y otros temas, como el ahorro en cajas comunitarias.

Producción agroecológica de papa

En las faldas del cofre de Perote se han cultivado papas desde 1930 (Núñez-Sánchez et al., 2003), hasta llevar a Veracruz a ser el principal productor a nivel nacional. La presencia de patógenos como el nematodo dorado (*Globodera rostochiensis*) llevo al uso de pesticidas para lograr la producción. Con la presencia de los paquetes tecnológicos, con herbicidas, fungicidas, nematicidas y fertilizantes químicos, los suelos se deterioraron hasta hacer no redituable la actividad. En el año 2005 los paperos comienzan a sembrar en zonas bajas y cálidas, debiendo utilizar una cantidad mayor de pesticidas. En los últimos 5 años este cultivo se ha extendido rápidamente en las zonas medias de las cuencas donde trabajamos principalmente en la del río Pixquiac, muchas de estas siembras se ubican cerca de manantiales que abastecen diversas colonias y barrios, o contiguos a los núcleos de población. Los paperos acuden para rentar tierras, donde cultivan la papa con 18 agroquímicos diferentes algunos altamente peligrosos para la salud humana. Este tipo de agricultura degrada rápidamente los suelos y compromete la calidad de los mantos acuíferos y cuerpos de agua. Los habitantes de las comunidades de Cinco Palos, col. Cuauhtemoc, Capulines y Rancho Viejo, reportan tener problemas con estos cultivos por los malos olores, la muerte de animales domésticos y algunos síntomas como dolores de cabeza. Sin embargo cada ciclo productivo se abren nuevas áreas de cultivo y en mayores superficies. Los altos pagos por la renta de las parcelas convencen a los dueños de tierras quienes ignoran el contenido y efecto de las mochilas rociadoras.

Para atender a una demanda social, realizamos foros de información, acompañamos a vecinos afectados en sus denuncias, colaboramos con otros actores para iniciar un estudio sobre la remanencia de agroquímicos en los cuerpos de agua y los efectos en la salud de la población y comenzamos una siembra experimental de papa sin agroquímicos. El tiempo requerido para que concluir la factibilidad de un cambio de prácticas agroecológicas es de 4 años o ciclos después de un año. Actualmente se tienen cinco módulos experimentales con campesinos locales, distribuidos en la zona baja de la cuenca del Pixquiac. Con estos módulos se pretende sensibilizar al productor sobre los peligros del uso indiscriminado de agroquímicos, satisfacer la demanda doméstica de papa y generar excedentes para la venta, generar una alternativa más en el mercado que permita la reflexión de los modos de producción y la relación que hay con la salud humana.

Bosques comestibles

El bosque comestible imita los ecosistemas naturales con base en cinco funciones principales: 1) cobertura del suelo, 2) producción de biomasa, 3) atracción de polinizadores con plantas con flores, 4) fijación biológica de nitrógeno, 5) plantas que extraen nutrientes del subsuelo. Además de optimizar el uso del espacio, tanto vertical como horizontal. Los bosques comestibles se basan en los sistemas agroecológicos utilizados de los grupos originarios o indígenas que con un entendimiento más profundo y complejo de la ecología hacían un uso sustentable de los recursos y por lo tanto, más productivos y eficientes; aunado a lo anterior la permacultura, la agroecología y la agroforestería han incorporado el diseño de los sistemas como una innovación necesaria (Holmgren 2002). Las áreas en las que se busca implementar los bosques comestibles son áreas buffer entre las zonas de manejo intensivo y los bosques en conservación, para quitar presión de extracción.

Se ha trabajado con 8 productores en las cuencas Huehueyapan y Texolo en la aplicación de

prácticas agroecológicas de conservación de suelos, elaboración de abonos y fertilizantes, así como la diversificación productiva y sus ventajas. Realizamos también algunas visitas guiadas al proyecto Las Cañadas en Huatusco para conocer el funcionamiento del bosque comestible y la metodología de su construcción. Las siembras se realizaron en curvas a nivel, se implementaron barreras vivas a nivel también, para la conservación de suelos. Los propietarios elaboraron Bocashi para fertilizar los árboles y plantas frutales. Todos los propietarios se comprometieron a no utilizar agroquímicos en sus parcelas, principalmente plaguicidas y herbicidas, ya que dentro de los talleres se les explicaron los efectos negativos de estos productos y se les enseñaron alternativas de manejo naturales.

Hemos introducido maderas nativas con valor económico, especies utilizadas como combustible doméstico, junto con plantas silvestres o arvenses comestibles, como el chayote, el ñame, malanga, quelites, especies perennes comestibles, árboles frutales, plantas medicinales, especies melíferas o que produzcan fibras o resinas. El arreglo del cultivo se ha diseñado en conjunto con los propietarios para que sean compatibles con sus necesidades bajo un enfoque explicativo en la diversificación de cultivos. Los diseños consisten en intercalar especies tolerantes a distintos niveles de radiación solar y que ocupan diferentes estratos de dosel y sotobosque, procurando que cada especie provea de alimentos. El establecimiento de parcelas productivas y de amplia diversidad ecológica permitirá la extracción de recursos de subsistencia y con valor económico que alteren en la menor medida los ecosistemas que circundan al área de producción. Presentamos la experiencia en su etapa inicial a manera de difusión e intercambio.

RESULTADOS

Los módulos agrosilvopastoriles y de manejo integral de traspatio han tenido resultados positivos en la reducción del uso de agroquímicos, retención de suelos, el cuidado de la calidad del agua, diversificación de la dieta y el autoabasto, quitar presión a los bosques y aumentar su superficie y generar excedentes para la comercialización. Diversos sistemas productivos han comenzado a generar excedentes y con ellos estamos comenzando a construir y explorar canales de comercialización que permitan precios justos, medios sencillos de venta y un público conciente de la estacionalidad en la producción a pequeña escala. La experimentación y mejoramiento de los módulos continúa, así como la integración de más elementos que ayuden a los sistemas a seguir transitando hacia la sustentabilidad.

CONCLUSIONES

La generación de alternativas sustentables debe ofrecer la posibilidad de que los campesinos y productores puedan recibir e integrar a voluntad bases metodológicas y experimentar en sus parcelas. Aún quedan muchos retos por superar en cada una de las líneas de trabajo uno de ellos y que toca de manera transversal a todas las líneas es el de la comercialización de los productos. Al generar excedentes provenientes de los sistemas de producción el siguiente paso es la comercialización, y aquí nos topamos con una experiencia totalmente nueva, que supera nuestra experiencia como biólogos, agrónomos y antropólogos. Las alianzas con actores que posean antecedentes en este tipo de trabajo es esencial para completar las cadenas de valor de cada uno de los productos. Un elemento que hemos descubierto esencial en el componente de monitoreo para conocer con precisión los cambios que van surgiendo con el tiempo a raíz de las alternativas implementadas. Aunque hemos comenzado procesos para desarrollar bases de datos, utilizar tecnología, capacitar a los productores en la toma de datos y sistematizar las experiencias. La asimilación por parte de las comunidades es lenta y requiere un trabajo arduo y constante por parte

del equipo, el siguiente paso que nos abre este reto en la integración de metodologías replicables desde dentro de las comunidades.

LITERATURA CITADA

- Comisión Nacional para el Cononocimiento y Uso de Biodiversidad. 2013. Estrategias para la conservación y uso sustentable de la biodiversidad del Estado de Veracruz. CONABIO. México. Pág. 56.
- Doolittle, W. E. 1987. “Las Marismas to Pánuco to Texas: The Transfer of Open Range Cattle Ranching from Iberia through Northeastern México”, Conference of Latin Americanist Geographers Yearbook , 13. Págs. 3-11.
- Ellis, E.A. and M. Martínez-Bello. 2010. Vegetación y Uso de Suelo de Veracruz. En Atlas del Patrimonio Natural, Histórico y Cultural del Estado de Veracruz (Tomo 1, Patrimonio Natural). Comisión para la Conmemoración del Bicentenario de la Independencia Nacional y del Centenario de la Revolución Mexicana. Gobierno del Estado de Veracruz. Xalapa, Veracruz. Págs. 203-226.
- Holmgren D. 2002. Permaculture Principles and Pathways Beyond Sustainability. Hepburn, Victoria: Holmgren Design Services. Págs. 122-127.
- Norma C. Aguirre Hernández. 2009. Diagnóstico del sector primario en Veracruz. Comité Técnico de Evaluación SAGARPA. Págs. 45-67.
- Paré L. y Gerez P. 2012. Al filo del agua, gestión de la subcuenca del Río Pixquiac Veracruz. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) SeNdAS, A.C. Universidad Veracruzana Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat) Instituto Nacional de ecología (INE) Universidad Iberoamericana, campus Puebla. Mexico. Pág. 137.
- PLADEYRA. 2006. Ordenamiento ecológico del estado de Veracruz. Gobierno del estado de Veracruz. Pag. 68
- Sagarpa, Comisión Técnica Consultiva de Coeficientes de Agostadero. México. 2004. Págs. 112-125.

Extenso ID: 207. Juan Carlos González-Cortés; Francisco Gamaliel González-González; Carlos Alberto Ramírez-Mandujano; María Alcalá De Jesús; María Elena Granados-García. FERTILIZACIÓN MIXTA COMO ESTRATEGIA HACIA EL MANEJO ORGÁNICO Y RECUPERACION DE SUELO EN CUENCAS

[Regresar al índice](#)

^a Facultad de biología-Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán
Autor de contacto e-mail: jcgonzalezcortes@yahoo.com.mx

RESUMEN

Las prácticas para el manejo de la fertilidad de los suelos agrícolas constituyen un componente esencial de cualquier sistema de producción agrícola. El uso de abonos orgánicos favorece la productividad y recuperación de propiedades físicas y químicas del suelo. El presente trabajo tuvo como objetivo en evaluar el efecto de la aplicación combinada de vermicomposta y fertilizantes químicos en la producción de biomasa y su efecto en las propiedades físicas y químicas del suelo en condiciones de temporal. El estudio se realizó en una parcela experimental de 30x30 m, en la localidad Joyas de la Huerta, municipio de Morelia, Mich. Los tratamientos evaluados fueron los mixtos: fertilizante químico + vermicomposta a dosis de 4, 8 y 16 t ha⁻¹; orgánico 4+ t ha⁻¹; convencional (fertilizante químico) y un testigo absoluto (sin fertilización). Se evaluó la biomasa producida en hojas, tallo y raíces de las plantas, así como las características del fruto (mazorcas) y producción de grano. Adicionalmente se obtuvieron las propiedades físicas y químicas del suelo antes y después de la aplicación de la vermicomposta.

Los resultados mostraron que la producción de biomasa aérea se vio favorecida con el tratamiento V8, en tanto la producción de raíces se vio favorecida con el tratamiento V4+. Respecto al fruto (mazorcas), los tratamientos con vermicomposta V4+, V8 y V16 obtuvieron los mejores resultados en comparación con el tratamiento convencional, sin embargo, el tratamiento V8 presentó el mayor rendimiento de grano, por lo que se sugiere dicha combinación. La aplicación de vermicomposta también favoreció el mejoramiento de algunas propiedades del suelo como la capacidad de intercambio catiónico (CIC), el contenido de materia orgánica, la estabilización del pH y la porosidad, que son indispensables en el desarrollo de las plantas y la estabilidad de los suelos agrícolas.

1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de la agricultura se ha regido por una producción cada vez más intensa, contribuyendo al uso indiscriminado de fertilizantes y de prácticas culturales que han propiciado la erosión, la pérdida de fertilidad y la contaminación del suelo (Alcántar & Trejo, 2012). Actualmente, los desechos orgánicos transformados en compostas y vermicompostas han tenido un fuerte impulso, por que se catalogan como ricos en nutrimentos y su aplicación puede contribuir en el crecimiento y desarrollo vegetal (Dibut y Martínez, 2006). Se han reportado trabajos sobre la aplicación de

abonos orgánicos y fertilizantes químicos en cultivo de maíz, observando resultados similares entre el tratamiento de fertilización química y compostas, concluyendo que los abonos orgánicos son una alternativa para sustituir a la fertilización inorgánica (López-Martínez *et al.*, 2001). Sin embargo los abonos orgánicos, dado su proceso lento de descomposición y liberación de nutrientes pueden comprometer la productividad en un primer momento, por lo cual buscar alternativas para sostener dicha productividad durante esta transición es importante. A fin de buscar un proceso gradual de la fertilización química a la orgánica, la implementación de fertilización combinada, puede sostener la productividad y mejorar las propiedades del suelo. Considerando lo anterior, Este proyecto tuvo como objetivo, determinar el efecto de diferentes dosis de vermicomposta combinadas con fertilizante químico en dosis reducida al 50%, sobre la producción de biomasa vegetal y de grano en un cultivo de maíz de temporal, además de los efectos positivos en la recuperación de las propiedades del suelo, buscando la reducción gradual de agroquímicos en la cuenca de Cointzio.

2. MATERIALES Y METODOS

Localización y características del área de estudio

El área de estudio queda comprendida políticamente en el municipio de Morelia, Michoacán en la localidad Joyas de la Huerta y se encuentra dentro del cuadrante $19^{\circ} 36' 52.05''$ y $19^{\circ} 37' 02.32''$ latitud Norte y $101^{\circ} 18' 29.25''$ y $101^{\circ} 18' 42.79''$ longitud Oeste, con una altitud de 2114m msnm. (INEGI-CONAGUA, 2007). La ciudad de Morelia se ubica en la porción noreste del estado de Michoacán, en el Cinturón Volcánico Transmexicano (CVTM). La presa de Cointzio, forma parte de la Cuenca alta de Cuitzeo. La localidad de Joyas de la Huerta en la que se localiza la parcela experimental (Fig. 1) se ubica en la ladera con exposición este-oeste del Cerro del Aguila, 3 km al oeste de la presa, cuya derivaciones tienen usos de agua potable y riego aguas abajo.

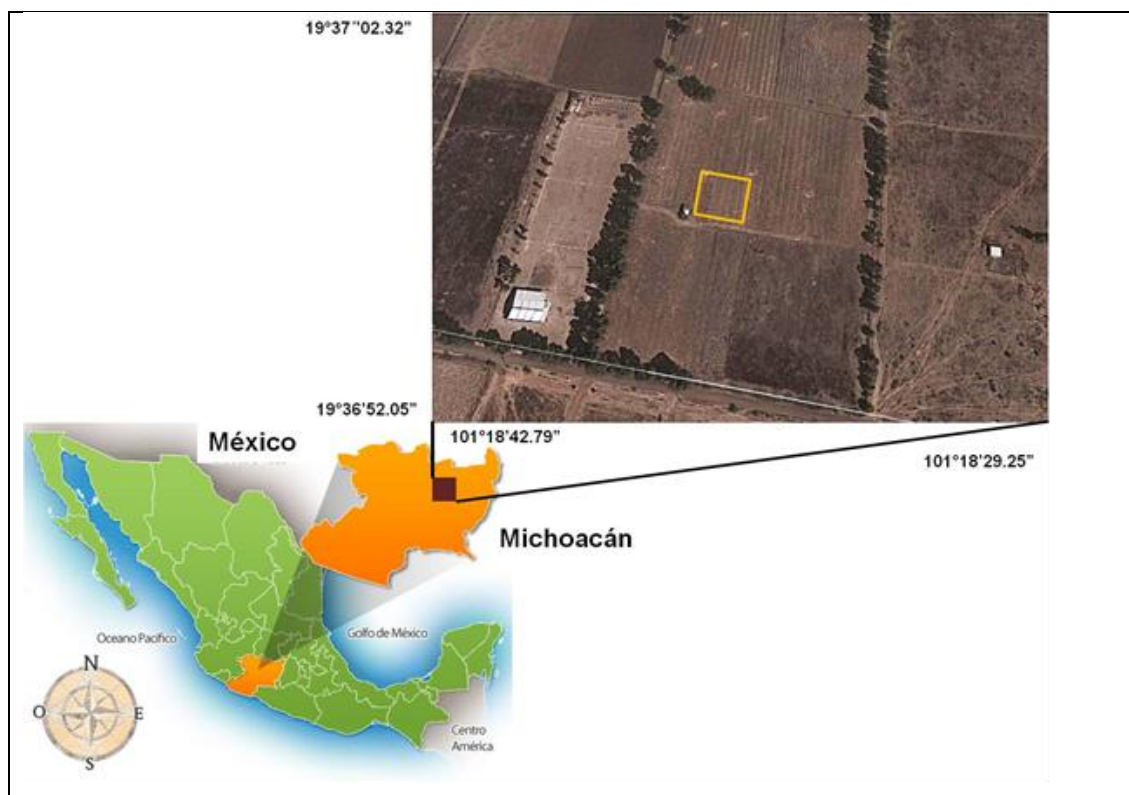


Figura 1. Macro y microlocalización de la parcela experimental.

La zona agrícola donde se encuentra la parcela, se encuentra asentada sobre rocas ígneas extrusivas de tipo basáltico, de origen volcánico, de color oscuro, composición máfica, rica en silicatos de magnesio y hierro y bajo contenido en sílice, y el suelo corresponde a Luvisol, suelo arcillosos con moderada capacidad de intercambio catiónico, apta para la producción agrícola (INEGI, 2016).

El clima predominante es del subtipo templado, de humedad media con régimen de lluvias en verano de 700 a 1,000 milímetros de precipitación anual y lluvias invernales máximas de 5 milímetros anuales promedio. La temperatura media anual es de 14° a 18° centígrados. La vegetación predominante es matorral, dominando los huisaches, nopal, pasto, girasol y maguey (INAFED, 2015).

Trabajo de campo

En el mes de mayo del 2015, se barbecho la parcela con tractor para dejarlo en buenas condiciones para el trabajo de siembra. En el día primero de la segunda semana de junio, con la presencia de las primeras lluvias se procedió a sembrar con una densidad de 27,000 plantas por ha⁻¹, con una distancia de 59.8 cm entre plantas y 81.5 cm entre surcos. El material biológico fue semilla criolla seleccionada previamente por el agricultor.

Diseño experimental

Una vez reconocida el área de estudio, se llevó a cabo la delimitación del terreno con una dimensión de 30 x30 metros, el cual fue dividido en 36 cuadrantes de 5x5 metros. Una vez que estuvieron bien marcados los cuadrantes, se establecieron los tratamientos en la parcela experimental, utilizando el diseño de bloques al azar con 6 tratamientos y 6 repeticiones, posteriormente se colocaron estacas con letreros con el fin de identificar el establecimiento de dichos tratamientos. Cabe señalar que los letreros se colocaron después de la escarda para no afectar dicha actividad.

Se aplicaron a los 40 días después de la siembra las dosis de vermicomposta y fertilizante químico de acuerdo a la Tabla 1.

Tabla 1. Tratamientos aplicados en el experimento.

Abreviaciones	Tratamientos
TA	Tratamiento absoluto (sin fertilizante químico ni orgánico).
TC	Tratamiento convencional (sulfato de amonio + superfosfato triple).
V4+	Vermicomposta 4 ton ha ⁻¹
V4	Vermicomposta 4 ton ha ⁻¹ + (DR*) Fertilizante químico.
V8	Vermicomposta 8 ton ha ⁻¹ + (DR) Fertilizante químico.
V16	Vermicomposta 16 ton ha ⁻¹ + (DR) Fertilizante químico.

DR*= Dosis reducida al 50%.

Aspectos evaluados

- La producción de biomasa (hojas, tallo, raíz, mazorca y grano) con los tratamientos aplicados, y

- b) El efecto de la aplicación de la vermicomposta en las propiedades físicas y químicas del suelo.

Para este último aspecto, la primera muestra de suelo se tomó por cuadrante a una profundidad de 25 cm, éstas se depositaron en bolsas de plástico de 2 Kg. La segunda toma de muestras se realizó después de la cosecha.

Fertilización

La aplicación de los diferentes tratamientos como medio de crecimiento en el cultivo de maíz se realizó a los 40 días después de la siembra, cuando las plantas tenían una altura promedio de 38.43 cm y un grosor de 0.87 cm.

Para preparar el fertilizante convencional (N-P-K) se mezclaron 3 bultos de sulfato de amonio de 50 kg cada bulto % (20.5-00-00-S), con un bulto de súper fosfato triple de calcio también de 50 kg % (00-46-00-Ca). De esta mezcla se aplicó a razón de 320 kg ha⁻¹ (50% de la aplicación común). La aplicación del fertilizante convencional se realizó a nivel superficial. Las tres diferentes dosis de vermicomposta (ver Tabla 1) se aplicaron alrededor de las plantas en forma manual.



Figura 2. Aplicación de las diferentes dosis de vermicomposta y fertilización química convencional.

Para controlar la maleza se aplicaron herbicidas Primagram® Gold (RSCO-MEZC-1240-303-008-060) antes de la germinación de las semillas, las diluciones y proporciones de agua y herbicidas fueron hechas por el agricultor y aplicada con la ayuda de un aspersor terrestre de mochila.

Trabajo de laboratorio

Las muestras de suelo obtenidas en campo, fueron secadas al ambiente, previo a su tamizado con malla de 2 mm. Posteriormente fueron procesadas para determinar sus propiedades físicas y químicas tales como: densidad real, densidad aparente, porosidad, pH, capacidad de intercambio catiónico y materia orgánica. Estos análisis se hicieron en base a la NOM-021-RECNAT-2000 (DOF, 2003) y al Manual de Métodos de Análisis de Suelo de Muñoz *et al.* (2013).

Obtención de hojas, tallos, raíces y fruto

El corte de las plantas se realizó a los 5 meses y medio después de la siembra del maíz, cuando la altura de las plantas se mantuvo constante. Se cortaron 3 plantas por cuadrante. Primeramente se desprendieron las mazorcas del tallo, con la ayuda de un cuchillo se cortaron las hojas y tallo, este último se dividió en segmentos de 20 cm aproximadamente, que después fueron depositadas en bolsas de papel y llevadas al laboratorio para el secado a 60 ± 1 °C. La extracción de las raíces se hizo con la ayuda de una pala, eliminando el suelo adherido y depositados en bolsas de plástico. En el laboratorio, estas raíces fueron lavadas para limpiar la mayor cantidad de suelo que contenían previamente al secado y pesadas con una balanza analítica marca Sartorius modelo PT600.

Variables evaluadas de la mazorca

Peso de la mazorca (g): Se considera el peso total (granos + olote).

Longitud de la mazorca (cm): Desde la base hasta el ápice.

Diámetro de la mazorca (cm): A la mitad de su longitud.

Número de hileras de la mazorca: Se marcó una hilera como referencia hasta dar la vuelta completa.

Peso de las semillas: Los granos obtenidos de la mazorca se pesaron con una balanza semi-analítica Sartorius Modelo TE212.

Rendimiento: Se consideró el peso promedio del grano por cuadrante (25 m^2) y el promedio de plantas, para extrapolarlo a una superficie de 1 ha y expresarse en t ha^{-1} .

Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza y comparación de medias de Tukey ($p < 0.05$) para los parámetros evaluados como la biomasa de las plantas y las diferentes variables de las mazorcas. Los parámetros físicos y químicos del suelo analizados antes y después de la aplicación de los tratamientos, fueron sometidos a un análisis de varianza y prueba pareada de Student ($p < 0.05$). Para dichos análisis se utilizó el programa JMP v.6.00 (SAS Institute Inc. 2005).

3. RESULTADOS

Producción de biomasa

Hojas: todos los tratamientos alcanzaron valores similares de biomasa foliar, resaltando el tratamiento convencional con una media de 16.52 gramos, seguido por los tratamientos con vermicomposta V16, V4, V8 y V4+, quedando por debajo el tratamiento absoluto TA con una media de 14.52 gramos. El análisis de varianza y la prueba de comparación múltiple de Tukey ($p < 0.05$), no mostró diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, debido muy probablemente al consumo de hojas por plagas y pérdida por granizada durante las lluvias.

Tallos: En cuanto a la biomasa de tallos, se observó una similitud entre todos los tratamientos, destacando los tratamientos con vermicomposta, compitiendo con el tratamiento convencional TC, sin embargo, el tratamiento con vermicomposta V8 registró una media de 97.72 gramos respecto al tratamiento absoluto TA quien presentó la media más baja de 74.45 gramos, tal y como se aprecia en la tabla 2. El análisis de varianza y la prueba de comparación múltiple de Tukey ($p < 0.05$), mostró diferencia estadística significativas entre el tratamiento V8 y el tratamiento absoluto TA.

Raíces: en cuanto a la producción de biomasa de raíces, todos los tratamientos fueron superiores al tratamiento absoluto TA, sin embargo existió una similitud entre los tratamientos con vermicomposta V4, V4+ , V16 con el tratamiento convencional TC, destacando éste último con una media de 37.83 gramos. El análisis de varianza y la prueba de comparación múltiple de Tukey ($p<0.05$) presentó diferencias estadísticas significativas solo del V8 respecto al tratamiento absoluto TA.

En la tabla 2, se resumen los análisis estadísticos, observando el efecto positivo de los tratamientos con vermicomposta sobre la producción de biomasa.

Fruto: Respecto a la producción de biomasa de fruto (incluyendo hojas envoltentes y mazorca), todos los tratamientos fueron superiores al tratamiento absoluto TA, presentándose una similitud entre el tratamiento con vermicomposta V16 y el tratamiento convencional TC, destacando los tratamientos con vermicomposta V8, V4+ y V4 con valores de 143.86, 138.07 y 137.9 gramos respectivamente. El análisis de varianza y la prueba de comparación múltiple de Tukey ($p<0.05$) mostraron diferencias estadísticas significativas del tratamiento con vermicomposta TV8 respecto al tratamiento absoluto TA, existiendo una similitud entre el tratamiento convencional TC con el tratamiento con vermicomposta TV16, de igual manera entre los tratamientos V4+ y V4.

Evaluación de la mazorca (olote y granos de maíz)

Longitud: En cuanto a la longitud de la mazorca, los tratamientos con vermicomposta y el tratamiento convencional TC presentaron los valores más altos, siendo el tratamiento con vermicomposta V16 quien registró una media de 14.53 cm por mazorca respecto al tratamiento absoluto TA, sin embargo existe similitud entre este último y el tratamiento con vermicomposta V4+ presentando las medias más bajas. El análisis de varianza y la prueba de comparación múltiple de Tukey ($p<0.05$) mostró diferencias estadísticas significativas del tratamiento convencional TC compitiendo con los tratamientos con vermicomposta V4, V8, V16 respecto al tratamiento absoluto, sin embargo existe similitud entre el tratamiento con vermicomposta V4+ y el tratamiento absoluto TA.

Diámetro: En cuanto al diámetro de la mazorca, todos los tratamientos presentaron valores similares, sin embargo, el tratamiento con vermicomposta V8 y el tratamiento convencional TC presentaron las medias más altas de 4.34 y 4.24 cm por mazorca respectivamente respecto a los demás tratamientos, existiendo similitud entre el resto de los tratamientos. En cuanto a longitud y diámetro de las mazorcas, el tratamiento con vermicomposta V4+ y el tratamiento absoluto TA registraron las medias más bajas. El análisis de varianza y la prueba de comparación múltiple de Tukey ($p<0.05$) indicaron que no existe diferencias estadísticas significativa entre los tratamientos, sin embargo, el tratamiento con vermicomposta V8 registró la media más alta respecto a los demás tratamientos evaluados.

Número de hileras de grano: Respecto al número de hileras de granos de maíz por mazorca, todos los tratamientos presentaron valores similares, sin embargo, el tratamiento con vermicomposta V4 fue el que registró el número mayor con una media de 12.26 hileras respecto al tratamiento convencional TC (11.06 hileras), existiendo similitud entre los tratamientos con vermicomposta V4+, V16 y V8 con el tratamiento absoluto TA. El análisis de varianza y la prueba de comparación múltiple de Tukey ($p<0.05$) no indicaron diferencias estadísticas significativa entre los tratamientos, sin embargo, el tratamiento con vermicomposta V4 fue el que presentó el mayor número de hileras por mazorca, donde los tratamientos con vermicomposta V4+, V8 y V16 presentaron similitud

junto con el tratamiento absoluto TA, quedando por debajo de todos los tratamientos el tratamiento convencional TC.

Características asociadas a la productividad.

Mazorca: Con respecto al peso de la mazorca (incluyendo granos y olote únicamente) se presentaron valores similares entre los tratamientos con vermicomposta V4+, V4, V8 y V16, compitiendo también el tratamiento convencional TC, sin embargo, TV8 registró la media más alta de 119.08 gramos. El tratamiento absoluto TA presentó la media más baja de 80.82 gramos. El análisis de varianza y la prueba de comparación múltiple de Tukey ($p < 0.05$) indicaron que hay diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos con vermicomposta V8 y V16 respecto al tratamiento absoluto TA (ver tabla 3).

Número de granos por mazorca: En cuanto a número de granos, los tratamientos con valores más altos, fueron el tratamiento V16 quien obtuvo una media de 317.8 granos respecto al tratamiento absoluto. El tratamiento convencional obtuvo una media de 282 granos respectivamente. El análisis de varianza y la prueba de comparación múltiple de Tukey ($p < 0.05$) indicaron que no existe diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, sin embargo, los tratamientos con vermicompostas obtuvieron medias más altas respecto a los tratamientos TA y TC.

Peso del grano de maíz por mazorca: En cuanto al peso del grano de maíz, los tratamientos con vermicomposta compitieron con el tratamiento convencional TC, sin embargo, el tratamientos V8 obtuvo la media más altas de 105.2 seguida del V4+ con 99.73 gramos, quedando por debajo el tratamiento absoluto TA con una media de 70.93 gramos, tal y como se observa en la Tabla 3. El análisis de varianza y la prueba de comparación múltiple de Tukey ($p < 0.05$), indicaron que si hay diferencia estadística significativa de los tratamientos con vermicomposta respecto al tratamiento absoluto TA, sin embargo existe una similitud de los tratamientos con vermicomposta con el tratamiento convencional TC.

En la tabla 3 se resumen las variables más relevantes asociadas a la producción de grano, siendo el V8 el tratamiento que mostró mayor número de variables con diferencias significativas, respecto al control absoluto. Las diferentes dosis con vermicomposta mostraron valores de la media más altos que el tratamiento convencional (excepto para número de granos).

Tabla 2. Comparación de las medias* para la producción de biomasa vegetal.

Tratamientos	Hoja (g)	Tallo (g)	Raíz (g)
TA	14.52 a	74.45 b	29.54 b
TC	16.52 a	92.47 ab	37.83 ab
V2	14.09 a	90.13 ab	37.58 ab
V4	15.58 a	97.72 a	36.18 ab
V8	15.09 a	94.52 ab	39.34 a
V16	15.83 a	90.88 ab	36.82 ab

Tabla 3. Comparación de medias* de características asociadas a la productividad.

Tratamientos	Mazorca (g)	Longitud (cm)	Numero de Granos/mazorca	Grano (g)
TA	80.82 b	12.52 b	246.06 a	70.93 b
TC	107.53 ab	13.96 ab	282 a	94.40 ab
V4+	109.53 ab	13.35 ab	306.86 a	99.73 ab
V4	109.99 ab	14.26 ab	302.06 a	98.78 ab
V8	119.08 a	14.66 a	304 a	105.2 a
V16	113.46 a	14.41 ab	317.8 a	99.65 ab

*Tukey $\alpha \leq 0.05$

Propiedades edáficas

Materia orgánica: Para los valores de materia orgánica, se observó un incremento del tiempo 1 al tiempo 2, siendo más significativo en los tratamientos con vermicomposta V4+, V4 y V8. La comparación de medias de Student ($p < 0.05$), mostró incrementos estadísticos significativos en los tratamientos con vermicomposta V4+, V4 y V8, siendo V4 el que registró el mayor incremento (Fig. 3).

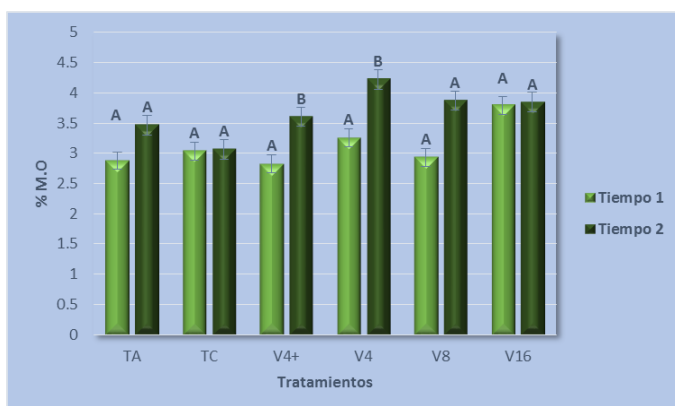


Figura 3. Variación en el porcentaje de M.O.

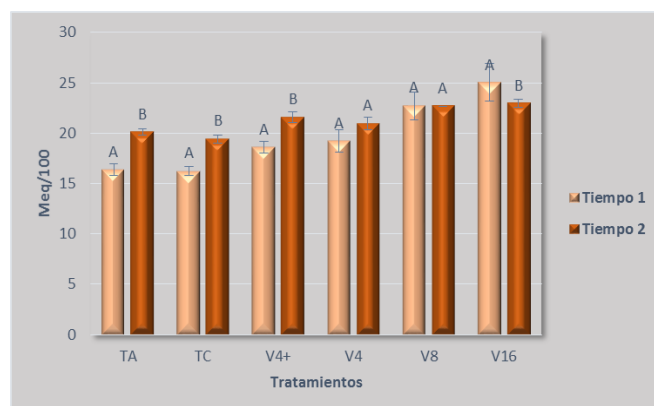


Figura 4. Variación de la CIC del suelo.

Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC): En la capacidad de intercambio catiónico se observó un incremento del tiempo 1 al tiempo 2 para los tratamientos TA, TC, V4+ y V4. De acuerdo con la comparación de medias de Student ($p < 0.05$), se observaron diferencias estadísticas en los tratamientos TA, TC y V4+, y una similitud en los tratamientos TV4 y TV8 (Fig. 4). En el tratamiento TV16 se observó una disminución de la CIC y pudo ser causado probablemente a la intensidad de algunas lluvias que provocaron el arrastre de los minerales de arcilla y materia orgánica presentes en el suelo.

pH del suelo: El pH en agua en relación 1:25, mostró un incremento promedio de una unidad en todos los tratamientos (4.8 a 5.8). Debido a que existió diferencia significativa (Student, $p < 0.05$) en todos los tratamientos no es posible atribuir dicho efecto a la adición de vermicomposta.

4. DISCUSION Y CONCLUSIONES

Los tratamientos combinados de vermicomposta y fertilización química (reducida al 50%) favorecieron la producción de biomasa vegetal y producción de grano en cultivo de maíz de temporal. El tratamiento con 8 t ha^{-1} , fue el que mostró mayor consistencia para las variables consideradas. No obstante es necesario continuar con más estudios, considerando algunas inconsistencias en variables como la biomasa foliar, que se consideró fu afectada por el forraje de insectos y granizadas. Incrementar el número de unidades de muestreo será importante a considerar. Las propiedades que se modificaron de manera positiva fueron el contenido de materia orgánica y el intercambio catiónico, favoreciendo la productividad del cultivo. La variación del pH fue homogénea en todos los tratamientos y pudo deberse a los procesos de arrastre del material orgánico durante las lluvias, considerando la proximidad entre cuadrantes.

En el presente trabajo, la fertilización mixta mostró que puede ser una práctica útil para reducir el uso de fertilizantes químicos con la consecuente disminución de la contaminación de cuerpos de agua en las cuencas, coadyuvando en este caso en la conservación del uso para agua potable de la presa de Cointzio.

5. AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Coordinación de la Investigación científica de la Universidad Michoacana, el apoyo brindado para la realización de este estudio, en el Programa de Apoyos 2015.

6. LITERATURA CITADA

- Alcántar. G.G. & Trejo.T.L. 2012. Nutrición de cultivos. Colegios de posgraduados. Biblioteca básica de agricultura. México. 454 pp.
- Dibut A. B. y Martínez V. R. 2006. Obtención y manejo de biofertilizantes como insumos indispensables de la agricultura sostenible. In: Memoria Agricultura Orgánica. Fundación Produce Sinaloa A. C. Sinaloa, México 7-15 pp.
- DOF 2003. Norma Oficial Mexicana NOM-021.RECNAT-2000, que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis. 72 pp.
- INEGI-CONAGUA. 2007. Mapa de la Red Hidrográfica Digital de México, Escala 1:250 000. México.
- INAFED. Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México. Estado de Michoacán de Ocampo.

<http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM16michoacan/municipios/16053a.html>
(Accesada en Mayo del 2015).

- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Carta geológica, escala: 1:50,000. www.inegi.org.mx/geo/contenidos/topografia/carta50000 (Accesada en abril del 2016).
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Carta edafológica, escala 1:50,000. www.inegi.org.mx/geo/contenidos/topografia/carta50000 (accesada en abril del 2016).
- López M. J., Díaz A., Martínez E. y Valdez R. 2001. Abonos orgánicos y su efecto en propiedades físicas y químicas del suelo y rendimiento en maíz. Universidad Autónoma de Chapingo. TERRA Latinoamericana. 19 (4): 293-299
- Muñoz J., Soler A., López F. y Hernández M. 2013. Manual de métodos de análisis de suelos. Universidad Nacional Autónoma de México, México, Distrito Federal. 139 pp.

Extenso ID: 56. Ricardo Hernández Martínez, Tannia Alexandra Quiñones Muñoz, Manuel Alejandro Lizardi Jimenez. RESIDUOS AGROINDUSTRIALES EN LA CUENCA DEL PAPALOAPAN Y ALTERNATIVAS DE USO

[Regresar al índice](#)

^ACONACYT -Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca. Av. Veracruz S/N Esq. Héroes de Puebla, Colonia Pemex. C. P. 95180, Tierra Blanca, Veracruz. odracerhema@hotmail.com, dctanniaquinones@hotmail.com, chamarripas@yahoo.com.mx

RESUMEN

La Cuenca del Río Papaloapan se encuentra ubicada en el sureste del país, mayoritariamente en los estados de Oaxaca y Veracruz. Su gran volumen de agua de descarga genera una importante actividad agrícola en la región. La agroindustria como actividad económica que dota de valor agregado a productos del sector primario cobra entonces importancia en este contexto. Sin embargo una cantidad de biomasa importante no es aprovechada y se clasifica como residuos agroindustriales.

Palabras clave: Residuos agroindustriales, Cuenca del Papaloapan, Aprovechamiento

1 INTRODUCCIÓN

La Cuenca del Río Papaloapan se encuentra ubicada en el sureste del país, mayoritariamente en los estados de Oaxaca y Veracruz. Su gran volumen de agua de descarga genera una importante actividad agrícola en la región. La agroindustria como actividad económica que dota de valor agregado a productos del sector primario cobra entonces importancia en este contexto. Sin embargo una cantidad de biomasa importante no es aprovechada y se clasifica como residuos agroindustriales.

El área geográfica del Río Papaloapan pertenece a la región hidrológica número 28 de acuerdo al listado de regiones hidrológicas del país, la cual se encuentra ubicada en el sureste del país, en parte de los estados de Puebla (12 %), Oaxaca (52 %) y Veracruz (38 %), con 244 municipios. El área geográfica del Río Papaloapan está limitada al Norte con las cuencas hidrológicas de la región hidrológica número 18 Balsas y la del Río Atoyac del Estado de Veracruz, al Sur con las cuencas hidrológicas de los Ríos Atoyac del Estado de Oaxaca y Tehuantepec, al Este por la cuenca hidrológica del Río Coatzacoalcos y al Oeste con la región hidrológica número 18 Balsas. Descarga sus aguas en la laguna de Alvarado cerca de su confluencia con el Golfo de México, para posteriormente desembocar en el Golfo de México. La superficie que ocupa comprende un área de 46,517.4 kilómetros cuadrados. El sistema hidrológico de esta área geográfica está constituido por el Río Papaloapan que es la corriente principal; sus principales afluentes son los ríos: Santo Domingo, Tonto, Blanco, San Juan y Tesechoacán. El área geográfica del Río Papaloapan se divide en doce cuencas hidrológicas: Río Salado, Río Grande, Río Trinidad, Río Valle Nacional, Río Playa Vicente, Río Santo Domingo, Río Tonto, Río Blanco, Río San Juan, Río Tesechoacán, Río Papaloapan, y Llanuras de Papaloapan (DOF, 2005).

2 MATERIALES Y MÉTODOS

Establecimiento del área de estudio

El presente trabajo dio inicio mediante la identificación de los municipios que conforman la Cuenca del Papaloapan, para dicho efecto se utilizó el decreto realizado en el Diario Oficial de la Federación el año 2011.

Recopilación de información bibliográfica y electrónica

Para identificar los residuos agroindustriales generados en la región de la Cuenca del Papaloapan se utilizó una fuente primaria de datos (SIAP 2016) que permitió identificar la estructura del sector agropecuario, ya que se obtuvo información básica sobre la identificación, ubicación y características de las unidades de observación más importantes de la región (productos agrícolas), lo cual permitió realizar un análisis objetivo de acuerdo a los municipios que conforman la Cuenca del Papaloapan.

Estimación de residuos agroindustriales

Una vez identificados los productos agrícolas más importantes de la región se procedió a identificar los residuos agroindustriales que pueden ser generados. Para dicho propósito se realizaron visitas de campo (Verificación *in situ*) y se aplicaron encuestas personalizadas de acuerdo al producto sujeto a análisis. Posterior a estas actividades la información fue procesada y como resultado de esta surge un Inventario de residuos agroindustriales de la Cuenca del Papaloapan.

RESULTADOS

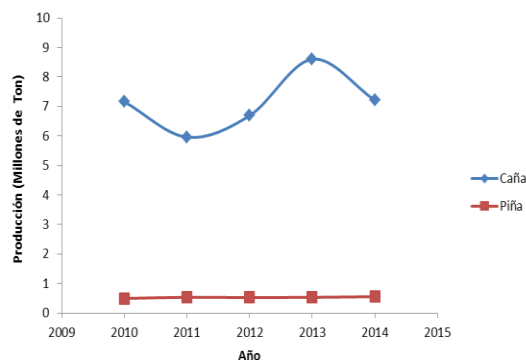


Figura 1. Productos agrícolas más importantes en la Cuenca del Papaloapan del año 2010-2015. Gráficos construidos con información de SIAP 2010-2014.

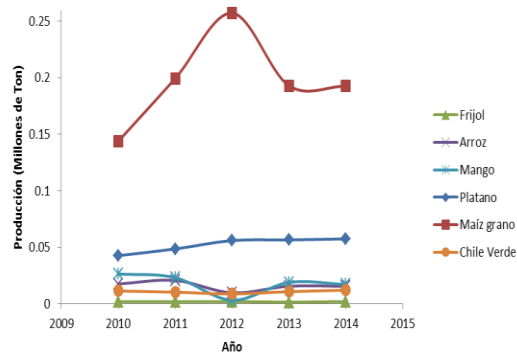


Figura 2. Producción agrícola en la Cuenca del Papaloapan del año 2010-2015. Gráficos contruidos con información de SIAP 2010-2014.

La actividad económica en la región Baja Cuenca del Papaloapan en México que predomina es la agricultura, ya que satisface económicamente a la región (Gómez, 2015), existiendo una gran diversidad de cultivos agrícolas entre los cuales se encuentran maíz de grano, plátano, mango, arroz, chile verde y frijol, sin embargo, destacan los cultivos de la caña de azúcar y piña. En las Figuras 1 y 2, además de los 22 municipios de Veracruz, se incluye el municipio de San Juan Bautista Tuxtepec del estado de Oaxaca, por ser parte de la Cuenca del Papaloapan, y municipio de gran impacto en la vida de la población de la región de estudio, aunque no pertenezca al estado de Veracruz. La Figura 1 muestra los dos principales productos: Caña y Piña, mientras que la Figura 2 hace evidente la presencia de productos que aunque un orden de magnitud abajo representan parte importante de la producción del sector primario.

Por otro lado, en la Tabla 1 se puede observar la información acerca de los porcentajes de residuos agrícolas que generan los principales productos de la región. Una consideración importante es que aunque el producto agrícola pueda generar residuos, el hecho de que mucho del mismo se venda en otra plaza, puede implicar que en realidad no se disponga de este. Además, podría presentarse una sobre estimación en la producción de caña y de residuos, según lo reportado por los ingenios pertenecientes a la cuenca, debido a la entrada de caña de municipios externos a ella.

Tabla 1. Posibles residuos a generar de los principales cultivos de la Cuenca Hidrológica del Papaloapan

Producto	Residuo	% de residuo	Fuente
Caña de azúcar	Bagazo	25-40	FAO, 2014
	Cachaza	5-18	
	Paja, punta, cogollo	10	
	Melaza	5	
	Tallo de segundo corte	10	
Piña	corazón	18-20	Sandoval 2006
	Cáscara	25	
	Corona	20-25	
	Base	10	
Frijol	Paja	55	Ojeda y Cáceres 2002, SIAP 2016
Arroz	Cascarilla	50	Postemsky <i>et al.</i> , 2012
Mango	Cascara	15	Sumaya-Martínez <i>et al.</i> , 2012
	Hueso	25	
Plátano	Cascara	40.5	Castellanos y Aguirre 2011
Chile verde	Semillas	0-18	Marcelis y Baan Hofman-Eijer, 1995

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Se identifica la necesidad de implementar actividades innovadoras, tanto en el área agrícola como industrial que coadyuve al aprovechamiento sustentable de los residuos. Se buscará promover sistemas de agricultura sustentables basados en la conservación del medio ambiente y el eficiente aprovechamiento de los recursos disponibles y manejo sustentable del suelo, involucrando la calidad de vida de los productores y de la sociedad en general, así como proponer estrategias de reducción de fuentes contaminantes de la industria, tanto al aire como al suelo y al agua, lo relativo a la solución del tratamiento de las aguas residuales de los Ingenios y de las destilerías, y de los gases de combustión de calderas, por mencionar algunos. La revisión permitió visualizar las siguientes áreas de oportunidad:

i) Área de aprovechamiento de residuos con enfoque ambiental La contaminación, en general, en el estado de Veracruz está bien documentada en la región de la Cuenca del Río Coatzacoalcos (Aleman, 2009), sin embargo la información acerca de la contaminación por hidrocarburos, particularmente en cuerpos de agua de otras regiones con importancia industrial, por ejemplo la Cuenca del Río Papaloapan es escasa. En el caso de Veracruz, se está trabajando en la identificación de cuerpos de agua contaminados, además de que falta conocer la naturaleza, persistencia y proyección del tipo de hidrocarburos y su concentración en el tiempo, de este problema. De modo que, no solo el aprovechamiento de los residuos agroindustriales de la región como sustratos, si no la remediación como vía, pueden cerrar un círculo virtuoso, particularmente en la producción de tres biomoléculas de interés comercial: a) Bioemulsificantes (Tzintzun-Camacho *et al.*, 2012), b) Enzimas (Castro-Ochoa *et al.*, 2013) y c) Antioxidantes (Nguyen *et al.*, 2012).

ii) Área de aprovechamiento de residuos con enfoque a producción de metabolitos: nutraceuticos y enzimas

Los nutraceuticos son aditivos o suplementos que proporcionan beneficios a la salud. En general los nutraceuticos son extraídos de alimentos o desechos agroindustriales. Cuando son extraídos de residuos pasan por cinco etapas, (I) pre-tratamiento macroscópico, (II) separación de macro y micro moléculas, (III) extracción, (IV) purificación y (V) síntesis de nutraceuticos (Casas y Coral, 2014; Galanakis, 2013). Cada etapa depende de características propias de la fuente de extracción, por lo que son diferentes metodologías cuando se utilizan diferentes residuos agroindustriales. Esta, es una temática de interés en el aprovechamiento de residuos agroindustriales.

Los residuos agroindustriales pueden ser aprovechados utilizando la tecnología de cultivos en estado sólido para la producción de diversas enzimas tales como: proteasa, lipasas, xilanasasas, celulasas, inulinasas entre otras.

Se buscará, generar paquetes tecnológicos regionales que incrementen la productividad agrícola e industrial mediante la disminución de pérdidas, se establecerán mecanismos de vinculación y coordinación con las instancias que participen en el desarrollo tecnológico, se promoverán y desarrollarán investigaciones que diversifiquen y optimicen el aprovechamiento de los residuos agroindustriales atendiendo a su rentabilidad, mercado y disponibilidad de aplicación, además, se profundizará en la evaluación del efecto y rendimientos de los procesos agroindustriales de importancia en la Cuenca del Papaloapan.

5. LITERATURA CITADA

- Alemán, C. A. M. 2009. Determinación de hidrocarburos totales del petróleo en suelos y sedimentos de la Cuenca del Río Coatzacoalcos, Tesis Ingeniería Química. Universidad Veracruzana.
- Casas, G. L., Sandoval F.G.C. 2014. Enzimas en la valorización de residuos agroindustriales. *Revista Digital Universitaria*, Vol. 15(12):2-15.
- Castellanos, G.F.J., Lucas, A.J.C. 2011. Caracterización física del fruto en variedades de plátano cultivadas en la zona cafetera de Colombia 60.
- http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/27847/28115
- Castro-Ochoa, D., Peña-Montes, C., Farrés, A. 2013. Evaluation of Strategies to Improve the Production of Alkaline Protease PrtA from *Aspergillus nidulans*. *Applied Biochemical Biotechnology*, 169:1672–1682.
- Diario Oficial de la Federación (DOF). ACUERDO por el que se dan a conocer los estudios técnicos de aguas nacionales superficiales de la Cuenca Hidrológica Río Actopan de la Región Hidrológica denominada Papaloapan A. Ciudad de México, Distrito Federal, a los seis días del mes de noviembre de 2005. Disponible en http://dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5227831
- FAO. 2014. Crop residues and agro-industrial by-products in West Africa. Situation and way forward for livestock production. FAO Regional Office for Africa ACCRA. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i3562e.pdf>
- Galanakis, C.M. 2013. Emerging technologies for the production of nutraceuticals from agricultural by-products: A viewpoint of opportunities and challenges. *Food and Bioproducts Processing*, 91 (4):575–579.
- Gómez, R. A. 2015. Evaluación de compostas y micorrizas asociadas a la producción del cultivo de piña orgánica variedad MD2 en la región del Papaloapan. 04 de marzo de 2016, de SAGARPA Sitio web: http://siproduce.sifupro.org.mx/seguimiento/archivero/20/2013/anuales/anu_2060-6-2014-051.pdf
- Marcelis, L.F.M., Baan Hofman-Eijer L.R. 1995. Growth analysis of sweet pepper fruits (*Capsicum annuum* L.). *Acta Horticulturae* 412: 470–478.
- Nguyen, T. H., Nagasaka R., y Ohshima T., 2012. Effects of extraction solvents, cooking procedures and storage conditions on the contents of ergothioneine and phenolic compounds and antioxidative capacity of the cultivated mushroom *Flammulina velutipes*, *International Journal of Food Science and Technology*, 47(6), 1193-1205.
- Ojeda, F., Cáceres, O. 2002. Principales avances en la utilización de los subproductos agroindustriales. *Pastos y Forrajes*. Vol. 25, Núm. 1.

- Postemsky, P., Bidegain, M., Devalis, R., Figlas, D., González, M. R., Delmastro, S., Curvetto, N., Cubitto, M.A. Aprovechamiento de residuos agroindustriales del arroz para el cultivo del hongo medicinal *Ganoderma lucidum* Disponible en: <http://revistas.unc.edu.ar/index.php/vjornadasredvitec/article/view/10619/11255>
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2016). Consultado 09-02-2016 en <http://www.siap.sagarpa.gob.mx/>
- Sandoval, C. C. N. 2006. Estudio de factibilidad y rentabilidad del montaje de una planta industrial exportadora de concentrado y jugo de piña. Tesis de grado. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Ecuador.
- Sumaya-Martínez, Ma. T., Sánchez, H.L.M., Torres, G.G., García, P.D. 2012. Value chain of mango and its byproducts based in the nutritional and functional properties. *Revista Mexicana de Agronegocios* (30): 826-833
- Tzintzun-Camacho, O., Loera, O., Ramírez-Saad, H.C., Gutiérrez-Rojas, M. 2012. Comparison of mechanisms of hexadecane uptake among pure and mixed cultures derived from a bacterial consortium, *International Biodeterioration and Biodegradation*, 70, 1-7.

Extenso ID: 155. Álvaro Camacho Jacobo, Ana ¹. Burgos Tornadú, Rosaura Paez Bistrain.
DIAGNOSTICO DE SANEAMIENTO BÁSICO COMUNITARIO EN CUENCAS RURALES
ESTACIONALES DEL BAJO BALSAS (MICHOCÁN)

[Regresar al índice](#)

¹ Instituto tecnológico del Valle de Morelia

² Centro de Investigaciones en geografía ambiental UNAM

Resumen:

El saneamiento básico rural es un tema prioritario a nivel global; ello condujo a su inclusión en los Objetivos de Desarrollo del Milenio establecidos para 2015 por Naciones Unidas y en los Objetivos Globales para el desarrollo Sostenible post 2015. En México, el saneamiento en cuencas rurales de alta marginación y los factores que en este inciden han sido poco valorados. En este trabajo se realizó un diagnóstico de las condiciones de saneamiento básico en comunidades de cuencas rurales estacionales donde las fuentes son escasas, las viviendas y localidades precarias, y las áreas ribereñas sufren alta presión de uso local. El diagnóstico abarcó quince localidades del sistema hidrográfico Presa Infiernillo-Bajo Balsas (Michoacán) implicadas en un programa de largo plazo (2009-2015) de mejoras continuas en la infraestructura hídrica comunitaria. Se analizó la calidad del agua en fuentes comunitarias, se realizó una inspección rigurosa de infraestructura hídrica de aprovechamiento y zona de protección incluyendo un levantamiento micro topográfico, y se aplicaron encuestas familiares para documentar el manejo peridomiciliario de residuos sólidos y excretas. Se diseñaron cuatro indicadores de saneamiento: intra-domiciliario, comunitario, calidad de infraestructura de aprovechamiento y sanitaria, y riesgo de inundación de sitios de aprovechamiento. En estas localidades, el 82 % de las fuentes comunitarias de agua mostraron contaminación por bacterias enteropatógenas, evidenciando la presencia de excretas humanas y/o animales en los alrededores de la fuente. En el 46% de los casos, la infraestructura mostró deficiencias estructurales a pesar de la presencia de acciones previas de mejora. En el ámbito familiar, los indicadores calificaron al 76% de las viviendas con niveles malos y muy malos de saneamiento, reflejo de la carencia de mecanismos seguros de eliminación de excretas, mal manejo de las aguas residuales y de animales domésticos. En el 48% de las viviendas no se practica estabulamiento adecuado. Se concluye que el saneamiento básico rural en el Bajo Balsas dista aun de alcanzar los estándares internacionales. Es claro que aún se requiere de acciones de mejora en estas localidades para reducir el riesgo de contaminación de las fuentes de agua, así como otras acciones dirigidas al saneamiento peridomiciliario.

Palabras Clave: saneamiento rural, salud comunitaria, calidad de agua, indicadores

Extenso ID: 90. Ana Karen Martínez Cano, Clementina Barrera Bernal, Marco Antonio Espinoza Guzmán. POLÍTICAS PÚBLICAS EN UN RÍO VINCULADO A CENTROS URBANOS: EL CASO DEL RÍO "SANTA ROSA" EMILIANO ZAPATA, VERACRUZ

[Regresar al índice](#)

^a Facultad de Biología, Universidad Veracruzana. Estudiante de maestría.
Email: anakaren.martinez88@gmail.com

^b Facultad de Biología, Universidad Veracruzana. Cuerpo académico P-UVER-CA-19 Calidad ambiental. Email: cbarrera@uv.mx

^c Facultad de Biología, Universidad Veracruzana. Cuerpo académico P-UVER-CA-19 Calidad ambiental. Email: maespinoza@uv.mx

RESUMEN

Este documento trata sobre propuestas de lineamientos de políticas públicas para la recuperación ambiental del río Santa Rosa del municipio de Emiliano Zapata, Veracruz, perteneciente a la cuenca del Río Actopan. La zona de estudio principal se localiza entre las localidades de Jacarandas y Nuevo Lencero por ser los sitios más afectados con las descargas de aguas residuales provenientes de los municipios de Xalapa y Emiliano Zapata. Con base en un diagnóstico social y ambiental se encontró que los principales problemas de la zona son las descargas de aguas residuales que son vertidas a las corrientes superficiales sin ningún tipo de tratamiento, las cuáles rebasan los límites máximos permisibles de descarga. Este problema socio-ambiental está siendo provocado por el desarrollo irregular que manifiesta Xalapa y el propio Emiliano Zapata en zonas donde se carece de servicios básicos. Se plantearon los objetivos de generar propuestas de lineamientos de políticas públicas para la recuperación del río "Santa Rosa", con base en la perspectiva de los actores sociales clave, estudios de campo y la normatividad ambiental vigente. Para llegar a tal fin se realizó un diagnóstico socio-ambiental que trató sobre la caracterización del río Santa Rosa con base a la percepción de los actores clave y la evaluación de la calidad del agua del mismo afluente a través de análisis físico-químicos. Finalmente conjugando la información de los participantes y el diagnóstico se formularon los lineamientos de política pública para la recuperación entorno al río Santa Rosa. Se planteó que las propuestas pueden estar enfocadas hacia la capacitación a autoridades comunitarias, municipales y grupos organizados; implementación del ordenamiento ecológico local para el municipio de Emiliano Zapata; saneamiento de las aguas residuales domésticas de los centros de población urbana y rural en el municipio de Emiliano Zapata; impulsar la educación ambiental para el cuidado de los bienes naturales comunes; incremento de la disponibilidad de agua y dotación de agua para comunidades no municipalizadas en el territorio de Emiliano Zapata, Ver.

Palabras clave: desarrollo irregular, descarga residual, políticas públicas, Emiliano Zapata.

1 INTRODUCCIÓN

El desarrollo urbano irregular se ha intensificado en México, acelerando el deterioro de los recursos naturales que cumplen funciones ambientales críticas no solo para la vida silvestre sino también para el mismo humano. De entre elementos clave están: la producción biológica,

regulación del flujo de agua, filtración y amortiguamiento de los materiales orgánicos e inorgánicos, por citar algunos (PAE, 2007). Uno de los casos más sobresalientes en todo el territorio nacional es la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) que está considerada como la segunda ciudad más poblada del mundo, después de Tokio, Japón, en la que los municipios conurbados han sido y siguen siendo los principales receptores de diferentes formas de urbanización. La ZMVM ha crecido históricamente de manera desordenada, sin una visión de largo plazo y mucho menos sin considerar la protección del ambiente natural, por otra parte el 77% de la vivienda en estos municipios metropolitanos es de tipo autoconstrucción, además de estar al margen de cualquier sistema de planeación (Iracheta, 2008). Lo anterior ejemplifica la situación de un equilibrio precario entre asentamientos humanos y el ambiente natural y, por otra parte evidencia la necesidad de la gestión del territorio entre una coordinación política urbana y ambiental (Carbone y Rodríguez, 2008).

El Estado de Veracruz posee la extensión de 71 856 km² y, está identificado como la tercera entidad más poblada del país, además de estar caracterizado por una creciente concentración urbana y rural principalmente en localidades pequeñas y aisladas (Jiménez, 2007). Este tipo de poblados se empezó a intensificarse a partir del siglo XX, por lo que actualmente posee cuando menos tres zonas que compiten entre sí por los flujos de población en las que emigran desde el campo hacia las ciudades.

Por otra parte, la entidad veracruzana se rige por leyes, planes programas sobre el desarrollo urbano, que son instrumentos de política ambiental que tienen el objetivo de regular el uso de suelo y las actividades productivas, promoviendo la protección del medio ambiente y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales. De entre los que destacan están los programas de ordenamiento ecológico y territorial, que de acuerdo a SEDUMA (2014), son instrumentos que permiten armonizar las actividades humanas con el medio ambiente, de manera que se puedan asegurar condiciones de sustentabilidad en corto, mediano y largo plazo.

Por lo anteriormente señalado, las políticas públicas son iniciativas regulatorias que pueden ayudar a resolver problemas específicos y sobre todo sociales. En éste sentido Vargas (1999), señala que se trata de un conjunto de iniciativas, decisiones y acciones del régimen político frente a situaciones socialmente problemáticas y que buscan la resolución de las mismas o llevarlas a niveles manejables. Éste mismo autor también afirma que no se debe confundir la política pública con la ley o la norma, ni tampoco se asimila a la política económica. Es decir que un acto de poder implica la materialización de las decisiones de quienes detentan el poder, además que supone toma de posición que involucra una o varias instituciones estatales y municipales.

Es por estas razones que este trabajo estuvo enfocado en generar propuestas de lineamientos de políticas públicas para la recuperación ambiental del río Santa Rosa del municipio de Emiliano Zapata, Ver., teniendo como principal zona de estudio a la localidad de Jacarandas y el fraccionamiento Nuevo Lencero por ser los sitios más afectados con las descargas de aguas residuales provenientes de Xalapa y el mismo Emiliano Zapata, Ver. En el año de 2013, vecinos del fraccionamiento “Nuevo Lencero” del municipio de Emiliano Zapata, preocupados por la problemática ambiental del río “Santa Rosa”, acudieron a la Facultad de Biología región Xalapa, de la Universidad Veracruzana en búsqueda de apoyo y asesoría para identificar las posibles soluciones a la contaminación que presenta dicho afluente por aguas residuales vertidas por las unidades habitacionales corriente arriba. Por lo anterior, se planteó la necesidad de conocer y reconocer los factores que han causado tal situación a través del tiempo y, del cómo han repercutido en el medio natural, abarcando las localidades de “Jacarandas” y “El Lencero” del municipio anteriormente citado y que están integradas a la zona conurbada “Xalapa-Banderilla-Emiliano Zapata-Tlalnahuayocan” (XBEZT).

El crecimiento poblacional de manera desordenada en el área de estudio ha generado eventos sociales, ambientales y económicos adversos (Morales, 2014), por diversos factores como: el no existir un ordenamiento territorial específico del municipio de Emiliano Zapata, no acatar la normatividad ambiental vigente establecida en el programa de ordenamiento de la zona conurbada XBEZT por sus gobernados, la actitud tanto de las autoridades como el de las constructoras que han permitido (los primeros) y los segundos han edificado prácticamente sin restricción alguna y sin proveer los servicios básicos de agua, luz, drenaje y mucho menos con el tratamiento de aguas residuales domiciliarias que son vertidas directamente a corrientes superficiales como el río “Santa Rosa”. En éste sentido y de acuerdo a estudios realizados por Barrera *et al.* (2014), en relación con la calidad de agua de este escurrimiento superficial, identificó que los valores observados sobrepasan los límites máximos permisibles de contaminantes por lo que están fuera de norma; de éstos destacan los fosfatos, nitratos y sólidos, los cuales de acuerdo con el índice de calidad de agua está considerada como no apta para uso público, levemente contaminada para la agricultura, pesca, vida acuática, industrial y no se recomienda para uso recreativo de contacto.

En este sentido, se consultaron diferentes trabajos para conocer como abordaron la problemática en relación con la gestión del agua y las políticas públicas que pueden ser implementadas para el mejoramiento de esta en beneficio de la sociedad, por lo que se describen los siguientes trabajos:

En cuanto a los trabajos en México, Gil (2007), realizó un análisis sobre la Acción Pública Urbano-Ambiental en la ciudad de Aguascalientes (1998-2002). Ésta entidad federativa es una de las ciudades que posee una de las mejores estructuras urbanas de México (Enríquez Aranda, 2001; Ortiz Garza, 1997 y Bassol, 1997 citado en: Gil, 2007) y que sus sistemas de planeación datan de 1943. García (s/f), señala que esto se debe a que los planes han estado enmarcados en enfoques técnicos y que se han realizado diagnósticos que han sido evaluados desde 1980 hasta la actualidad y que las estrategias planteadas buscan un equilibrio entre el espacio, la población asentada, además de que existe un perfil de políticas ambientales con fuertes componentes de orden normativo-legal que orienta a las políticas a resolución de problemas y la contención de potenciales conflictos ambientales.

MDGIF *et al.*, (2010), colaboraron para el desarrollo de estudios de disponibilidad y calidad del agua en Xalapa-Enriquez, Veracruz, analizaron la problemática y propusieron políticas en materia de agua; como primer punto mencionaron que la falta de una adecuada regulación en la organización del espacio urbano es uno de los principales problemas de la ciudad, provocando la pérdida de fuentes de descarga y abastecimiento de agua, por estar ubicados en las zonas ejidales periféricas del norte de la ciudad, donde no llegan los servicios, en este sentido señalan que para dar solución es necesario que se involucre la sociedad, la gobernanza del agua es el mejor método que pueden aplicar los municipios y las dependencias involucradas (CMAS, CAEV, SERVER, PROTECCION CIVIL, CONAGUA) desarrollando políticas que fomenten el uso racional y la conservación del agua, realizar programas para mejorar la calidad, fortalecer la renovación de la infraestructura para evitar pérdidas por fugas.

Otro estudio a nivel municipal es el desarrollado por De Medina y Castillo (2014), sobre el análisis de las políticas públicas que se implementan en materia de residuos sólidos urbanos (RSU) en el municipio de Teocelo. Los autores analizaron la situación de la gestión de RSU y las bases legales aplicables. Identificaron las siguientes políticas públicas que en el municipio se llevan a cabo: Separación primaria de RSU en orgánicos e inorgánicos, el servicio de limpia pública no tiene costo para los usuarios, el sistema de recolección presenta una alta cobertura en las localidades del municipio, la población participa activamente en el barrido del frente de sus viviendas, las autoridades municipales gestionan la fabricación de lombricomposta a partir de la fracción orgánica de los RSU, la fracción inorgánica de los RSU se dispone en un sitio controlado, las autoridades municipales tienen implementado un programa para el acopio de pilas y baterías portátiles.

Autores como de Medina y Castillo (2014), señalan que es necesario implementar nuevas políticas públicas para fortalecer el sistema de limpia pública, la participación de los generadores de residuos de manejo especial (RME), impulsar la prevención para la disminución de generación de RSU Y RME, el establecimiento de centros de acopio de materiales reciclables, y la recuperación de residuos potencialmente reciclables.

2 MATERIALES Y MÉTODOS

Para abordar la situación planteada a la Facultad de Biología región Xalapa de la Universidad Veracruzana en torno a la contaminación del río “Santa Rosa” (afluente importante de la cuenca del río Actopan) por los habitantes del fraccionamiento “Nuevo Lencero” del municipio de Emiliano Zapata, Ver., se establecieron objetivos, responsables de investigación y actividades a realizar. Éstas últimas se dividieron en tres fases: de “gabinete”, “campo” y “laboratorio”, cada una lleva diferentes etapas de desarrollo y que se sintetizan a manera de diagrama de flujo (ver figura 1). Cabe señalar que las etapas de las actividades desarrolladas no todas son secuenciales.

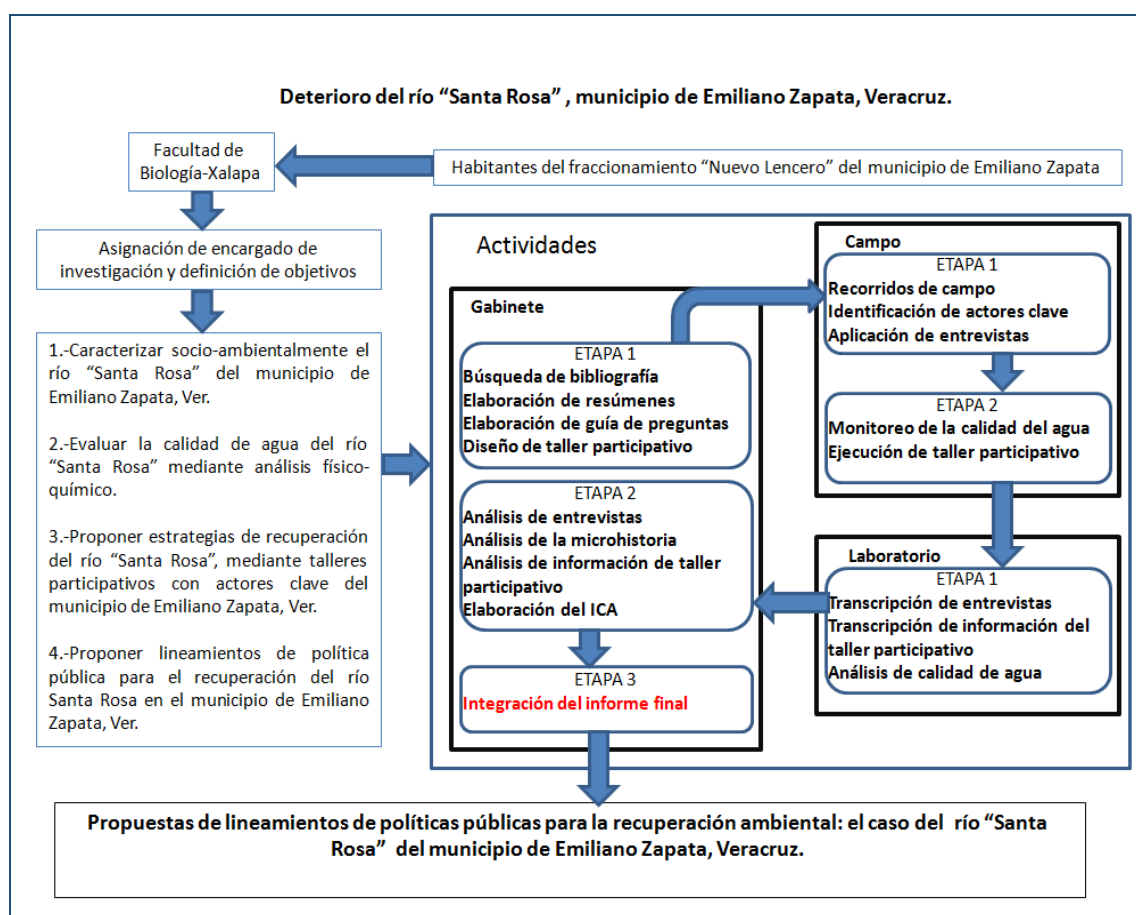


Figura 1. Diagrama de flujo de la estrategia metodológica empleada en este trabajo.

En la etapa 1 de las actividades de gabinete, se llevó a cabo la búsqueda de información socio-ambiental referente no solo a la zona de estudio sino también a sucesos relacionados con el tema de políticas públicas a nivel nacional e internacional; de las fuentes de información sobresale la del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) la cual cuenta con una vasta colección de datos de tipo social y económico; otra fuente son las tesis sobre la historia de transformación poblacional y territorial del lugar, así como las referentes a legislación y normas aplicables; y

finalmente pero no menos importante se consultó documentos vinculados a los marcos teóricos y metodológicos, pertinentes para abordar el tema de estudio.

De los trabajos consultados con temas relacionados a los objetivos planteados en éste documento se optó por la metodología propuesta por CESEM (2003) en la que la parte fundamental para entender y recuperar información de una zona en particular sobre los principales problemas ambientales, sociales, económicos y, de los procesos de transformación son los Actores Sociales Clave (ASC).

En este sentido se diseñó un taller “diagnóstico y soluciones locales basado en el objetivo de caracterización ambiental, además de que los participantes se apropien de la situación ambiental del río “Santa Rosa”, mediante identificar, clasificar, jerarquizar, analizar y definir responsabilidades de los problemas ambientales existentes en la zona de estudio. Dicho taller fue dirigido a funcionarios públicos, integrantes del comité del agua y junta de mejoras de las localidades de Jacarandas y Lencero, los que fueron invitados a participar mediante la convocatoria emitida por la Facultad de Biología región Xalapa U. V. y el Gerente de Operación y Mantenimiento de la Comisión Municipal de agua Potable y Saneamiento del Municipio de Emiliano Zapata (CMASMEZ). Es importante señalar que el diseño del taller fue a partir de la propuesta de CESEM (2003).

Con la información obtenida en la etapa 1 de gabinete, se desarrolló la etapa 2 de las actividades de campo, en la cual se realizaron tres recorridos de campo con guías locales identificando los elementos que generan el deterioro del río “Santa Rosa” y que motivó la intervención de la Facultad de Biología región Xalapa; por otra parte pero en el mismo sentido en los recorridos se identificó a los posibles ASC y de ser posible se les abordaba para realizar la entrevista correspondiente o de lo contrario fijaban una citas de reunión para tal fin.

En lo correspondiente a la etapa 2 de las actividades de campo, que se refieren a los monitoreos de la calidad del agua en la corriente superficial “Santa Rosa”, éstos se llevaron a cabo en las temporadas identificadas como época de lluvias y secas del año 2014, los sitios de muestreo fueron ubicados en función de los puntos de descarga de aguas residuales, que provienen del municipio de Xalapa y pasan por las localidades de “Jacarandas” y “El Lencero” (ver Tabla 1 y ver figura 2).

Tabla 1. Ubicación georeferenciada de los puntos de muestreo de agua residual en el río “Santa Rosa”.

Sitio	Referencia	Coordenadas UTM
1	Localidad Jacarandas	Y=2156728 X= 726045
2	Lencero atrás de bodegas Liverpool	Y=2156981 X= 727857
3	A un costado de la Laguna de El Lencero	Y=2155968 X= 728959
4	Fraccionamiento Nuevo Lencero	Y=2155536 X= 728689

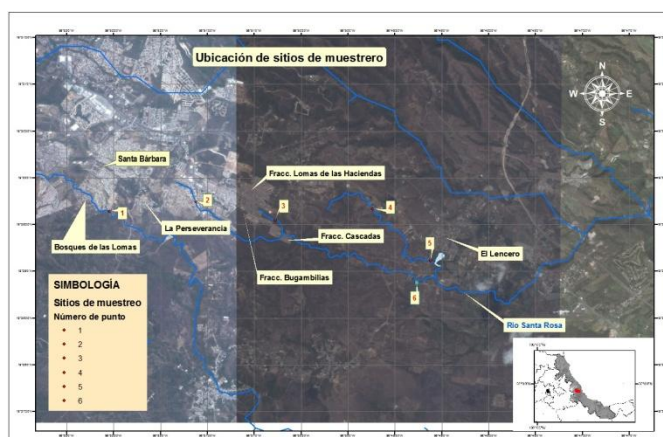


Figura 2. Ubicación de puntos de muestreo de aguas residuales en el afluente “Santa Rosa”.

Con la información de los talleres participativos se realizó una base de datos para analizar las similitudes y diferencias que daban los actores sociales clave ante los problemas identificados, con base a sus propuestas de solución se tomaron como clave de orientación para proponer los lineamientos de política pública ambiental.

En la etapa 2 de las actividades de gabinete, se integró la información de las actividades de “campo” de las etapas 1 y 2; las etapas 1 tanto de “gabinete” como de “laboratorio”, para lo anterior se transcribió la información de las entrevistas, talleres e información documentales; posteriormente se llevó a cabo la sistematización de la misma de acuerdo a lo propuesto por Hernández (2010), cual está basada en los principales problemas sociales, ambientales y económicos que se presentan en la zona de estudio (río “Santa Rosa”).

Posteriormente y en relación a la información obtenida de las entrevistas y de la revisión de documental se aplicó la metodología de la microhistoria, herramienta que se ha convertido en parte fundamental para el desarrollo de este trabajo y que de acuerdo con Gonzales (1973: 28) “*se ocupa de acciones humanas importantes por influyentes, por trascendentes y sobre todo por típicas; separa los episodios significativos de los insignificantes; selecciona los acontecimientos que levantaron ámpula en su época, a los que siendo lodos acabaron en polvos, o los representativos de la vida diaria*”. Con esta estrategia microhistórica se tuvo la libertad de seleccionar los acontecimientos en espacio, tiempo y personas que marcaron las tendencias en el cambio y uso de la tierra de las localidades de Jacarandas y El Lencero.

En la etapa 3 de las actividades de gabinete los resultados de los parámetros tomados en campo y los procesados en los laboratorios de Calidad Ambiental de la Facultad de Biología y el de Limnología del Centro de Investigaciones Tropicales se elaboró una base de datos que incluyen: el nombre de cada uno de los sitios muestreados y el resultado de los análisis. Con ésta información se compararon los valores de cada sitio de muestreo contra los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua (SEMARNAP, 1989) y, en él se establecieron los niveles máximos por parámetros de acuerdo a su uso (doméstico, agrícola, recreativo, pecuario y protección a la vida acuática).

Para estimar la calidad de agua en este trabajo se usó el índice de calidad del agua (ICA) desarrollado por la NSF (2004).

3. RESULTADOS

Con base en el taller aplicado, los elementos socio-ambientales desde la perspectiva de los ASC que inciden en la problemática ambiental tanto en las localidades “Jacarandas” como en la de “El Lencero”, se citan los siguientes (de la primera localidad): no existe una planeación en la construcción de viviendas, no se ejerce la regulación de los fraccionamientos, inexistencia de drenaje y saneamiento, brote de aguas negras, falta de plantas de tratamiento de aguas residuales, crecimiento irregular, contaminación de ríos y no hay organización comercial.

Por otra parte, los ASC de la localidad “El Lencero”, señalan los siguientes elementos socio-ambientales: descargas de aguas residuales de Jacarandas, de las granjas porcícolas, beneficios de café y descarga de la academia de policía.

En opinión de los ASC de acuerdo con las entrevistas refieren que las causas y efectos detectados en la zona de estudio son motivados en gran parte por los fraccionadores de tierras que no consideran implementar sistemas de tratamiento de aguas residuales antes de ser vertidas a los afluentes.

Con respecto al análisis de la Microhistoria (Fabre *et al.*, (2015), éste trabajo se basó en la información de las entrevistas de profundidad de Carmona (2015) y Avendaño (2015) y documentos consultados como el de Sánchez (1979), para aplicar éste análisis se generaron dos cortes cronológicos con los periodos del año de 1525 a 1914; y de 1923 al año de 2010, esto fue en función del crecimiento poblacional, cambio en las actividades económicas y políticas de “Jacarandas”, “El Lencero” y Xalapa, con el objetivo de saber que sucedía en éstos lugares al mismo tiempo y si sus dinámicas se afectaban entre sí. Lo anterior explica que Xalapa ha “invadido” a municipios circunvecinos de entre ellos recientemente el de Emiliano Zapata, en el que además difícilmente se reconocen con exactitud los límites territoriales entre estas dos entidades; en éste sentido algunos entrevistados de la localidad de Dos Ríos refieren que los terrenos donde está ahora la “plaza comercial Américas” en Xalapa pertenecía a Emiliano Zapata y que por acuerdos desconocidos para la población fue adjudicado a la capital. Sin duda tal acción trajo consigo la no recaudación de impuestos de ésta importante zona comercial y con ello la limitación del desarrollo a ésta última municipalidad citada.

A decir de los entrevistados y evidencias documentales, tal acción en la zona de estudio desde siglos atrás no es la única, en donde los pactos políticos han tenido mucho que ver en las dinámicas de crecimiento poblacional, teniendo como común denominador desproteger a los de menores ingresos, orillándolos en la necesidad de establecerse en la periferia de la ciudad donde no solo carecen de los servicios básicos, sino que provocan estragos ambientales ahora conocidos como contaminación y destrucción del hábitat tanto para la vida silvestre como para la de sus habitantes.

Con la información de las muestras de agua de cada uno de los sitios muestreados y su reagrupación en las temporadas de secas y lluvias, se construyeron los índices de calidad del agua (ICA):

En lo que corresponde a los ICA para los sitios “Jacarandas” (1) y “Nuevo Lencero” (4) en temporada de estiaje los porcentajes para ambos sitios son similares con valores de 38.05% y 39.49% respectivamente, que los clasifica como fuertemente contaminada para consumo humano; contaminada para regar cultivos y actividades industriales por lo que requieren tratamiento potabilizador y no se recomienda tener contacto con el agua. En relación a los sitios de muestreo ubicados atrás de las bodegas Liverpool de la localidad de el Lencero (2) y el sitio que está junto a la Laguna “El Lencero” (3) presentan valores de entre 52% a 55.3% por lo que de acuerdo al ICA están contaminados para uso doméstico y necesitan un tratamiento potabilizador; mientras que para actividades de riego agrícola se ubican como levemente contaminados y es utilizable para la mayoría de los cultivos. Respecto a la vida acuática y pesca; estos últimos sitios están contaminados y puede ser aceptable para especies no muy sensibles. Para uso industrial no requiere tratamiento pero para las actividades recreativas es de calidad aceptable, pero se restringen los deportes de inmersión.

En relación al ICA para la temporada con precipitaciones y en relación a los sitios 1 y 4 se estimaron valores que van de 35.23% a 45.96%, que los ubica como excesivamente y fuertemente contaminados para uso doméstico y contaminado para las actividades de riego agrícola, pesca y vida acuática; así como para uso industrial y actividades recreativas, por lo que se recomienda tratamiento del líquido antes de cualquier uso. Por otra parte y en relación a los sitios denominados 2 y 3 presentaron valores de 65.2% a 68.81%, lo cual quiere decir que están contaminados para uso doméstico, levemente contaminado para uso agrícola e industrial a excepción del punto 3, ya que éste la calidad del agua es aceptable para uso industrial. En los dos sitios el agua es de calidad aceptable para la pesca y vida acuática, así como para actividades recreativas, sin embargo se restringen los deportes de inmersión.

Con los resultados anteriores se generaron las “Propuestas de Lineamientos de Políticas Públicas para la recuperación ambiental del río Santa Rosa”, a continuación son consideradas las siguientes:

“Capacitación a autoridades comunitarias, municipales y grupos organizados”: En este sentido, en primer lugar se deberá de crear la Dirección de Desarrollo Social cuyas funciones son coordinar y evaluar las políticas de desarrollo social e infraestructura así como a los grupos y comités ciudadanos que deberán de vigilar y participar con la administración municipal en los diferentes planes, programas y problemas que coexistan. Para poner en función esta área es necesaria una reunión ante órgano de gobierno quienes podrán aprobar su creación. La ubicación de ésta será en el H. Ayuntamiento de Emiliano Zapata, Ver.

“Implementación del ordenamiento ecológico local para el municipio de Emiliano Zapata, Ver.”.: En el caso del OEL para el municipio de Emiliano Zapata, Ver., representa una estrategia para dar solución a los conflictos de desarrollo irregular de las nuevas edificaciones, permitiendo que los desarrollos inmobiliarios se establezcan donde existan los servicios de drenaje sanitario y pluvial y, se conecten a los pozos de visita, sin la necesidad de que estos descarguen sus aguas residuales a los ríos y provoquen la contaminación de estos. En el caso de no existir drenajes próximos en la zona donde se establezcan los fraccionamientos éstos deberán acatar los reglamentos de la Ley de Desarrollo Urbano, que en su artículo 45 Fracción I inciso a, establece: que dentro de su infraestructura deberán contar con plantas de aguas residuales.

“Saneamiento de las aguas residuales domésticas de los centros de población urbana y rural en el municipio de Emiliano Zapata”: se propone la implementación de dos programas para el tratamiento de las aguas residuales, cuyos objetivos generales son tratar el 85% del agua reduciendo los costos de mantenimiento aproximadamente al 80%; En primer lugar se plantea el “Programa de construcción de sistemas de tratamiento de aguas residuales para zonas con alta densidad de población”; Se sugiere la estrategia de implementación de “humedales artificiales” debido a que estos sistemas tienen la capacidad de tratar el agua de manera tan eficiente como una planta de

tratamiento de aguas residuales. En segundo lugar se sugiere el Programa de construcción de sistemas de tratamiento de aguas residuales para zonas con baja densidad de población; se propondrá la instalación de pequeñas plantas modulares que de acuerdo a Vallee (2007), estos sistemas modulares son plantas de tratamiento comerciales prefabricadas que se utilizan con frecuencia para el tratamiento de aguas residuales de propiedades individuales y comunidades pequeñas. Las cuales pueden brindar el tratamiento satisfactorio de caudales pequeños de aguas residuales por medio del proceso de lodos activados por aireación extendida.

“Impulsar la educación ambiental para el cuidado de los bienes naturales comunes”: crear la Dirección de Ecología y Medio Ambiente cuyas funciones son de acuerdo a DEPA (2013-2016) buscar acuerdos intersectoriales que nos permitan incluir a las Instituciones y a todos los actores de la sociedad que coincidan en establecer mecanismos de trabajo conjunto, esto con el propósito de buscar el bien común, partiendo de la base de lograr un ambiente saludable y un desarrollo sustentable para la sociedad actual y para las futuras generaciones.

Incremento de la disponibilidad de agua y dotación de agua para comunidades no municipalizadas en el territorio de Emiliano Zapata, Ver.: Es importante realizar reforestaciones a nivel de Microcuenca en el municipio de Emiliano Zapata, Ver, para asegurar la dotación de agua, en este caso, también a través del ordenamiento ecológico territorial es posible localizar los sitios adecuados para tal labor. Es fundamental organizarse a través de los comités locales, Dirección de Ecología y Medio Ambiente así como instituciones educativas para realizar asambleas y reunir a habitantes interesados y hacer acuerdos con el municipio para la donación de áreas de conservación y/o restauración.

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Las estrategias planteadas, las analizamos para definir cuales pudieran ser implementadas en el futuro y a partir de aquí propusimos los lineamientos que pudieran solucionar la problemática presente (mezclando las propuestas de los actores clave y las nuestras basadas en el diagnóstico obtenido). Cuya aportación de Medarde *et al.* (2006) señala que son una herramienta de trabajo activo donde la participación de cada uno de los integrantes aporta experiencias, argumentos y discusiones que fortalecen la resolución de problemas.

Teniendo como argumento estas bases se realizó la caracterización socio-ambiental del río Santa Rosa, a través de la percepción de los actores clave del municipio de Emiliano Zapata, Ver., destacando que los principales elementos que han contribuido al deterioro es la falta de ordenamientos territoriales que ayuden a planificar el uso de las áreas de acuerdo a su aptitud y así evitar la construcción de casas en los sitios donde no hay servicios básicos de drenaje sanitario y dotación de agua potable.

También otros de los elementos que intervienen en el proceso de detrimento socio-ambiental es el no tratamiento de aguas residuales, la mala calidad de las tuberías de los drenajes lo que ocasiona brote de aguas negras en las principales avenidas, además el no funcionamiento de las plantas de tratamiento de aguas residuales.

Estos elementos han provocado la mala calidad del agua del río Santa Rosa que, de acuerdo a los análisis fisicoquímicos realizados, el agua no cumple con los límites máximos permisibles de acuerdo a los criterios ecológicos y que de acuerdo al Índice de Calidad del agua se establece como excesivamente y fuertemente contaminada para uso doméstico y contaminada para uso industrial y actividades recreativas.

También se realizaron propuestas de estrategias para la recuperación del río Santa Rosa, mediante la intervención de los actores clave a través de un taller participativo, concluyendo que la mayoría de los que intervinieron están a favor de que es necesario la puesta en marcha de las plantas de tratamiento de aguas residuales, la aplicación de reglamentos, respetando las jurisdicciones entre Xalapa y Emiliano Zapata y la no corrupción de las autoridades municipales.

Los lineamientos de política pública considerados como pertinentes, debido a las características de la problemática presente en la zona de estudio, fueron “capacitación a autoridades comunitarias, municipales y grupos organizados; implementación del ordenamiento ecológico local; saneamiento de las aguas residuales domésticas de los centros de población urbana y rural; impulsar la educación ambiental para el cuidado de los bienes naturales comunes y el incremento de la disponibilidad y dotación de agua para comunidades no municipalizadas en el territorio de Emiliano Zapata, Ver.

Respecto, al tema del abastecimiento de agua en varias zonas del Municipio es un asunto igual de importante que el tratamiento de las aguas residuales, sin embargo el crecimiento acelerado del municipio y la contaminación de los ríos está ocasionando deterioro de sus principales fuentes de abastecimiento como el río Santa Rosa, lo que ha requerido que varios fraccionamientos se abastezcan de la ciudad de Xalapa, como son; la localidad Jacarandas, y hace algunos meses el Cuartel Militar ubicado en la localidad el Lencero tomaba el agua del manantial el Castillo pero de forma irregular y este a la vez dotaba de agua a otros sitios por ejemplo; El Telefre, Tres Pasos, El Aguacero, Pajaritos y planeaba beneficiar con el vital líquido al fraccionamiento la Molienda, sin embargo, CONAGUA les notificó que estaban abasteciéndose sin tener los permisos reglamentarios, lo que provocó que dejara de dotarle de agua a los sitios mencionados anteriormente.

En este sentido, se viene una crisis de escasez de agua no solo para esta zona sino para todo el municipio debido a que no ha planeado o puesto en marcha proyectos de infraestructura para la dotación de agua potable, estando a espera de las disposiciones de la Comisión Municipal de Agua y Saneamiento de Xalapa.

5. AGRADECIMIENTOS

Al laboratorio de Calidad Ambiental de la Facultad de Biología y al laboratorio de Limnología del Centro de Investigaciones Tropicales de la Universidad Veracruzana por el apoyo prestado para el procesamiento de las muestras, especialmente a los investigadores Dra. Clementina Barrera Bernal, Mtro. Margarito Páez Rodríguez, Mtra. Laura Dávalos-Lind, Dr. Owen Lind y Dr. Enrique Mora.

Al Prof. Benito Carmona, Lic. Ciro Avendaño, Antonino Cuevas, Félix Campos, Matías Mendoza, Fausto Padilla, Álvaro Dávila por el tiempo dedicado para mostrarme un poco de la historia de su terruño.

6. LITERATURA CITADA

- Avendaño, C. (2014). Entrevista de profundidad. Localidad de Jacarandas, Emiliano Zapata, Ver.
- Barrera, B.C., Espinoza-Guzmán, M.A., Romero, B.E., y Olivares, O. (2014). Calidad del agua del arroyo “Los Cajetes Emiliano Zapata Veracruz. Informe Técnico, Facultad de Biología. Xalapa, Ver. 18 págs.
- Carbone, S y Rodríguez, R. (2008). Estrategias para un desarrollo urbano ordenado y sustentable. Contradicciones entre política urbana y política ambiental. Rizoma.8.México. 44 págs.
- Carmona, B. (2014). Entrevista de profundidad. Municipio de Emiliano Zapata, Ver.
- Centro de Servicios Municipales “Heriberto Jara”, A.C. (CESEM) (2003). Manual para la Elaboración Democrática de Políticas Sociales. Xalapa, Ver. México, D.F. 112 págs.

- De Medina, S.L. y Castillo, G.E. (2014). Políticas Públicas Municipales en Materia de Gestión de Residuos Sólidos. En: García, L.T, Temas Selectos de Gestión y Políticas Públicas Municipales en Materia Ambiental. México, D.F. 231 págs.
- Dirección de Ecología y Protección al Ambiente (DEPA). (2013-2016). Manual de la Organización de la Dirección de Ecología y Protección al Ambiente de Gómez Palacio, Dgo. Dirección de Obras Públicas, Desarrollo Urbano y Ecología.
- Fabre, P.D., Caracas, L.A y de la Fuente, A.A. (2015). Condiciones de habitabilidad de la población desfavorecida: análisis microhistórico de las territorialidades urbanas en Andalucía. (en prensa). 10 págs.
- Fondo para el Logro de los Objetivos del Milenio. (MDGIF) H. Ayuntamiento de Xalapa, Desarrollo Comunitario de los Tuxtlas A.C. y Veracruz Gobierno del Estado. (2010). Estudios de Disponibilidad y Calidad del Agua en Xalapa-Enríquez, Veracruz. 114 págs.
- Gil, G.C. (2007). Acción Pública Urbano-ambiental. Conceptos para su Análisis y un Estudio de caso de las Políticas Urbano-ambientales: La Ciudad de Aguascalientes (1990-2002) Investigación y Ciencia. 15 (38). Universidad Autónoma de Aguascalientes, México 43-53 págs.
- Gonzalez, G.L. (1973). Invitación a la microhistoria. Mexico,D.F. ed. SEPSETENTAS.186 págs.
- Hernández, M.F.(2010). Gestión del recurso hídrico para consumo humano en la Microcuenca la Pagua, Sierra de Otontepec, Veracruz, Meéxico. Centro agronómico tropical de investigación y enseñanza escuela de posgrado. Tesis de Maestría y Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas, Turrialba, Costa Rica. 184 págs.
- Iracheta, C, A. (2008). El Fenómeno Metropolitano en México”, en García, Roberto y Alfonso Iracheta (compiladores): Replanteando la Metrópoli: Soluciones Institucionales al Fenómeno Metropolitano, Memorias del X Seminario-Taller Internacional de la Red Mexicana de Ciudades hacia la Sustentabilidad y del Congreso Nacional para la Reforma Metropolitana, México: El Colegio de la Frontera Norte y El colegio Mexiquense, A.C. 764 págs.
- Medarde, C., Cristina, E.V.M. (2006). Maletín de Campo: una guía práctica para la capacitación y facilitación en procesos grupales. Veterinarios Sin Fronteras. En: http://www.academia.edu/6893996/TALLER_DE_METODOLOGIAS_Y_DINAMICAS_PARTICIPATIVAS_FUNDACION_C3%93N_INTERVIDA
- Morales,J. (2014). Denunciará Puente Nacional a alcalde de Emiliano Zapata por daño ambiental. Diario de Xalapa. En: <http://www.oem.com.mx/diariodexalapa/notas/n3314592.htm>.
- NSF (National Sanitation Foundation). (2004). National Sanitation Foundation Water Quality Index. En: <http://www.water-research.net/index.php/water-treatment/water-monitoring/monitoring-the-quality-of-surfacewaters>.
- PAE (Perfil Ambiental de España). (2007). Suelo. 2.3 12 págs.
- Sánchez, G.R.(1979). El Encero: Historia de una Hacienda Xalapeña. Tesis de licenciatura. Universidad Veracruzana. Facultad de Historia.86 págs.
- Secretaría de Desarrollo Humano y Medio Ambiente. (SEDUMA). (fecha de consulta: 5 de marzo de 2014). En: <http://www.seduma.yucatan.gob.mx/ordenamiento-ecologico/index.php>
- Secretaría de Marina Recursos Naturales y Pesca. (SEMARNAT). (1989). Acuerdo por el que se establecen los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua CECCA-001/89. Gaceta ecológica 11 (6): pp: 26-36.
- Vallee, A.A. (2007). Diseño del prototipo de una planta modular para tratamiento de aguas residuales. Tesis de ingeniería química. Universidad de Oriente. Puerto de la Cruz. 147

págs. Disponible en: de <http://ri.bib.udo.edu.ve/bitstream/123456789/2647/1/26-TESIS.IQ009.V85.pdf>. [22 de marzo de 2016].

- Vargas, V.A. (1999).El Estado y Las Políticas Públicas. Capítulo II. Las políticas Públicas entre la racionalidad técnica y la racionalidad política. Almudena. 201 págs.

Mesa 9. Riesgos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático con enfoque de cuenca.

Extenso ID: 174. Juan Ángel Tinoco Rueda, Iris Jetzabel Carrillo Negrete, Jesús David Gómez Díaz, Alejandro Ismael Monterroso Rivas. VULNERABILIDAD AL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA SUBCUENCA HUATUSCO

[Regresar al índice](#)

^a Universidad Autónoma Chapingo, Centro Regional Universitario Oriente, Huatusco, Veracruz, email: tinoco@correo.chapingo.mx

^b Geomática y Recursos Naturales México, A.C., Huatusco, Veracruz, email: iriscarrillo@gmail.com

^c Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Suelos, Texcoco, México, email: dgomez@correo.chapingo.mx, aimrivas@correo.chapingo.mx

RESUMEN

El cambio climático es un fenómeno que se está presentando por el incremento de las emisiones de gases de efecto invernadero hacia la atmósfera derivado de las actividades humanas. Los efectos de este cambio se presentan en forma de un calentamiento global y alteraciones en la variabilidad climática natural, así como un aumento en la frecuencia e intensidad de los fenómenos climáticos como es el caso de los ciclones tropicales y El Niño Oscilación del Sur (ENOS). El objetivo de la presente investigación fue evaluar la vulnerabilidad al cambio climático en la subcuenca Huatusco. La vulnerabilidad se cuantificó por medio de indicadores de exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa. Los indicadores seleccionados se mapearon en forma de cartografía temática digital con ayuda del software ArcMap 10.1, con lo cual se conformó un sistema de información geográfica de la subcuenca. Mediante la unión de los indicadores geo-representados se generó una base de datos digital la cual se analizó con base en los métodos de conglomerados y de componentes principales para identificar la vulnerabilidad de la subcuenca. Como resultado se encontró que desde el punto de vista social los productores minifundistas con un nivel alto de analfabetismo y no organizados es el grupo más vulnerable ya que los cambios en precipitación y temperatura afectarán directamente a los cultivos de temporal. Por otro lado, las poblaciones urbanas de Huatusco de Chicuellar e Ixhuatlán del Café son las áreas más vulnerables con base en la provisión de agua para consumo humano debido a la posible disminución de la infiltración al subsuelo, el incremento del escurrimiento superficial y el crecimiento poblacional. Se recomienda establecer programas de adaptación a nivel microcuenca, municipal o regional para disminuir la vulnerabilidad de los diferentes sectores. Así mismo se percibe un alto potencial en la subcuenca para mitigar el cambio climático por medio de la captura de carbono en los ecosistemas naturales y los agroecosistemas diversificados, aunado al establecimiento de fuentes de energía renovable en los beneficios de café y los trapiches de la región.

Palabras clave: calentamiento global, cuenca Jamapa, sistemas de información geográfica

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente se está iniciando un nuevo periodo de cambio climático, aunque a diferencia de los registrados en épocas pasadas, se presenta por efecto de las actividades del humano o antropogénicas (Rivera, 1999). Este cambio climático antropogénico se origina por la creciente concentración de gases de efecto invernadero y aerosoles (CO₂, CH₄, N₂O, HFC, PFC y SF₆) en la atmósfera, lo que provoca el incremento de la temperatura mundial. El proceso de contaminación atmosférica mundial ha ocasionado que las concentraciones de CO₂ pasen de 280 ppm antes de la revolución industrial, a más de 380 ppm en la actualidad, o bien a 430 ppm si se considera a todos los GEI en términos de su equivalencia en dióxido de carbono lo que representa la más alta concentración registrada durante los últimos 650 mil años. Las principales actividades que liberan GEI a la atmósfera son la quema de combustibles fósiles y de biomasa, incendios forestales, el cultivo de arroz, la producción pecuaria, residuos sólidos urbanos, uso de fertilizantes, refrigerantes industriales, aparatos de aire acondicionado, la actividad petroquímica, entre otros (CICC, 2007; Solomon et al., 2007). Se estima que este cambio climático antropogénico tenga efectos sobre los sistemas ecológicos, productivos, económicos y sociales. Algunos ejemplos de los posibles impactos del cambio climático en el sector agrícola son: (1) Cambios en el desarrollo y productividad de los cultivos, por afectaciones en los ciclos fenológicos. (2) Incremento en el periodo libre de heladas de las zonas agrícolas, que se traduciría en un mayor periodo útil para el desarrollo de algunos cultivos y aumento en el número de ciclos agrícolas por año. (3) Reducción de la superficie cultivable y en los rendimientos generados en zonas de temporal, debido al aumento en la duración e intensidad de la sequía. (4) Afectaciones en los distritos de riego del noroeste del país, en cuanto a la disponibilidad de agua (Monterroso et al., 2010).

Con base en los componentes de los sistemas productivos, su ubicación geográfica y su adscripción política se puede estimar la vulnerabilidad al cambio climático. Se define a la vulnerabilidad como el grado susceptibilidad o incapacidad de un sistema para afrontar los efectos negativos del cambio climático, incluidos la variabilidad y los fenómenos extremos (Parry et al., 2007), y se puede expresar matemáticamente de la siguiente forma: $V=f(\text{exposición, sensibilidad, capacidad adaptativa})$. Las evaluaciones de vulnerabilidad en el sector agrícola pueden realizarse bajo diferentes enfoques y escalas, sin embargo, para que los resultados obtenidos y las posibles estrategias de adaptación resultantes sean confiables y aplicables se recomienda realizar estas evaluaciones por cultivo y a nivel de localidad para que sean los mismos productores quienes otorguen datos localizados (Monterroso et al., 2012).

La subcuenca Huatusco se ubica en la zona central del estado de Veracruz y pertenece a la cabecera de la cuenca Jamapa. El cauce principal de la subcuenca es el río Jamapa, el cual nace por el derretimiento de nieve en la zona noreste del Pico de Orizaba, la boquilla o salida de la subcuenca se ubica al sureste de la Ciudad de Huatusco. (CONAGUA, 2010). Debido al grado de deterioro ambiental el Instituto Nacional de Ecología incluye a la cuenca Jamapa dentro de la lista de las cuencas hidrográficas prioritarias de México por alteración de la dinámica funcional en un grado Extremo (Cotler et al., 2010). El objetivo de la presente investigación fue evaluar la vulnerabilidad al cambio climático en la subcuenca Huatusco.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Caracterización de la subcuenca.- Los atributos del medio biofísico que se detallaron cartográficamente fueron: pendiente, aspecto, fisiografía, rocas, tipos de vegetación y uso actual del suelo, hidrología superficial, características del suelo, temperatura, precipitación y clasificación climática. La pendiente y el aspecto del terreno se cuantificó de forma automatizada mediante el programa informático ArcMap 10.1 con base en el modelo digital de elevación del terreno (INEGI, 2012), la pendiente resultante se clasificó en cinco intervalos expresados en porcentaje (0-2, 2-8, 8-15, 15-40 y >40) como lo establece Cortés et al. (2005). Para la cartografía de geología física se utilizaron las cartas digitales de tipo de roca escala 1:250,000 (INEGI, 2005).

Los atributos de hidrología superficial se obtuvieron mediante la cartografía digital escala 1:250,000 proporcionada por INEGI (2010). En lo relacionado a las características del suelo se utilizaron las cartas edafológicas a escala 1:250,000 (INEGI, 2002).

Para la delimitación detallada de las isoyetas e isotermas se utilizó la metodología de Gómez et al. (2008), la cual requiere de datos mensuales de temperatura y precipitación de las estaciones meteorológicas que se encuentren dentro y en la periferia de la zona de estudio, así como el modelo digital de elevación del terreno (INEGI, 2012) e imágenes satelitales en falso color. Las isotermas se obtuvieron mediante ecuaciones de regresión lineal simple en donde se relacionó la temperatura media mensual con la altitud de las estaciones meteorológicas, por su parte las isoyetas fueron trazadas sobre las imágenes de satélite con base en los valores anuales de precipitación y los sistemas de vientos dominantes en la región. Con la cartografía de isotermas e isoyetas se determinó la clasificación climática de acuerdo a los sistemas Köppen modificado (García, 2004) y Thornthwaite modificado (Tinoco et al., 2011).

Con respecto al medio socioeconómico de la región se caracterizaron espacialmente las siguientes variables: población, núcleos agrarios, nivel de educación, servicios de salud, tipo de vivienda, actividades económicas. Las fuentes de esta información fueron las bases de datos del Consejo Nacional de Población (CONAPO, 2005), el Sistema Nacional de Información Municipal (INAFED, 2010) del Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal, así como los censos de población y vivienda del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2011).

Evaluación de la vulnerabilidad al cambio climático.- Para evaluar la vulnerabilidad se siguió la metodología propuesta por Monterroso et al (2012) para lo cual se seleccionaron 40 indicadores (Cuadro 1) para cuantificar las variables exposición (8 indicadores), sensibilidad (19 indicadores) y capacidad adaptativa (13 indicadores). Con los datos de los indicadores se realizó una prueba de estadística multivariada mediante las técnicas de conglomerados y componentes principales para identificar la agrupación de la información.

Debido a las diferentes escalas en las que se presentan los valores de los indicadores fue necesario realizar una estandarización de los datos, para ello se utilizó la siguiente ecuación:

$$Z = \frac{Xi - X}{DS}$$

Donde Z representa el valor estandarizado, X_i el valor observado, X el valor medio del conjunto de valores i , y DS la desviación estándar del conjunto de valores i .

Con los indicadores estandarizados se procedió a calcular los índices de exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa mediante la suma de los indicadores respectivos. Finalmente se evaluó la vulnerabilidad al cambio climático mediante la siguiente expresión:

$$Vulnerabilidad = (Exposición + Sensibilidad) - Capacidad Adaptativa$$

Para registrar las variables exposición, sensibilidad, capacidad adaptativa y vulnerabilidad en cartografía digital se normalizaron a valores entre 0 y 100 de acuerdo con la fórmula:

$$N = \frac{Xi - Xmin}{Xmax - Xmin}$$

Donde N es el valor normalizado entre 0 y 100, X_i es el valor observado, Xmin es el valor mínimo observado y Xmax es el valor máximo observado en el conjunto de datos i .

El modelo de cambio climático que se utilizó para realizar las simulaciones a futuro fue el ensamble REA (Reliability Ensemble Averaging) para el horizonte de tiempo 2015-2039 desarrollado por la Red Mexicana de Modelación del Clima.

Cuadro 1. Indicadores utilizados en la evaluación de vulnerabilidad al cambio climático.

Variable	Categoría	Indicadores
Exposición	Ambiental	E1. Calidad ecológica*
		E2. Degradación física*
		E3. Riesgo de erosión hídrica*
	Variabilidad climática	E4. Riesgo de heladas
		E5. Riesgo de ciclones tropicales
		E6. Riesgo de sequías
Sensibilidad	Cambio climático	E7. Cambio en temperatura (actual vs cambio climático)*
		E8. Cambio en precipitación (actual vs cambio climático)*
	Social	S1. Carencia de servicios de salud
		S2. Carencia de seguridad social
		S3. Carencia de calidad de vivienda
		S4. Carencia en servicios de vivienda
		S5. Carencia en acceso a la alimentación
		S6. Ingreso inferior a la línea de bienestar
		S7. Ingreso inferior a la línea de bienestar mínimo
		S8. Índice de migración
		S9. Población indígena
	Seguridad	S10. Tasa de incidencia delictiva municipal
	Economía	S11. Población económicamente activa en el sector primario
	Hidrología	S12. Déficit de agua escenario base*
		S13. Déficit de agua con cambio climático*
		S14. Drenaje de agua escenario base*
		S15. Drenaje de agua con cambio climático*
	Agricultura	S16. Aptitud para maíz escenario base*
		S17. Aptitud para maíz con cambio climático*
		S18. Aptitud para café escenario base*
		S19. Aptitud para café con cambio climático*
Capacidad adaptativa	Población	CA1. Cambio en población 2010-2025
	Educación	CA2. Rezago educativo
		CA3. Años promedio de escolaridad
	Economía	CA4. Producto interno bruto municipal 2010
		CA5. Población económicamente activa
	Agricultura	CA6. Unidades de producción con capacitación en el área agricultura
		CA7. Unidades de producción con disposición de crédito
		CA8. Unidades de producción con seguro
		CA9. Unidades de producción con ahorro
	Subsidios	CA10. Apoyos SAGARPA 2013
		CA11. Familias beneficiadas por SEDESOL 2014
		CA12. Áreas elegibles de pago por servicios ambientales PRONAFOR 2014
	Ambiental	CA13. Cobertura arbórea

*Elaboración propia

3. RESULTADOS

En la Figura 1 se presenta la distribución de la exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa en la subcuenca Huatusco. En la variable exposición se registra la dominancia de la categoría Media con el 56.7 % de la superficie de la subcuenca y se presenta en la zona media y baja de ésta. Los indicadores de calidad ecológica y riesgo de erosión hídrica son los principales componentes que están incrementando la exposición en estas zonas.

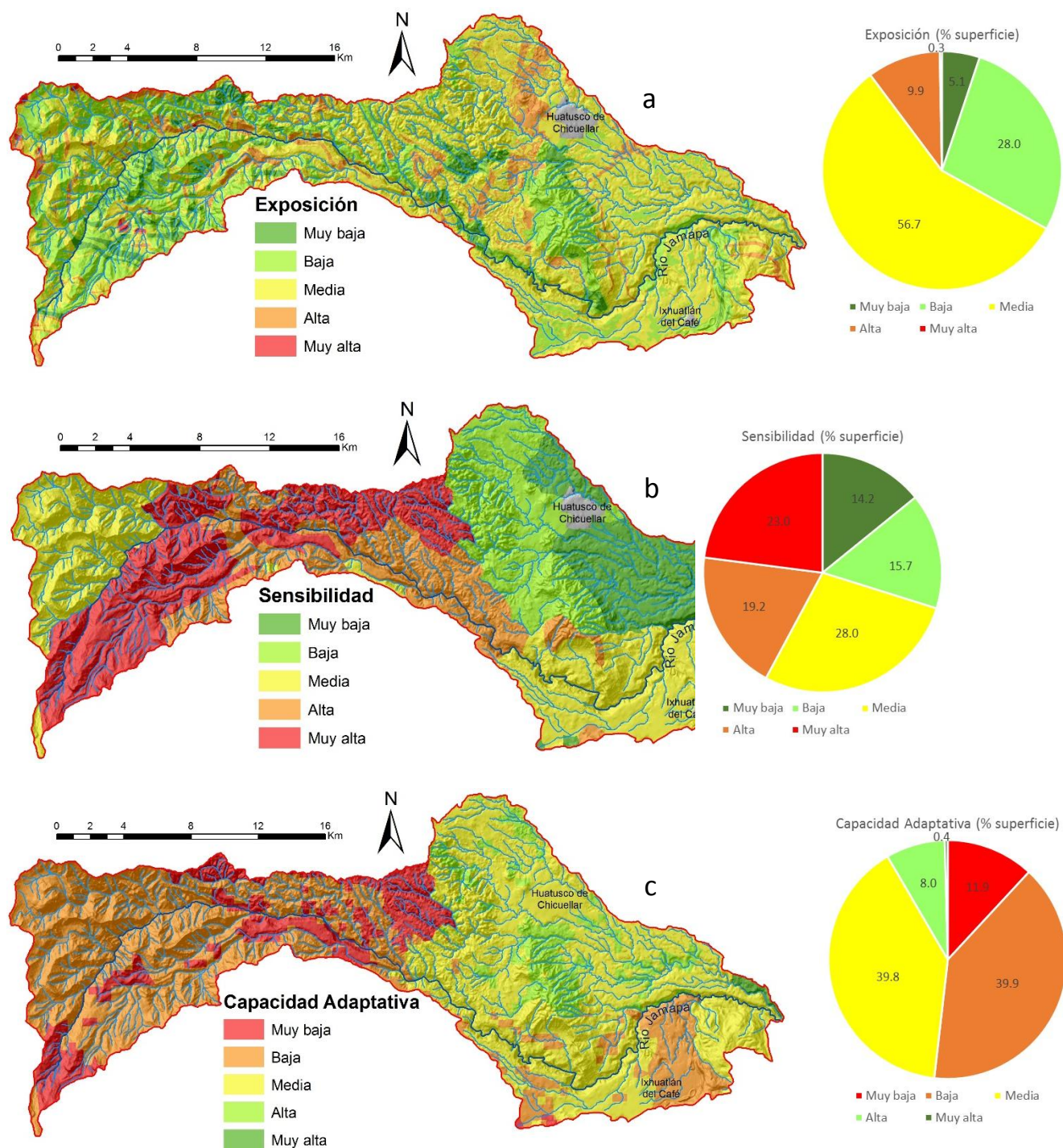


Figura 1. Distribución de la exposición (a), sensibilidad (b) y capacidad adaptativa (c) al cambio climático en la subcuenca Huatusco.

En la variable sensibilidad se observa que las categorías Media y Muy alta son las que registran la mayor superficie con el 28 % y 23 % respectivamente. Las zonas con sensibilidad Muy alta se

presentan principalmente dentro de los municipios de Calchahualco, Veracruz y Chichiquila, Puebla, los cuales presentan los niveles más altos de sensibilidad en los indicadores sociales como son la carencia en los servicios de salud, seguridad social, calidad y servicios de vivienda, así como la carencia en el acceso a la alimentación. Con relación a los indicadores de sensibilidad en la categoría agricultura se observa que la distribución del maíz con el modelo REA de cambio climático registra un incremento de aptitud en la mayoría de la subcuenca, con excepción de la zona central del municipio de Calchahualco en donde se registra que para el año 2025 la humedad almacenada en el suelo no será suficiente para satisfacer las necesidades hídricas del cultivo. En cuanto al café se observa que con el escenario de cambio climático la aptitud del cultivo se incrementará hacia zonas más altas como son los límites entre Huatusco y Calchahualco, por el contrario, las partes bajas del municipio de Huatusco y las partes altas del municipio de Tepatlaxco disminuirán aptitud por el déficit de humedad en el suelo.

La capacidad adaptativa en la subcuenca se distribuye entre las categorías Baja (39.9 %) y Media (39.8 %). Las zonas centro y oeste de la subcuenca es donde dominan las categorías Baja y Muy baja, así como en las cercanías de la cabecera municipal de Ixhuatlán del Café que registran la categoría Baja. Al norte y sur de la ciudad de Huatusco de Chicuellar se presentan las zonas con capacidad adaptativa Alta y cerca de la salida de la cuenca en la zona este se ubica el área con capacidad adaptativa Muy alta que registra una superficie del 0.4 %.

La vulnerabilidad al cambio climático en la subcuenca Huatusco se presenta en la Figura 2. Las zonas con vulnerabilidad Muy alta ocupan el 23.6 % y se presentan en el centro y al suroeste de la subcuenca, similar a la variable sensibilidad, estas áreas corresponden en gran medida a los municipios de Calchahualco y Chichiquila. Las zonas con vulnerabilidad Alta ocupan el 23.8 % de la superficie y se registran al noroeste, centro y sureste de la subcuenca.

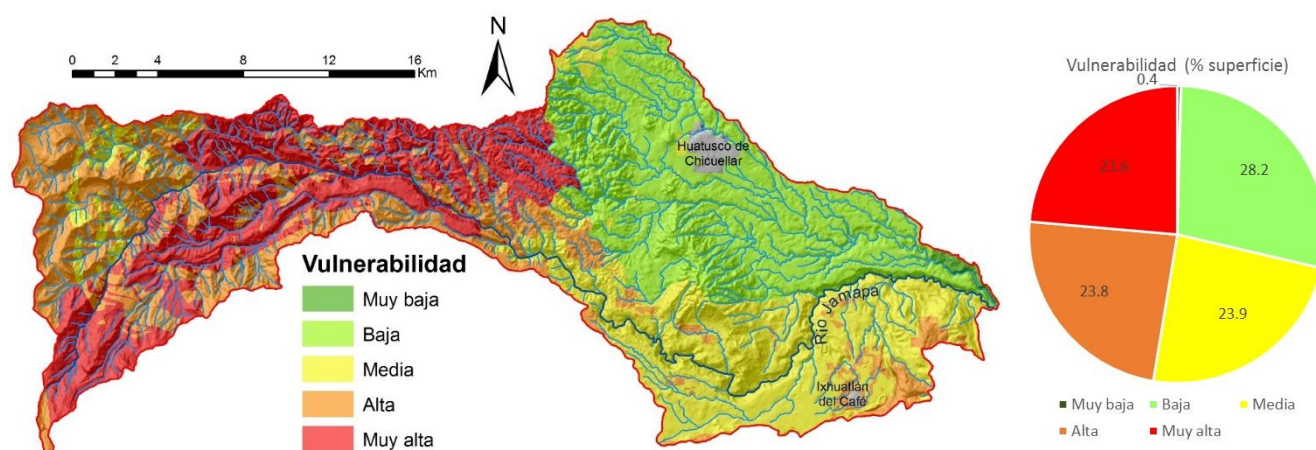


Figura 2. Distribución de la vulnerabilidad al cambio climático en la subcuenca Huatusco.

En las zonas sur y sureste, dentro del municipio de Ixhuatlán del Café principalmente, se ubica la mayor proporción de las áreas con vulnerabilidad Media que en total ocupa el 23.9 % de la

subcuenca. Las categorías de vulnerabilidad Baja y Muy baja ocupan el 28.2 % y el 0.4 % respectivamente. Las zonas con los niveles más bajos de vulnerabilidad se ubican al norte y noreste de la subcuenca, principalmente dentro de los límites del municipio de Huatusco.

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La evaluación multifactorial de la vulnerabilidad al cambio climático a nivel de cuenca permite identificar los sectores del sistema que fomentan o disminuyen la vulnerabilidad. En la subcuenca Huatusco se percibe un nivel medio-bajo de exposición debido principalmente a la presencia de ecosistemas conservados como son los bosques mesófilos de montaña y los bosques templados, así como a la poca presencia de eventos extremos como son las sequías e impacto de ciclones tropicales. Se identificó que los niveles obtenidos de sensibilidad obedecen a la magnitud de los indicadores sociales en cada uno de los municipios. Las carencias a las que están expuestas las comunidades humanas (pobreza, migración e inseguridad) incrementan la sensibilidad de los diversos sistemas de la subcuenca. En el sector agrícola no se perciben disminuciones considerables en la distribución de los dos cultivos analizados (café y maíz) con cambio climático, sin embargo, se registran zonas donde empiezan a observarse limitantes de humedad en el suelo y posiblemente para horizontes de tiempo más amplios (2050, 2080) se acrecentarán estas condiciones de falta de agua para los cultivos. La capacidad adaptativa está íntimamente relacionada con las condiciones de analfabetismo de las comunidades que se presentan en la subcuenca. Municipios que registran los niveles más bajos de escolaridad y que no reciben apoyos por parte de alguna dependencia gubernamental, o que tienen una baja proporción de unidades de producción que reciben capacitación son las áreas con menor capacidad adaptativa.

Con base en los resultados de vulnerabilidad se observa que los productores minifundistas con un nivel alto de analfabetismo y no organizados es el grupo social-rural más vulnerable ya que los cambios en precipitación y temperatura afectarán directamente a los cultivos de temporal. Por otro lado, las poblaciones urbanas de Huatusco de Chicuellar e Ixhuatlán del Café son las áreas más vulnerables con base en la provisión de agua para consumo humano debido a que la carencia del líquido en cantidad y calidad puede ocurrir por la posible disminución de la infiltración al subsuelo, el incremento del escurrimiento superficial y el crecimiento poblacional.

Los datos obtenidos en la presente investigación pueden utilizarse como base para futuros estudios que se enfoquen en el desarrollo de estrategias de adaptación y mitigación al cambio climático en los sectores ambiental, social, económico y agrícola.

5. AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Universidad Autónoma Chapingo por el financiamiento recibido para el desarrollo de la presente investigación a través del Centro de Investigaciones para el Desarrollo de las Regiones Cafetaleras (CENIDERCAFE).

6. LITERATURA CITADA

- CICC. 2007. Estrategia nacional de cambio climático. Comisión Intersecretarial de Cambio Climático, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México.
- CONAGUA. 2010. Hidrología superficial de la República Mexicana escala 250,000. Comisión Nacional del Agua. México.
- Cortés, J.I., A. Turrent, P. Díaz, E. Hernández, R. Mendoza y E. Aceves. 2005. Manual para el establecimiento y manejo del sistema milpa intercalada en árboles frutales en laderas. Colegio de Postgraduados. México. 27 pp.
- Cotler, H., A. Garrido, V. Bunge y M.L. Cuevas. 2010. Las cuencas hidrográficas de México: priorización y toma de decisiones. En: Cotler, H. (Coord.). Las cuencas hidrográficas de México. Diagnóstico y Priorización. Instituto Nacional de Ecología. México. p. 210-215.
- García, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- Gómez, J.D., J. Etchevers, A. Monterroso, C. Gay, J. Campo y M. Martínez. 2008. Spatial estimation of mean temperature and precipitation in areas of scarce meteorological information. *Atmósfera* 21(1): 35-56
- INAFED. 2010. Sistema Nacional de Información Municipal. Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal. México. (programa informático).
- INEGI. 2005. Conjunto de datos de geología escala 1:250,000. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México. (cartografía digital).
- INEGI. 2010. Conjunto de datos de hidrología escala 1:250,000. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México. (cartografía digital).
- INEGI. 2010. Conjunto de datos de suelos escala 1:250,000. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México. (cartografía digital).
- INEGI. 2011. Censo nacional de población y vivienda 2010. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México.
- INEGI. 2012. Continuo de elevaciones mexicano. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México. (cartografía digital).
- Monterroso, A.I., C. Conde, C. Gay, J.D. Gómez y J. López. 2012. Two methods to assess vulnerability to climate change in the Mexican agricultural sector. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 19(4): 445-461
- Monterroso, A.I., C. Conde, G. Rosales, J.D. Gómez y C. Gay. 2010. Evaluación de la aptitud actual y potencial del maíz de temporal bajo escenarios de cambio climático en México. *Atmósfera* 24(1): 53-67.
- Parry, M.L., O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden y C.E. Hanson (eds.). 2007. Climate change 2007: impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of working group II to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. E.U.A.
- Rivera, M.A. 1999. El cambio climático. Consejo Nacional para la Cultura y las Artes. México.
- Solomon, S., D. Quin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor y H.L. Miller (eds.). 2007. Climate change 2007: the physical science basis. Contribution of working group I to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. E.U.A.
- Tinoco, J.A., J.D. Gómez y A.I. Monterroso. 2011. Efectos del cambio climático en la distribución potencial del maíz en el estado de Jalisco, México. *TERRA Latinoamericana* 29(2): 161-168

Extenso ID: 86. Salvador Partida-Sedas, Adán Cabal-Prieto, Octavio Ruiz-Rosado. Víctor Daniel Cuervo-Orsorio, César Landeros-Sánchez. EFECTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA DISPONIBILIDAD DE AGUA: EL CASO DE HUATUSCO, VERACRUZ, MÉXICO

[Regresar al índice](#)

^aProfesor-Investigador. Instituto Tecnológico Superior de Huatusco. Avenida 25 Poniente No. 100 Colonia Reserva Territorial. Huatusco, Veracruz. salvador_partida@yahoo.com.mx

^bProfesor-Investigador. Instituto Tecnológico Superior de Huatusco. Avenida 25 Poniente No. 100 Colonia Reserva Territorial. Huatusco, Veracruz. adan.prieto@colpos.mx

^cProfesor-Investigador Titular. Colegio de Postgraduados Campus Veracruz. Predio Tepetates; Manlio Fabio Altamirano, Veracruz. octavior@colpos.mx

^d**Estudiante de Posgrado.** Colegio de Postgraduados Campus Veracruz. Predio Tepetates; Manlio Fabio Altamirano, Veracruz. vcuervo@colpos.mx

^eProfesor-Investigador Titular. Colegio de Postgraduados Campus Veracruz. Predio Tepetates; Manlio Fabio Altamirano, Veracruz. clanderos@colpos.mx

Resumen. Los servicios ambientales que proveen los ecosistemas constituyen el principal sustento para el ser humano; el agua en particular, es vital para generar alimentos en sistemas de producción agrícola e industrial. El presente trabajo, evalúa el impacto del cambio climático sobre la variabilidad en la disponibilidad del agua potable en el Municipio de Huatusco, Veracruz. Se analizó la tendencia histórica de variables climáticas para dos períodos treintañales consecutivos, la evolución en el número de usuarios de la red municipal y se estimó la vulnerabilidad de este recurso para los próximos veinte años.

Palabras clave. Vulnerabilidad, ecosistemas, cambio climático.

1. Introducción

De acuerdo con el Panel Internacional de Cambio Climático (IPCC, Manual sobre evaluaciones de vulnerabilidad y adaptación. Germany: United Nations Framework Convention on Climate Change, 2007), es posible que el ciclo hidrológico sea alterado por el cambio climático en formas diversas que pueden causar impactos sustanciales tanto en la disponibilidad de los recursos hídricos, como en su calidad; se podrán presentar cambios menos dramáticos pero igualmente importantes en el escurrimiento superficial a partir del hecho de que la cantidad de agua evaporada del paisaje y la transpirada por plantas, cambiará paralelamente a los cambios en la disponibilidad de humedad en la tierra y a la respuesta de plantas a las elevadas concentraciones de CO₂.

La disponibilidad de agua es uno de los componentes esenciales del bienestar y de la productividad. En la actualidad, 1.300 millones de personas no pueden abastecerse adecuadamente de agua potable, y 2.000 millones no tienen acceso a una higiene adecuada. Se espera que esta cifra se duplique de aquí al año 2025, en gran parte por el aumento de la demanda a que dará lugar el crecimiento económico y de población. (IPCC, Impactos Regionales del Cambio Climático, 1997).

De acuerdo con el PNUD, México se encuentra catalogado como un país con disponibilidad baja; esta clasificación toma en cuenta la disponibilidad media anual de agua por habitante, considerando la precipitación que recibe el territorio y su población, por lo tanto, el agua, es un recurso limitante de las posibilidades de crecimiento de las poblaciones (Quintas, 2011)

El cambio climático es la variación estadísticamente significativa, ya sea de las condiciones climáticas medias o de su variabilidad que se mantiene durante un período prolongado (generalmente durante decenios o por más tiempo) (IPCC, Manual sobre evaluaciones de vulnerabilidad y adaptación. Germany: United Nations Framework Convention on Climate Change, 2007). El cambio del clima puede deberse a procesos naturales internos o a un forzamiento externo, o a cambios antropógenos duraderos en la composición de la atmósfera o en el uso de la tierra. Las investigaciones sugieren que dentro de los fenómenos que tienen relevante importancia para inducir un cambio climático sobre la tierra están: la reducción de la capa de ozono de la estratósfera y la emisión de los gases que incrementan el efecto invernadero. Estos procesos se combinan y generan cambios importantes en cadena y se relacionan en forma de círculos viciosos, lo cual incrementa la magnitud del problema (Camacho, 2013)

Las predicciones no expresan con exactitud los efectos que el cambio climático puede provocar en los ecosistemas, pero si prevén que, como resultado de los cambios en la temperatura y regímenes de lluvia, se alteren diferentes ecosistemas con efectos a nivel global. De acuerdo con la Convención Marco sobre el Cambio Climático (CMCC), en su Artículo 1, define al cambio climático como: “cambio del clima atribuido directa o indirectamente a actividades humanas que alteran la composición de la atmósfera mundial, y que viene a añadirse a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables”.

La disponibilidad de agua en el Municipio de Huatusco, Veracruz es un asunto que no ha sido atendido en su justa dimensión. En los últimos 20 años, se han presentado fenómenos naturales y demográficos, puntuales y excepcionales: a) Crecimiento acelerado de la población, b) Cambio en el uso del suelo en una gran extensión del municipio y c) Variación de las condiciones climáticas locales. De acuerdo con (Landa, Magaña, & Neri, 2008), la baja eficiencia en la utilización del recurso hídrico contribuye a incrementar la problemática del sector. En torno a lo anterior, resulta imprescindible estimar hasta dónde es posible sustentar el crecimiento urbano y poblacional, evaluar los cambios en el clima y determinar si lo anterior tiene una relación directa con la disponibilidad del agua en un futuro cercano y el clima determina en gran medida, el volumen de agua disponible dentro de los ecosistemas, en el corto y largo plazo (Stakhiv, 2010).

El objetivo del presente trabajo es presentar evidencia disponible sobre el impacto y variabilidad del cambio climático en la disponibilidad de agua para la Ciudad de Huatusco, Veracruz. Así mismo, se compara la variabilidad en datos climáticos (temperatura y precipitación pluvial) del municipio para dos períodos consecutivos de treinta años, determinando si existe un cambio.

Cambio climático y disponibilidad de agua

El clima y sus variaciones siguen siendo uno de los elementos más determinantes en la disponibilidad de agua. En el caso de México, el cambio en la disponibilidad de agua a escala regional a lo largo del año es un tema de gran importancia debido a que en los últimos tiempos se ha pasado drásticamente de periodos de secas a periodos de inundaciones que han ocasionado desastres (por ejemplo 1997 a 1998). Resulta particularmente interesante poder conocer cómo se afectan ciertas actividades por el clima o qué cambios experimentarán las nuevas generaciones en relación con el cambio climático. (Landa, Magaña, & Neri, 2008)

Determinar la cantidad de agua disponible, permite a los organismos administradores del agua para actividades agrícolas, industriales y consumo humano, prever la tasa de cobertura de la demanda. Entonces, si existe variabilidad climática, los fenómenos asociados provocan incertidumbre para atender las necesidades de este recurso (González *et al*, 2004). A escala global se prevé que los efectos del cambio climático en los recursos hídricos serán extensos, pero de diferente signo de una región a otra, conforme a la latitud, altitud y condiciones orográficas. En algunas regiones del planeta ya se registran los primeros síntomas de afectación en los recursos hídricos. (Martínez-Austria & Patiño-Gómez, 2012)

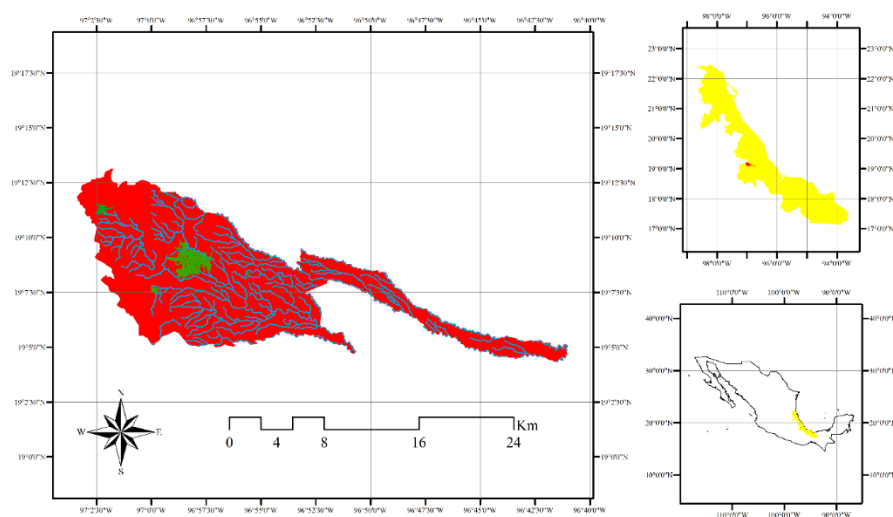
El cambio climático está afectando en diversas formas el ciclo hidrológico dentro de los ecosistemas; y éste, en términos de su importancia fundamental para la función del medio ambiente y la sostenibilidad, proporciona muchos bienes y servicios cruciales para los individuos y la sociedad, por ejemplo, purificación del agua, regulación de escorrentías y moderación de crecidas (IPCC, 1997). Las series históricas, consideradas hasta ahora como estadísticamente representativas del ciclo hidrológico local, no serán suficientes para la gestión futura del agua, por lo que será necesario contar con mejores modelos basados en escenarios de cambio climático. (Martínez-Austria & Patiño-Gómez, 2012)

Maderey (2000), propone una metodología donde el clima se considera un factor esencial a partir del cual se puede calcular el volumen medio de agua aprovechable sin afectar el medio, particularmente en lo que se refiere al agua de reserva de una cuenca. A partir del cálculo del volumen del agua disponible en una región hidrológica en particular, se puede realizar una modelación del volumen de agua aprovechable y la de reserva de las cuencas, la cual depende del clima de las mismas, aunque también la influencia del hombre es determinante. Una atmósfera más caliente de lo normal tiene la capacidad de mantener más vapor de agua. Si en dicha atmósfera se mantienen los mecanismos naturales para formar nubes y producir lluvias, las precipitaciones pueden ser más intensas, pero quizá menos frecuentes. En este sentido, es difícil determinar con precisión cómo afectan los cambios en el clima inducidos por el hombre a las lluvias regionales, pero a través de modelos numéricos del clima de alta resolución espacial, se comienza a analizar el problema. Son los cambios en el clima a escala global los más documentados. (Landa, Magaña, & Neri, 2008)

A saber, los factores que controlan el clima de una región son la latitud, la elevación, la topografía, su proximidad a largas masas de agua y las circulaciones atmosféricas dominantes. La influencia humana en el clima es un hecho. El cambio de uso de suelo asociado a la deforestación produce cambios en el clima al hacer que cambien tres factores a saber, el albedo, la rugosidad de la superficie y la humedad que retiene el suelo. El efecto conocido como “Isla de Calor” consiste en una elevación de la temperatura de superficie de más de dos grados en promedio. Incluso se ha encontrado que, por efecto de la urbanización, el ciclo hidrológico puede verse afectado, aumentando la precipitación y el número de eventos extremos de lluvia intensa. (Landa, Magaña, & Neri, 2008)

2. Materiales y Métodos

Descripción del Sitio de estudio. El municipio de Huatusco se encuentra localizado en la zona centro - occidental del estado de Veracruz, México; entre las coordenadas 97° 04' - 96° 41' Longitud Oeste y 19° 04' – 19° 13' Latitud Norte (Figura 1); posee una superficie total de 202 Km² con una altitud entre 400 y 2000 msnm; su temperatura media anual es de 19.5° y posee una precipitación promedio de 1941.7 mm (CICESE, 2013).



*Figura 4. Municipio de Huatusco, Ver. MEX.
Fuente de Elaboración propia*

Cuenta con 77 localidades y una población total de 54 561 habitantes, se caracteriza por una vocación agrícola (53.9 % Agricultura y 23.5 % Pastizal cultivado) y cuenta con una superficie importante de bosque Mesófilo de Montaña (16.7 %); colinda al norte con el estado de Puebla y los municipios de Tlaltetela, Totutla, Sochiapa y Comapa; al este con los municipios de Comapa y Zentla; al sur con los municipios de Zentla, Tepatlaxco, Ixhuatlán del café y Coscomatepec; al oeste con el municipio de Coscomatepec y el estado de Puebla. (INEGI, 2013)

Metodología. Para efectos del presente trabajo de investigación, se describe a continuación el proceso bajo el cual se estima el efecto del cambio climático sobre la disponibilidad de agua en el municipio:

- a) **Estimación de variables climáticas.** Se procedió a realizar una revisión de datos meteorológicos históricos reportados en la Estación Meteorológica 30066 de la Ciudad de Huatusco.
- b) **Determinación de principales cambios en variables climáticas.** Se analizaron dos períodos consecutivos de 30 años con datos provenientes de la estación a partir de 1940.
- c) **Determinación de la demanda del recurso hídrico en el municipio.** Se realizó una entrevista con el encargado del Sistema operador de agua potable y saneamiento de la ciudad de Huatusco para conocer las principales problemáticas relativas al servicio de dotación y operación del agua potable y alcantarillado del municipio de Huatusco.
- d) **Evaluación del efecto del cambio climático sobre la disponibilidad de agua en el Municipio.** Conociendo el cambio en las variables climáticas y las principales problemáticas que enfrenta el servicio operador de agua potable, se estiman los posibles efectos que tendría el cambio climático en la disponibilidad de este recurso en el municipio.

3. Resultados

Comparación de variables climáticas.

El clima y el ciclo hidrológico están estrechamente vinculados; de tal suerte que el incremento de temperatura y la variación en la precipitación esperados en los escenarios más probables de cambio climático tendrá un impacto importante en la disponibilidad de los recursos hídricos del mundo en general y de México en particular.

Los datos diarios reportados por la estación para los valores de la temperatura máxima diaria y precipitación pluvial correspondiente a los periodos 1940 – 1969 y 1970 – 2000 (Fig. 2 y 3).

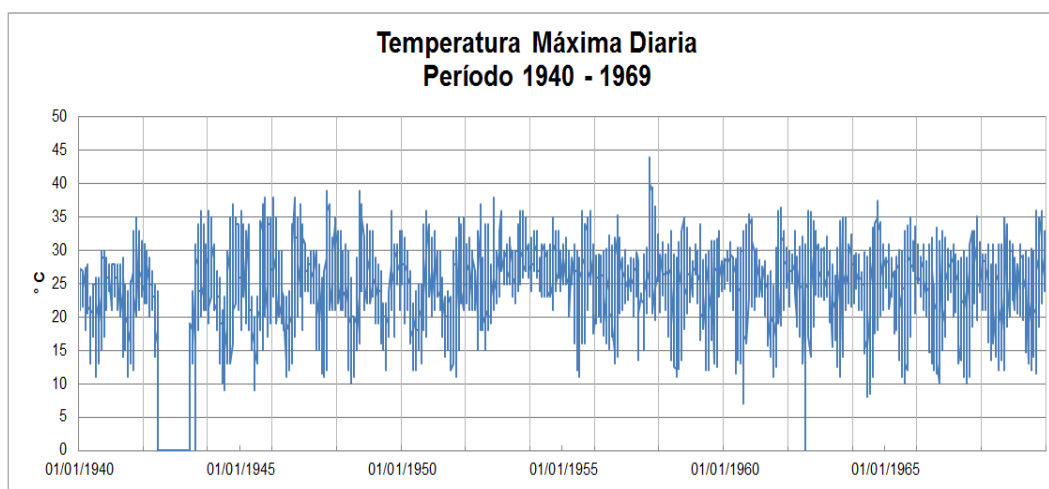


Figura 2. Comportamiento de la Temperatura Máxima Diaria reportada en la estación meteorológica de Huatusco, Veracruz. Período 1940 - 1969. Fuente (CICESE, 2013)

Se puede apreciar, que durante un año no hubo registro de datos de temperatura máxima en la estación meteorológica, por lo demás se obtuvieron registros durante el periodo analizado. En la Figura 2, se encuentran reportados los mismos datos de temperatura máxima diaria para el período 1970 – 2000, en donde se observan dos fenómenos extremos: una temperatura de 44°C registrada el 2 de agosto de 1983 y dos temperaturas menores a los 7 grados en los años de 1990 y 1998.

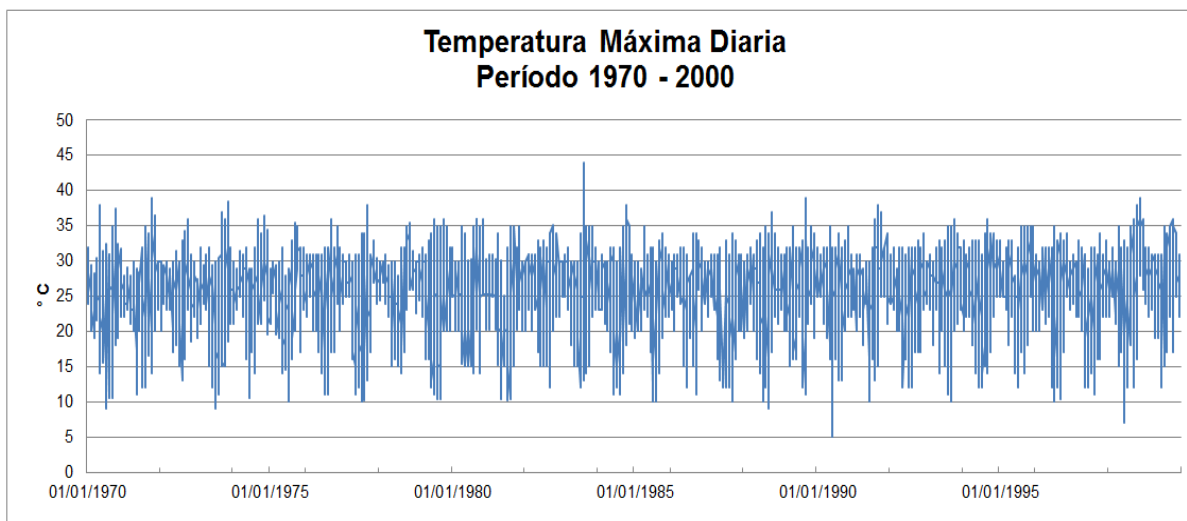


Figura 3. Comportamiento de la Temperatura Máxima diaria reportada en la estación meteorológica de Huatusco, Veracruz. Período 1970 - 2000. Fuente (CICESE, 2013)

En cuanto a los datos de precipitación reportados en la estación meteorológica, en las figuras 4 y 5 se muestra el comportamiento diario del volumen en mm de H₂O para los dos períodos indicados.

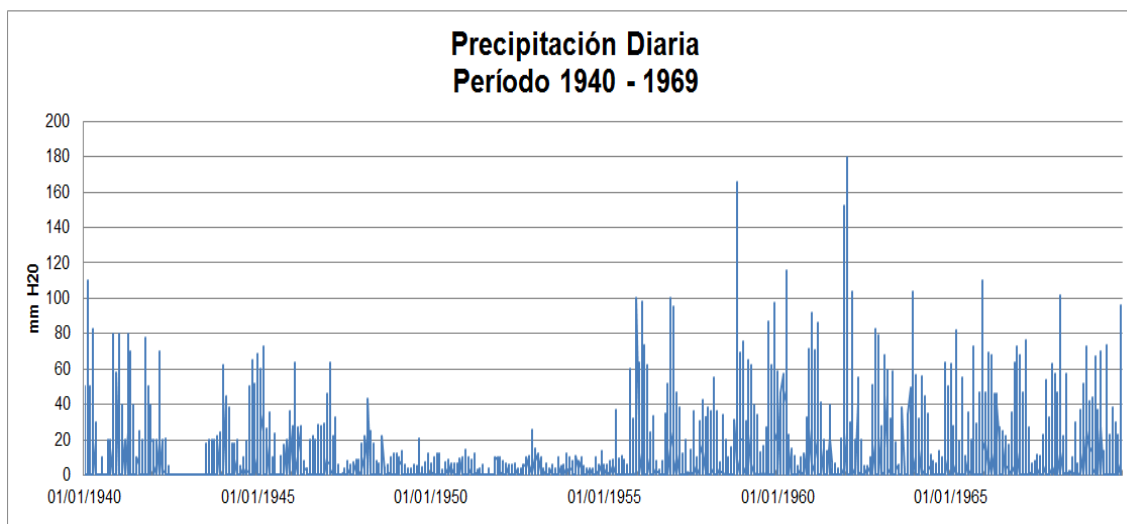


Figura 4. Comportamiento de la Precipitación Diaria reportada en la estación meteorológica de Huatusco, Veracruz. Período 1940 - 1969. Fuente (CICESE, 2013)

Se puede observar que entre 1947 y 1955 se presentó una época de baja precipitación; así mismo, en cuanto al número de eventos con una precipitación mayor a 80 mm, se tiene un registro total de 27, mientras que para el período de 1970 al 2000, se presentaron 61 eventos con una precipitación mayor a 80 mm.

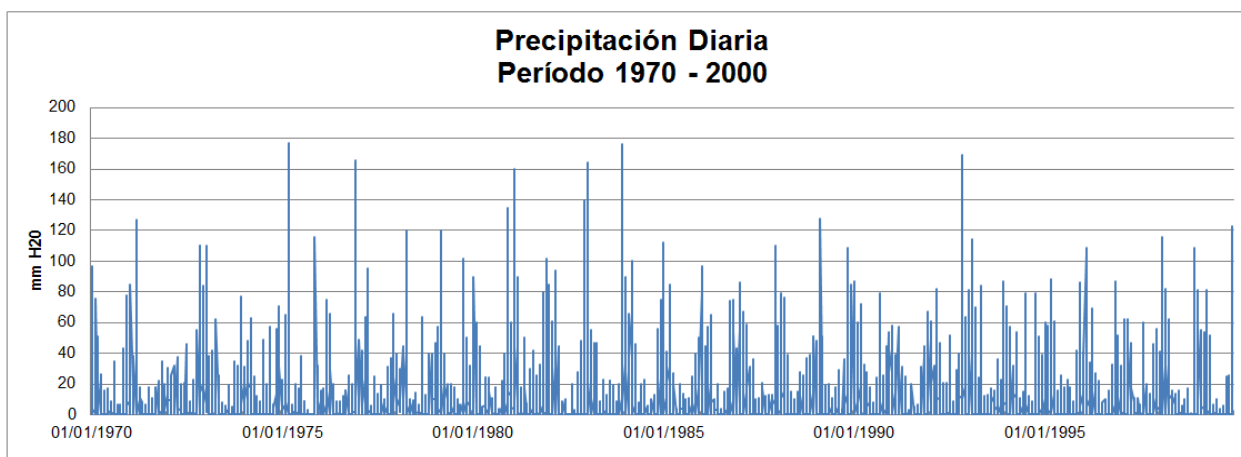


Figura 5. Comportamiento de la Precipitación Diaria reportada en la estación meteorológica de Huatusco, Veracruz. Período 1970 - 2000. Fuente (CICESE, 2013)

Para contar con una referencia global acerca de la variabilidad climática de la Ciudad de Huatusco, en el cuadro 1 se presentan de forma resumida un análisis de los datos reportados por la estación meteorológica, comparando los dos períodos indicados en el estudio.

Cuadro 1. Análisis de datos climáticos de la estación meteorológica de la Ciudad de Huatusco; Veracruz para dos períodos consecutivos 1940 – 1969 y 1970 – 1999

Variables	1940 – 1969		1970 – 1999	
	Temperatura Máxima (°C)	Precipitación (mm H ₂ O)	Temperatura Máxima (°C)	Precipitación (mm H ₂ O)
Promedio	25.19	4.46	26.28	5.55
Desviación Estándar	4.66	10.94	4.53	13.29
Varianza	21.72	119.71	20.55	176.75
Moda	27	0	29	0
Mediana	26	0	27	0
Valor Máximo	44	180	44	177
Valor Mínimo	7	0	5.1	0
No. Datos	10590	10572	10917	10926

El municipio de Huatusco cuenta con una población de 54,561 habitantes, localizada en la región central del estado de Veracruz, cuenta con 12,827 hogares y un promedio de 4.3 personas por vivienda (INEGI, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, 2010). Actualmente el servicio de agua potable lo provee la Comisión Municipal de Agua Potable y Saneamiento (CMAPS), quien inició operaciones el 1º de septiembre de 1951, mediante la instalación de una red pública que atendía a 600 usuarios. En 2012, CMAPS registró un total de 8,566 usuarios y facturó un volumen total de agua para ese año de 1'517,420 m³ (Serna, 2013).

En palabras del Director de la Comisión Municipal de Agua Potable y Saneamiento de Huatusco, en los últimos cinco años de operación del sistema, el organismo ha enfrentado severos problemas operativos en términos de su capacidad instalada:

- Red pública ineficiente con altas pérdidas por fugas de agua
- Equipo e infraestructura obsoleta con más de 40 años de operación
- Alto consumo de energía eléctrica para la operación del equipo de bombeo (2'000,000 KW/Año)
- Sistema de almacenamiento insuficiente.
- Nulo tratamiento de las aguas de desecho.

La CMAPS cuenta con un título de concesión por 35 años, emitido en septiembre de 2012 por la Comisión Nacional del Agua, en donde establece una extracción anual de 1'969,040 m³ de agua, provenientes de tres acuíferos: Manantial “Axol” con una capacidad de extracción de 1'419,200 m³/año, Arroyo el “Naranjo Agrio” con capacidad de 207,360 m³/año y la galería filtrante “Coxolo” con capacidad de 342,480 m³/año todos pertenecientes a la cuenca del Río Jamapa.

En el Cuadro 2 se indican datos relevantes al Sistema Municipal de Agua Potable de la ciudad de Huatusco, Veracruz:

Cuadro 2. Número y tipo de usuarios de la red pública municipal de agua potable. Fuente (CMAPS, 2012)

Servicio de Agua Potable				
Tipo de Usuario	Núm. de tomas	Volumen (m³)	m³ toma/Año	Proporción
Domésticos	7,657	1'295,649	169.2	89.4%
Comerciales	899	214,791	238.9	10.5%
Industriales	10	6,980	698.0	0.1%
Servicios	0	0	0.0	0.0%
Otros	0	0	0.0	0.0%
Totales	8,566	1'517,420	1,106.1	100.0%

De acuerdo con los datos reportados en el informe anual 2012 de la CMAPS, de la totalidad de las tomas de agua potable, 8219 están conectadas a la red de alcantarillado lo cual constituye el 96 % del total. Asociado a los problemas operativos de dotación de agua, las condiciones climáticas de la región de Huatusco han cambiado en los últimos treinta años, se aprecia una marcada época de estiaje durante los meses de marzo a junio, donde se ha recurrido a brindar el servicio de forma interrumpida en ciertos lapsos de tiempo y áreas de la red pública municipal, porque no se cuenta con la capacidad de dotar de este vital líquido de forma constante a toda la población.

4. Discusión, conclusiones y recomendaciones

De acuerdo con los datos obtenidos, se aprecia que las condiciones actuales de operación del Sistema de Agua Potable se encuentran al 77% de la utilización de la concesión otorgada por parte de la Comisión Nacional de Agua (Serna, 2013).

El crecimiento anual promedio en el número de usuarios de la red es de cuatrocientos, esto se traduce en un incremento anual de 70 mil metros cúbicos por año, que, a efectos del volumen autorizado de extracción, bajo la tendencia de crecimiento observado, al 2018 se estaría alcanzando la totalidad del volumen concesionado.

Cuando las fuentes de abastecimiento se ven disminuidas en los meses de febrero a abril se hace evidente la desigualdad en el acceso al recurso en casi todo el país. El agua se raciona mediante tandeos, por lo que la gente trata de almacenar la mayor cantidad posible del líquido, pero no todas las personas cuentan con medios para hacerlo. (Landa, Magaña, & Neri, 2008)

La evidencia estadística indica que han cambiado las condiciones climáticas en el municipio de Huatusco en los últimos años; para los dos períodos analizados, el promedio de la temperatura máxima observada aumentó en 1.09°C, mientras que el promedio de la precipitación diaria se incrementó en 1.11 mm, el número de eventos con lluvias superiores a los 80 mm fue más del doble.

Se observa en el segundo período evaluado, mayor cantidad de lluvias y un comportamiento más uniforme en términos de temperaturas máximas, con marcada tendencia hacia el incremento. El cambio climático está contribuyendo a la producción de cambios locales en el medio ambiente que favorece que se establezcan patógenos o sus vectores en nuevas localizaciones geográficas (Tirado, 2010).

Conclusiones

Garantizar la disponibilidad de agua para consumo humano es uno de los principales desafíos que afronta la humanidad hoy en día, el manejo que debe darse a este recurso, debe avalar su accesibilidad presente y futura. Los recursos hídricos de la población del municipio de Huatusco, están sujetos al manejo y administración de una comisión municipal, la cual presenta problemas en la estimación de volumen de agua disponible y proyección ante un panorama futuro.

Como se observa en el caso de Huatusco, el cambio climático inevitablemente desafiará a las prácticas existentes de administración del agua, especialmente en la incorporación de incertidumbres a la planificación del agua y con menos recursos financieros e institucionales. La demanda se ha venido incrementando de manera continua debido al incremento de la población y al desarrollo económico; inevitablemente, esta tendencia continuará en los próximos años, aunque el agua disponible ya está comprometida para las diversas actividades.

Quizá la variable meteorológica de más valor, desde el punto de vista socioeconómico, sea la precipitación, dado que de ella depende el agua disponible que cada año es utilizada. Por este motivo, hoy en día se trabaja en mantener un esquema de estadísticas climáticas e incluso de pronóstico climático que dé como resultado información sobre los recursos hídricos.

Recomendaciones

Sin duda el agua es actualmente escasa para al menos de la mitad de la población en México y este problema se está agudizando desde hace décadas y aún continuará esta tendencia por lo que es necesario tomarlo en cuenta para la planeación territorial y las políticas públicas relacionadas con los asentamientos humanos, la planeación industrial y manejo de los recursos para la agricultura. (Quintas, 2011). Para reducir la vulnerabilidad potencial de los sistemas hídricos frente al cambio climático se debe fomentar prácticas de determinación de precios y de gestión apropiadas. (IPCC, Impactos Regionales del Cambio Climático, 1997).

Las tendencias en cuanto a la situación actual de los centros urbanos muestran claramente el incremento de la dependencia de suministros de agua cada vez más lejanos; por tanto, es necesario contar con instrumentos de planeación territorial compatibles con las estrategias de adaptación al cambio a nivel de las comunidades que aún están por hacerse. Conocer la disponibilidad de agua es uno de los factores esenciales para la planeación territorial que permita el desarrollo armónico de la sociedad, economía y el medio ambiente. (Quintas, 2011)

Los ayuntamientos, aunque están más involucrados con los problemas de los usuarios y con sus decisiones, son instancias que no cuentan con recursos económicos ni con suficientes capacidades para potenciar la instrumentación de estrategias de adaptación y atender eficientemente la complejidad de los problemas vinculados con cambio climático; tal y como lo establece (Landa, Magaña, & Neri, 2008), es muy importante promover que el conocimiento científico y la información gubernamental que llegan a la población, tengan la credibilidad requerida para promover acciones que favorezcan la adaptación de distintos sectores. Igualmente se requiere que los habitantes conozcan las acciones institucionales relacionadas con el agua y el clima, así como los instrumentos de gestión ambiental vigentes.

5. Agradecimientos

Se agradece la información facilitada por parte del Director y funcionarios de la Comisión Municipal de Agua Potable y Saneamiento de Huatusco, Veracruz para la elaboración del presente trabajo de investigación.

Referencias

- Australian-Government. (5 de Diciembre de 2013). *Australian Climate Change Science Programme*. Recuperado el 5 de Diciembre de 2013, de <http://www.cawcr.gov.au/projects/climatechange/index.shtml>
- Camacho, G. H. (2013). Índice de vulnerabilidad y costos de adaptación al cambio climático. Caso Sistema de agua municipal de la ciudad de Mexicali. *IIIer Congreso Nacional de Manejo de Cuencas Hidrográficas*, X-55-67.
- CICESE. (2013). *Datos climáticos diarios del CLICOM del SMN con gráficas del CICESE*. Recuperado el 14 de Noviembre de 2013, de BASE DE DATOS CLIMATOLÓGICA NACIONAL (SISTEMA CLICOM): <http://clicom-mex.cicese.mx/>
- CMAPS, H. (2012). *Infraestructura de Agua potable, alcantarillado y tratamiento de la comisión municipal de agua de Huatusco, Veracruz*. Huatusco, Veracruz: Comisión Estatal del Agua.
- Gay García, C. (. (2000). *México: Una visión hacia el siglo XXI. El cambio climático en México*. . México, D.F.: Instituto Nacional de Ecología - UNAM.

- González Chávez, M., Carrillo González, R., & Pérez Moreno, J. (2004). *Asómate a conocer que es el cambio climático global*. Texcoco, México: COLPOS.
- Hernández Bedolla, J., S., S. Q., & Domínguez Sánchez, C. (2013). Gestión de los efectos del cambio climático sobre la disponibilidad del agua de la subcuenca del río grande de Morelia. *IIIer Congreso Nacional de Manejo de Cuencas Hidrográficas*, X-27-39.
- Hernández, L. (2007a). *Efectos del cambio climático en los sistemas complejos de recursos hídricos. Aplicación a la Cuenca de Júcar*. Valencia, España: Tesis Doctoral.
- Houghton, J. T. (1992). *Climate Change 1992. The Supplementary report to the IPCC scientific assessment*, WMO, UNEP, . IPCC Cambridge University Press, p. 16.
- INEGI. (Noviembre de 2010). *Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática*. Recuperado el 21 de Noviembre de 2013, de <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx?e=30>
- INEGI. (2013). *Compendio de información Geográfica Municipal 2010 - Huatusco*. Aguascalientes, Ags.: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.
- IPCC. (1997). *Impactos Regionales del Cambio Climático*. Estocolmo, Suecia: IPCC.
- IPCC. (2001). *Cambio Climático 2001: Impactos, adaptación y vulnerabilidad. Contribución del grupo de trabajo II al tercer Informe de Evaluación*. Ginebra: IPCC.
- IPCC. (2007). *Cambio climático Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*. Ginebra, Suiza: IPCC.
- IPCC. (2007). *Manual sobre evaluaciones de vulnerabilidad y adaptación. Germany: United Nations Framework Convention on Climate Change*. IPCC.
- Landa, R., Magaña, V., & Neri, C. (2008). *Agua y clima: elementos para la adaptación al cambio climático*. México, D.F.: Centro de Ciencias de la Atmósfera-UNAM. Recuperado el 31 de Agosto de 2016
- Laura Elena Maderey R., A. J. (2000). Los recursos hidrológicos del centro de México ante un cambio climático global. En I. -UNAM, *México: Una visión hacia el siglo XXI. El cambio Climático en México* (págs. 39-53). México, D.F.: INE - UNAM.
- Martínez-Austria, P. F., & Patiño-Gómez, C. (2012). Efectos del cambio climático en la disponibilidad del agua en México. (I. M. Agua, Ed.) *Tecnología y Ciencias del Agua*, III(1), 5-20. Recuperado el 31 de 08 de 2016
- Munang, R., Rivington, M., Takle, E., Mackey, B., Thiaw, I., & Liu, J. (2010-1). Climate information and capacity needs for ecosystem management under changing climate . *Procedia. Enviromental Sciences*, 206-227.
- Quintas, I. (2011). El cambio climático y el caso del agua en México. En UAM-X, *La UAM ante la sucesión presidencial: Propuestas de política económica y social para el nuevo gabierno* (págs. 337-351). Mexico, D.F.: Departamento de Producción Económica. Recuperado el 31 de Agosto de 2016
- Serna Rosero, L. (18 de Noviembre de 2013). Estado actual del Sistema Municipal de Agua Potable de la Ciudad de Huatusco, Veracruz. (S. Partida Sedas, Entrevistador)

Extenso ID: 349. Lucia Almeida, Javier Álvarez, Víctor Ávila, Guadalupe Barajas, Inti Burgos, Javier Carmona, María Teresa González, María Engracia Hernández, Enrique Cantoral. LA CUENCA DEL RÍO MAGDALENA EN LA CIUDAD DE MÉXICO ANTE ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO

[Regresar al índice](#)

¹ Facultad de Ciencias de la UNAM; ² Universidad Autónoma del Estado de México, ³ Instituto de Geografía -UNAM

Resumen:

La Cuenca del río Magdalena (CRM) en la Ciudad de México, presenta características especiales e información de línea base, que permiten modelar su estado ante escenarios de cambio climático, lo cual es el objetivo de este estudio. Se cuenta con información climática, de biodiversidad, vegetación, servicios ecosistémicos y de procesos ecosistémicos e indicadores. La CRM se encuentra dentro de la región climática Centro. Sus bosques están conservados y representan los principales tipos de vegetación templada de México. Con 635 especies vegetales, de las cuales 209 se consideran útiles, estos bosques son biodiversos y proveen servicios ecosistémicos importantes para la Ciudad de México, entre los que destacan: almacén de carbono, provisión de agua y recreación de los habitantes de la ciudad. Se cuenta, además, con indicadores biológicos de suelo y de la relación biota edáfica-vegetación, prestando especial atención a los procesos del ecosistema y la productividad primaria neta anual (PPNA) en el bosque de oyamel (*Abies*) que presenta valores similares a la media máxima de PPNA reportada a nivel mundial. En el caso de los indicadores acuáticos, la mayoría de las algas muestran afinidad por ambientes fríos y oligotróficos, con una gran abundancia durante la temporada de secas frías y en los sitios con mayor altitud, así como en las menores concentraciones de nitrógeno inorgánico disuelto y fósforo reactivo soluble. A partir de los resultados de este trabajo y de mapas de vulnerabilidad de la vegetación ante los efectos del cambio climático global, se proponen las siguientes medidas para la CRM: 1.- conservar la vegetación nativa actual para mantener la provisión de servicios ecosistémicos (agua, carbono entre otros); 2- establecer estrategias de migración asistida o manejo genético para favorecer al bosque de *Abies religiosa*, por los cambios esperados en precipitación y temperatura, a corto plazo y 3.- frenar la expansión de la mancha urbana, causa principal de pérdida de cobertura forestal por el cambio de uso de suelo.

Palabras Clave: servicios ecosistémicos, mitigación, indicadores ambientales, ciudad de México

[Regresar al índice](#)

UAM-A fssosa@gmail.com

RESUMEN

La Ciudad de México enfrenta serios desafíos para proveer con agua suficiente y segura a sus habitantes. Evidentemente, estos desafíos no se reducen a los impactos que las variaciones climáticas pudieran tener en materia de suministro, calidad del agua, disposición y tratamiento; también incluyen el crecimiento urbano desordenado, la elevada concentración demográfica y urbana, y los cambios de uso de suelo. De acuerdo a los resultados de 67 Modelos de Circulación General (GCMs) ajustados a la escala de la Ciudad de México, se proyectan que la temperatura media anual podría aumentar en hasta 2.8°C para las décadas de los 2070s—valor que supera los 2°C de aumento definidos como límite para que el clima global sea irreversible. En términos de la precipitación anual, ésta se proyecta que disminuirá en promedio en hasta 10.4% para las décadas de los 2070s. Evidentemente, estas variaciones climáticas tendrán repercusiones en el suministro y calidad del agua que reciben los habitantes de la capital del país. Esta investigación tiene como fin analizar cómo las variaciones climáticas afectarán la calidad y cantidad del agua que recibe la población, qué impactos enfrentara este sector, qué medidas de adaptación se han implementado para reducir la vulnerabilidad de la ciudad a problemas relacionados con el agua y cuales se requieren llevar a cabo. Esta es una investigación en curso, por ende, los resultados de esta primera fase serán un insumo para determinar qué grupos y zonas de la Ciudad de México son los más vulnerables a estas variaciones, además de apoyar la construcción de un modelo de toma de decisiones que guíe la gestión y la política del agua.

Abstract

Mexico City faces serious challenges to provide sufficient and safe water to its inhabitants. These challenges are related to the impacts that climate variations may have on water supply, the quality of water, and wastewater disposal and treatment. Based on the results of 67 General Circulation Models (GCMs) downscaled to Mexico City, it is projected that the annual average temperature could rise by up to 2.8 °C in the 2070s— over the 2 °C increase forecast as the tipping point for irreversible global climate change. The annual rainfall is projected to decrease by up to 10.4 % in the 2070s. However, two GCMs (IPSLCM4-SR-A1B (created by the Institut Pierre Simon Laplace (IPSL), France) and A2) projected a decrease in precipitation of up to 50 %, between 2020s and 2070s. A decrease of this magnitude is very unlikely; however, if it were to occur, Mexico City would not have sufficient water to fulfill basic needs and the requirements of economic activities. These climatic variations will impact water supply and the quality of water received by the city's inhabitants. This research aims to analyze how climate variations affect the quality and quantity of water, the impacts this sector faced, the adaptation measures implemented to reduce the city 's vulnerability, and the actions still required to reduce vulnerability and enhance the city's resilience. This is an ongoing research; therefore, the results of this stage will be an input for determining the groups and areas of Mexico City that will be the most affected by climate change, in addition to supporting the design of a decision-making model that will guide water management.

1. Introducción

Nuestro tiempo se caracteriza por permanentes y sistemáticos cambios; quizás la incertidumbre que vivimos hoy en día sea mayor en comparación con otras épocas en la historia humana. Con los avances en la ciencia y la tecnología, la velocidad de los cambios que enfrenta la humanidad ha aumentado, y junto con ello, la dificultad para predecir los impactos que las acciones humanas causarán sobre el medio ambiente, la población y sus ciudades. Las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), resultado del desarrollo económico y la expansión urbana a lo largo del siglo XX, han provocado que los parámetros climáticos varíen en todos los rincones del mundo. No se sabe con certeza la velocidad ni la intensidad de estos cambios o sus impactos, lo cual incrementa la exposición de los grupos más vulnerables y los sectores económicos con menores capacidades de adaptación. Se proyecta que la temperatura media mundial aumentará entre 1.1 y 6.4 °C para el año 2050 si las emisiones de GEI no se reducen. Sin embargo, aunque las emisiones se estabilicen, la temperatura global podría aumentar en 0.9 °C para el año 2100, trayendo consigo severas consecuencias negativas en todo el mundo (IPCC, 2007a).

Debido a que las variaciones en los parámetros climáticos pueden tener impactos negativos sobre la escasez del agua, el deterioro de su calidad y su desigual distribución, es indispensable desarrollar nuevas formas de gestión que tomen en cuenta los efectos del cambio climático sobre los recursos hídricos y el suministro de agua a la población. Dicha gestión, al tener en cuenta la incertidumbre y planear diversos cursos de acción bajo diferentes escenarios (climáticos, demográficos, económicos y políticos), podrá consolidar las capacidades de adaptación, reducir la vulnerabilidad de la población, así como promover un manejo sustentable de los recursos hídricos.

México es susceptible de ser afectado por el aumento de las temperaturas y las variaciones en la precipitación. Los impactos de estos cambios se espera que se distribuyan de manera desigual tanto territorial como socialmente, debido a diferencias en la ubicación geográfica, presión

demográfica, especialización económica, niveles de pobreza y dependencia de los recursos naturales (Sosa-Rodríguez, 2013a; Magrin et al., 2007; IPCC, 2007a). Dada la complejidad actual y la creciente incertidumbre sobre el futuro de la disponibilidad y calidad de las fuentes de agua en México, es vital que la política del agua incluya medidas de adaptación—estructurales y no-estructurales—que permitan tanto a las autoridades como a la población hacer frente a las variaciones esperadas en este recurso (Sosa-Rodríguez, 2013c). El PECC identificó a la Ciudad de México como la configuración regional que ser más afectada por los mayores impactos del cambio climático a nivel nacional, debido a su mayor concentración demográfica y urbana y a sus problemas ambientales y urbanos preexistentes. Cabe destacar, que la ciudad ha estado expuesta a los riesgos climáticos desde su fundación en tiempos precolombinos y fue destruida en varias ocasiones por catastróficas inundaciones y sequías prolongadas (Sosa-Rodríguez, 2010a).

Como resultado del cambio climático, la ciudad podría enfrentará serios desafíos para abastecer con agua suficiente y segura a sus habitantes. Evidentemente, estos desafíos no solo se atribuyen a los impactos que las variaciones climáticas pudieran tener en materia de suministro, calidad del agua, disposición y tratamiento; también incluyen el crecimiento urbano desordenado, la elevada concentración demográfica y urbana, los cambios de uso de suelo, los patrones de consumo de agua dispendiosos y la falta de tratamiento de las aguas residuales, entre otros.

Existe evidencia que las temperaturas medias, máximas y mínimas en la ciudad han aumentado en las últimas décadas. Los cambios más importantes se han registrado en las temperaturas máximas, que han aumentado hasta en 5.0 °C desde la década de 1950. De manera similar, las temperaturas mínimas han aumentado en el mismo período en hasta 3.0 °C y la temperatura media en 1.5 °C (Sosa-Rodríguez, 2013b). De acuerdo con los resultados de los Modelos de Circulación General (GCMs), se proyecta que la temperatura media anual en esta entidad

aumentará hasta en 2.8°C para las décadas de los 2070s. Cabe mencionar, que la temperatura media podría aumentar en los años más calurosos en más de 2 °C entre los 2020s y los 2070s y para fines de siglo en hasta 4.2 °C—valor que supera los 2 °C de aumento definidos como límite para que el calentamiento global sea irreversible (Sosa-Rodríguez 2013b). En términos de la precipitación anual, ésta se proyecta que disminuirá en promedio en hasta 10.4% para las décadas de los 2070s; aunque los modelos IPSLCM4-SR-A1B y A2 proyectan una disminución de hasta un 50% de la precipitación total.

Bajo este contexto, esta investigación tiene como fin analizar cómo las variaciones climáticas

afectarán la calidad y cantidad del agua que recibe la población, qué impactos enfrentara este sector, qué medidas de adaptación se han implementado para reducir la vulnerabilidad de la ciudad a problemas relacionados con el agua y cuales se requieren llevar a cabo. Esta es una investigación en curso, por ende, los resultados de esta primera fase serán un insumo para determinar qué grupos y zonas de la Ciudad de México son los más vulnerables a estas variaciones, además de apoyar la construcción de un modelo de toma de decisiones que guíe la gestión y la política del agua.

2. Vulnerabilidad de la Ciudad de México a los impactos del cambio climáticos

Con base en el IPCC (2007a), la vulnerabilidad se refiere al grado de susceptibilidad y a las limitaciones que enfrenta un sistema para hacer frente a los efectos de la variación del clima. En el caso de la Ciudad de México, su vulnerabilidad se ha visto agravada por la urbanización no planificada, el rápido crecimiento poblacional y los cambios de uso del suelo. Por lo tanto, las variaciones climáticas son presiones adicionales a los riesgos existentes, los cuales no se distribuyen de manera uniforme entre los grupos sociales, unidades espaciales o con el tiempo. Los factores que aumentan la vulnerabilidad de la ciudad al cambio climático, se analizan a continuación.

a. Concentración demográfica y económica

En la actualidad, 8.8 millones de personas viven en la Ciudad de México, produciéndose en esta entidad casi 20% del PIB del país (INEGI, 2010). La concentración de la población y las actividades económicas se ha traducido en elevadas demandas de vivienda, suelo y servicios básicos (incluidos el suministro de agua y el saneamiento). Al igual que en muchos países en desarrollo en todo el mundo (por ejemplo, Egipto, Brasil, Corea e India), la urbanización acelerada y la industrialización han cambiado el balance de energía de la ciudad. La temperatura en la región ha aumentado en casi 4°C desde la década de 1920 y en cerca de 2 °C desde mediados de los años setenta (SMA, 2008a). Esta tendencia se explica tanto por el efecto de la isla de calor como por el cambio climático. El efecto

de la isla de calor se explica por las emisiones antropogénicas directas y los cambios en la morfología de la superficie de la ciudad; eventos que han modificado el flujo de aire de la ciudad, la velocidad del viento, la radiación y la refracción. Las temperaturas más cálidas y las precipitaciones más intensas sugieren que el clima local está cambiando, por ende, los impactos del cambio climático probablemente intensificarán los riesgos ya existentes (Sosa- Rodríguez, 2013b).

El aumento de las temperaturas máximas puede afectar a toda la población de la ciudad, debido a que la mayoría de los hogares no cuentan con sistemas de aire acondicionado. Los ancianos son particularmente vulnerables a riesgos a la salud asociados a la insolación y deshidratación. Se proyecta que este grupo seguirá creciendo en las próximas décadas, incrementándose el número de personas vulnerables. Los pobres también podrían ser dañados por los cambios de temperatura, ya que sus casas están generalmente construidas con materiales que no puedan soportar condiciones climáticas extremas. Además, las zonas verdes existentes (que sirven como sumideros de carbono) ya enfrentan una mayor presión como resultado de la urbanización irregular y las prácticas agrícolas extensivas. La rápida pérdida de zonas verdes en la Ciudad de México es un problema grave que promoverá cambios climáticos más radicales y efectos negativos sobre la biodiversidad. La concentración demográfica y

económica ha intensificado el efecto de la isla de calor; fenómeno que es retroalimentado por el elevado número de vehículos (4.8 millones), que generan 44% de las emisiones de gases de efecto invernadero. Los vehículos son la principal fuente de contaminación del aire, dado que 52% de la flota vehicular está constituida por modelos anteriores a 1990, mientras que el 48% restante corresponde a modelos de 1991 a nuestros días. Hasta el momento, el uso de vehículos privados (que representan 72 % de la flota total de vehículos en la ciudad) se ha visto favorecido por un transporte público deficiente e incómodo. En 2020, se espera que el número de vehículos aumentara hasta 4 millones, y con ello, también se incrementarían los GEI (Sosa-Rodríguez, 2013b).

b. Inundaciones

Las características hidrogeológicas de la Ciudad de México como una cuenca natural cerrada donde alguna una vez hubo seis lagos interconectados, la hacen muy vulnerable a ser afectada por inundaciones. Antes de la construcción del sistema de drenaje profundo de la segunda mitad del siglo XX, la ciudad fue destruida en varias ocasiones por las inundaciones catastróficas (Sosa-Rodríguez, 2010b). Esta vulnerabilidad se ha agravado por la urbanización no planificada y el crecimiento de los asentamientos irregulares. Precipitaciones más intensas pueden aumentar la exposición de la ciudad, a la lluvia y las inundaciones de aguas residuales. Las inundaciones no sólo afectarán las zonas urbanas y rurales, sino también las carreteras y el transporte de bienes y personas. Hasta la fecha, la Secretaría de Gobernación (Segob) ha identificado 376 sitios en riesgo. De acuerdo con el programa "Unidad Tormenta", más de 3 millones de habitantes de la ciudad (un tercio de la población total) y más de 200 carreteras se verán afectadas regularmente por fuertes lluvias (SPCDF, 2010).

c. Escasez de agua y dependencia a fuente externas

La reducción de la precipitación aumentará la dependencia de la ciudad a fuentes de agua cada vez más lejanas. Hoy en día, la Ciudad de México recibe un volumen de 31.7 m³/segundo, siendo la fuente principal de abastecimiento el acuífero

Valle de México que proporciona 43.5% de la oferta total. La segunda fuente de agua más importante son el Sistema Lerma y el Cutzamala, que juntos suministran 42.9% del volumen total. El agua de estas fuentes debe ser transportada por al menos 127 kilómetros y bombearse en casi 1,100 m (Sosa-Rodríguez, 2010b). De hecho, en 2011, la escasez de agua de la ciudad fue de 132.6%, lo que evidencia que la ciudad no puede abastecer a sus habitantes mediante el uso de sus propios recursos (Conagua, 2011a). La sobreexplotación del acuífero ha acelerado el hundimiento del suelo de la ciudad en hasta 10 cm/año. Este problema ha causado que las tuberías que transportan el agua potable y las aguas residuales se disloquen o se rompan, favoreciendo la ocurrencia de inundaciones además de aumentar el riesgo de contaminación del acuífero por infiltración (Sosa-Rodríguez, 2010b). El cambio climático ha reducido la disponibilidad natural de agua, por lo que, sequías más prolongadas y más intensas son más probable de ocurrir.

Evidentemente, la prestación de estos servicios no se circunscribe a la Ciudad de México, sino que trascienden sus límites político-administrativos más allá de su Zona Metropolitana y de la Cuenca de México, no sólo por la existencia de una infraestructura hidráulica compartida entre varias entidades, sino también por la ubicación tanto de las fuentes de donde se obtiene el agua para abastecer a los habitantes de la capital como de los cuerpos de agua utilizados para extraer y disponer sus aguas residuales. Asimismo, la gestión del agua en la ciudad se sujeta a las disposiciones y acuerdos definidos por el Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACM), el Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México (OCVM), el Consejo de Cuenca Valle de México (CCVM), la Comisión de Agua y Drenaje del Área Metropolitana (CADAM) y el Fideicomiso 1928, ya que junto con otras demarcaciones forma parte de la Cuenca de México, del Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México y Sistema Cutzamala (Región XIII), y de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM).

3. Los recursos hídricos y el cambio climático en la Ciudad de México

En México, el agua es un recurso estratégico para el desarrollo de las ciudades, por ende, las variaciones en su disponibilidad y calidad tienen grandes impactos negativos sobre la salud y bienestar de la población, así como sobre la productividad y realización de las diversas actividades económicas. A pesar de ello, México es considerado como un país con una baja disponibilidad natural de agua y actualmente carece de un acceso sustentable a este recurso que permita garantizar un consumo humano seguro—tanto en cantidad como en calidad. Mientras que la zona norte y centro del país se proyecta enfrentará un periodo de escasez; el sur y sureste podrían verse afectados por su exceso (Semarnat, 2009).

En las zonas en donde la disponibilidad del agua se reduzca, la competencia entre sus usuarios por garantizar su acceso podría incrementarse. De manera contraria, las zonas en donde la disponibilidad del agua aumente, podrían estar expuestas a inundaciones y a brotes epidémicos de enfermedades de origen hídrico. Pero la problemática de la escasez y/o abundancia del agua en las distintas regiones del país no es sólo resultado de las variaciones climáticas que han impactado de manera negativa el ciclo hidrológico, sino también de las consecuencias de creciente incertidumbre climática, de ahí la necesidad de analizar las interrelaciones entre la gestión del agua y el cambio climático, con el fin de desarrollar nuevas formas de gestión que tomen en cuenta la incertidumbre en los parámetros climáticos y que permita consolidar mejores capacidades de adaptación para reducir la vulnerabilidad de la población y promover un manejo sustentable de los recursos hídricos.

Bajo este contexto, la Ciudad de México enfrentará serios desafíos para proveer con agua suficiente y segura a sus habitantes. Evidentemente, estos desafíos no se reducen a los impactos que las variaciones climáticas pudieran tener en materia de suministro, calidad del agua, y disposición y tratamiento de las aguas residuales; también incluyen el crecimiento urbano desordenado, la elevada concentración demográfica y urbana, y los cambios de uso de suelo.

las decisiones en materia de gestión que se han implementado (Sosa-Rodríguez, 2010b, 2013a, 2013b).

Aunque el cambio climático puede afectar directamente el ciclo del agua y modificar la cantidad y calidad de los recursos hídricos, al igual que la frecuencia e intensidad de los eventos hidrometeorológicos extremos (IPCC, 2007a; Charron et al., 2004; Atherholt et al., 1998); este fenómeno también puede tener impactos indirectos que se ven retroalimentados por las fallas en la gestión del agua. Entre estos destacan: 1) poner en riesgo la infraestructura, los asentamientos humanos y los ecosistemas ante la ocurrencia de inundaciones y eventos hidrometeorológicos extremos; 2) restringir la producción de alimentos e incrementar los riesgos de malnutrición; 3) intensificar las olas de calor y los brotes de enfermedades de origen hídrico; y 4) promover la migración masiva tanto de personas y especies animales en búsqueda de agua y alimentos (Sosa-Rodríguez, 2013c; WWAP, 2009; IPCC, 2007; Nielson et al., 2005; Parmesan & Yohe, 2003). Los mecanismos hasta el momento utilizados para hacer frente a las variaciones regulares en la cantidad y calidad del agua pueden ya no ser eficaces ante la

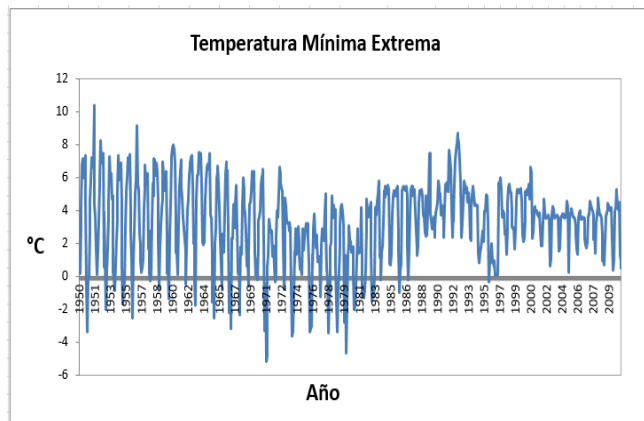
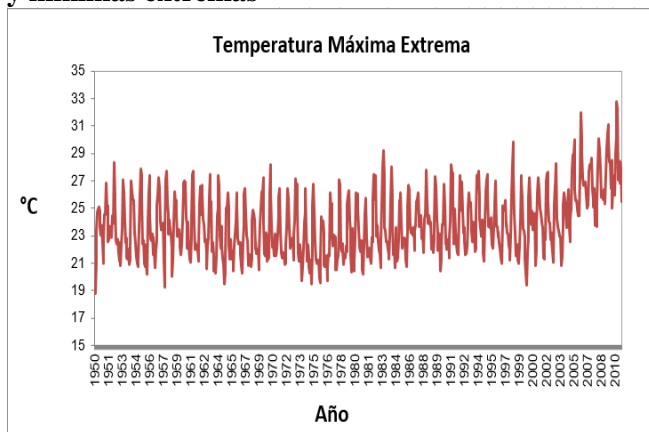
a. Proyecciones climáticas

Por lo pronto, existen evidencias que las temperaturas medias, máximas y mínimas en la ciudad han aumentado en las últimas décadas. La temperatura media mensual de la Ciudad de México ha variado desde 1950 hasta nuestros días entre 10.0 y 20.6°C, con un valor máximo de 33.5 °C durante la primavera y un valor mínimo de 1°C en el invierno de 1950 a nuestros días. Los años más cálidos ocurrieron en 2005 y 2006, con temperaturas máximas superiores a 30 °C. En general, las temperaturas medias, máximas y mínimas han aumentado en las últimas décadas. Sin embargo, los cambios más importantes se han registrado en las temperaturas máximas extremas, las cuales han aumentado en aproximadamente 5.0°C desde la década de 1950. Las temperaturas mínimas extremas han aumentado en el mismo periodo en hasta 3.0 °C, y la temperatura media en 1.5 °C. En la actualidad, temperaturas por debajo

de 0 °C rara vez se registran y el número de días fríos se ha reducido (Figura 1).

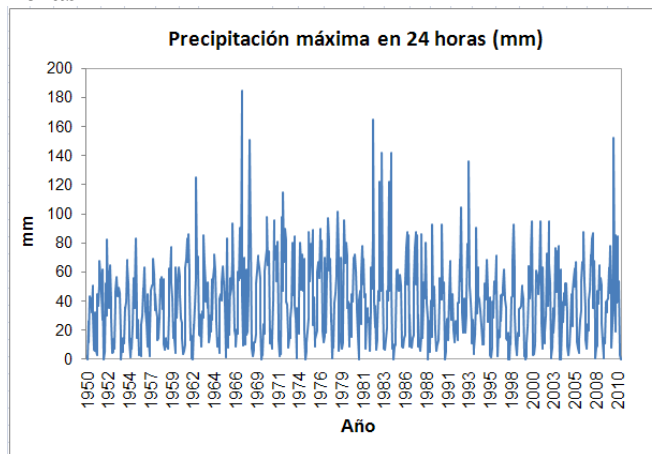
Al igual que la temperatura, la precipitación es variable en la ciudad: la zona urbana (ubicada al centro) recibe una precipitación media de 500 mm, mientras que las áreas naturales protegidas de hasta 1.100 mm. Una atmósfera más cálida ha reducido la precipitación pero aumentado el número de eventos de lluvia extrema en la última década (Figura 2). Por ejemplo, en 2004 hubo 107 días de lluvia superior a 10 mm y en 2006, 98 días (Conagua, 2011a). Sin embargo, la infraestructura de drenaje de la ciudad no fue construida para hacer frente a estos eventos extremos, por ende, tiene una capacidad limitada para evacuar el exceso de agua. Asimismo, las características hidrogeológicas de la ciudad, que es una cuenca naturalmente cerrada formada por seis lagos conectados entre sí que fueron desecados a lo largo de su historia, la hacen muy vulnerable a las inundaciones ante la ocurrencia de lluvias intensas (Sosa-Rodríguez, 2010a, 2010b). La Figura 1 describe las variaciones en °C de las temperaturas máximas y mínimas extremas con base en los datos 1950. La Figura 2 detalla la precipitación máxima registrada en 24 horas a partir de 1950 hasta la actualidad.

Figura 1. Variaciones en las temperaturas máximas y mínimas extremas



Fuente: Servicio Meteorológico Nacional, Conagua, México.

Figura 2. Precipitación máxima registrada en 24 horas



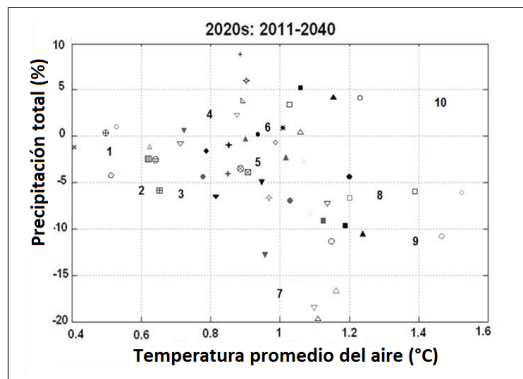
Fuente: Servicio Meteorológico Nacional, Conagua, México.

A partir de 67 Modelos de Circulación General (MCG) y tres escenarios de emisiones (SRES A2, A1B y B2), se seleccionaron trece MCG con el método Percentil (PM), con el fin de analizar las proyecciones en las variaciones en la temperatura media anual (en °C) y en la precipitación (en %) para las décadas 2020s, 2050s y 2070s (Figura 3). Con base en los resultados de estos modelos, se proyecta que la temperatura media anual podría incrementar en 0.9 °C en la década de los 2020s, en 1.8 °C en la década de los 2050s, y en 2.8 °C en la década de los 2070s; pasando de 16.5 a 19.3°C en promedio en este periodo. De hecho, en los años más cálidos, entre los 2020s y 2050s, la temperatura podría aumentar en más

de 2 °C y para finales de este siglo en hasta 4.2 °C—valor que supera los 2 °C de aumento definidos como límite para que el calentamiento global sea irreversible y catastrófico (Sosa-Rodríguez, 2013b). Aunque se espera que las lluvias intensas también aumenten en el mismo período, es probable que la precipitación total disminuya en promedio en 5.8% para la década de los 2020s, en 7.0% en la década de los 2050s y en 10.4% en la década de los 2070s. Sin embargo, dos MCG (el IPSLCM4-SR-A1B y A2, elaborados por el Institut Pierre Simon Laplace (IPSL), en Francia) proyectan que se podría presentar

una disminución en la precipitación total en hasta 50%. Aunque este evento es muy poco probable que ocurra, si lo hace, no habrá suficiente agua para satisfacer las necesidades básicas de la población que reside en la capital del país y tampoco se podrán atender los requerimientos de las actividades económicas (Sosa-Rodríguez, 2013b). La Figura 3 describe los resultados de los MCG ajustados a la escala de la Ciudad de México en términos de cambios en la temperatura media anual en °C y en la precipitación como porcentaje para las décadas 2020s, 2050s y 2070s.

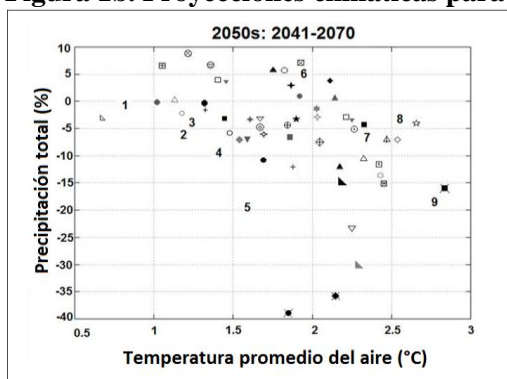
Figura 1a. Proyecciones climáticas para las décadas 2020s



Modelos climáticos seleccionados en las décadas 2020s				
I D	Centro	2020s MCG	Temperatura prom. del aire (°C)	Precipitación total (%)
1	Geophysical Fluid Dynamics Laboratory (GFDL), USA	GISS-AOM(M)-SR- B1	0.5090	-1.5432
2	Meteorological Research Institute (MRI) and Meteorological Agency, Japan	MRI- CGCM2.3.2a(M)-SR- B1	0.6026	-5.6877
3	Center for Climate System Research, University of Tokyo, Japan	FGOALS-g1.0(M)- SR-B1	0.7164	-6.1614
4	Commonwealth Scientific & Industrial Research Organisation (CSIRO), Australia	CSIROMk3.0(R1)- SR-A2	0.8016	2.3760
5	Centre National de Recherches Meteorologiques (CNRM), France	CNRMCM3(R1)-SR- B1	0.9291	-2.6822
6	Hadley Centre for Climate Prediction and Research (HCCPR), UK	HADGEM1(R1)-SR- A2	0.9678	0.5686
7	Institut Pierre Simon Laplace (IPSL), France	IPSLCM4(R1)-SR-B1	0.9984	-16.9368
8	National Center for Atmospheric Research (NCAR), USA	NCARCCSM3(M)- SR-A1B	1.2927	-5.9638
9	National Institute for Environmental Studies, Japan	MIROC3.2 medres(M)-SR-A2	1.3964	-11.2315
10	National Institute for Environmental Studies, Japan	MIROC3.2 hires(R1)- SR-A1B	1.4451	4.7447
Promedio			0.9659	-4.2517

Fuente: GCM, Canadian Climate Change Escenarios Network.

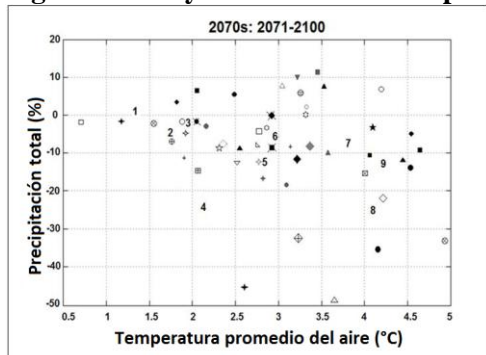
Figura 1b. Proyecciones climáticas para las décadas 2050s



Modelos climáticos seleccionados en las décadas 2050s				
I D	Centro	2050s MCG	Temperatura prom. del aire (°C)	Precipitación total (%)
1	Commonwealth Scientific & Industrial Research Org. (CSIRO), Australia	CSIROMk3.0(R1)-SR-B1	0.8179	-0.1660
2	Meteorological Research Institute (MRI) and Meteorological Agency, Japan	MRI CGCM2.3.2a(M)-SR-B1	1.1861	-5.8098
3	Bjerknes Centre for Climate (BCM), Norway	BCM2.0(R1)-SR-B1	1.2362	-4.5691
4	Center for Climate System Research, University of Tokyo, Japan	FGOALS-g1.0(M)-SR-B1	1.4169	-9.8576
5	Canadian Centre for Climate Modelling and Analysis (CCCma), Canada	CGCM3T63(R1)-SR-B1	1.5763	-19.6242
6	Meteorological Institute of the University of Bonn & Meteorological Research Institute of KMA, Germany	ECHO-G(M)-SR-A2	1.9532	5.0576
7	Centre National de Recherches Meteorologiques (CNRM), France	CNRMCM3(R1)-SR-A1B	2.3402	-6.4529
8	Hadley Centre for Climate Prediction and Research (HCCPR), UK	HADCM3(R1)-SR-A2	2.5470	-3.6100
9	National Institute for Environmental Studies, Japan	MIROC3.2 medres(M)-SR-A2	2.7594	-18.3204
Promedio			1.7592	-7.0392

Fuente: GCM, Canadian Climate Change Escenarios Network.

Figura 1c. Proyecciones climáticas para las décadas 2070s



Modelos climáticos seleccionados en las décadas 2070s				
I D	Centro	2070s MCG	Temperatura prom. del aire (°C)	Precipitación total (%)
1	Geophysical Fluid Dynamics Laboratory (GFDL), USA	GISS-AOM(M)- SR-B1	1.3514	0.5004
2	National Center for Atmospheric Research (NCAR), USA	NCARCCSM3(M)-SR- B1	1.7648	-6.6137
3	National Center for Atmospheric Research (NCAR), USA	NCARPCM(M)- SR-A2	1.9341	-1.0416
4	Canadian Centre for Climate Modelling and Analysis (CCCma), Canada	CGCM3T63(R1)- SR- B1	2.1436	-24.2392
5	Meteorological Research Institute (MRI) and Meteorological Agency, Japan	MRI CGCM2.3.2a(M)- SR-A2	2.7743	-12.0397
6	Bjerknes Centre for Climate, Norway	BCM2.0(R1)-SR-A2	2.9791	-5.6598
7	Geophysical Fluid Dynamics Laboratory (GFDL), USA	GFDLCM2.1(R1)-SR- A2	3.7875	-7.2252
8	Canadian Centre for Climate Modelling and Analysis (CCCma), Canada	CGCM3T47(M)-SR-A2	4.0807	-24.9554
9	Max Planck Institute für Meteorologie, Denmark	ECHAM5OM(M)-SR- A1B	4.1984	-12.2303
Promedio			2.7793	-10.3894

Fuente: GCM, Canadian Climate Change Escenarios Network.

Dada la creciente demanda de agua, la reducción de su disponibilidad relativa y el deterioro en su calidad, cada día es más complejo proporcionar a los capitalinos con un suministro de agua suficiente para atender sus requerimientos mínimos y que cumpla con los estándares de calidad; situación que pone en riesgo la viabilidad y el funcionamiento de la Ciudad de México, al igual que la salud y el bienestar tanto de la población como de su entorno. Los cambios previstos en la temperatura y las precipitaciones pueden aumentar la escasez de agua (e incluso provocar sequías), causando situaciones de emergencia como la que enfrentó la Ciudad de México en 2009. Durante este evento, se redujo la capacidad de las represas del Sistema Cutzamala a menos del 38.9% como consecuencia de una sequía; este sistema proporciona 28.7% del suministro total de agua a la ciudad. Las altas temperaturas afectarán en particular a los ancianos y niños menores de cinco años, que son más propensos a sufrir enfermedades gastrointestinales y deshidratación aguda. Las zonas pobres serán más vulnerables a estos aumentos, ya que el acceso al agua potable es a menudo limitado (Sosa- Rodríguez, 2012). Estas

zonas se ubican al sur y este de la ciudad, las cuales han experimentado en reiteradas ocasiones la escasez y/o mala calidad del agua por décadas (Sosa- Rodríguez, 2010b).

Estos eventos incrementarán aún más la vulnerabilidad de las personas, sobre todo en el sur y este de la ciudad, donde algunos habitantes ya tienen experiencia escasa o mala calidad del agua durante décadas. De hecho, algunas personas que viven en estas áreas consumen menos de 20 litros/día; cantidad que es insuficiente para satisfacer sus necesidades mínimas (Sosa- Rodríguez, 2012). Debido a que algunas de las tendencias mencionadas no se pueden revertir con rapidez para evitar los impactos esperados, es esencial para promover las medidas de adaptación. Más largas y más intensas sequías pueden aumentar la dependencia de la Ciudad de México en fuentes externas, ya que por razones de seguridad, el volumen de agua extraída del acuífero Valle de México se debe reducirse para frenar el hundimiento diferencial de la ciudad. Hasta la fecha, esta fuente de agua proporciona el 43.5%

del volumen total suministrado a la ciudad. Sin embargo, la cantidad de agua extraída (507.36 hm³/año) casi duplica su capacidad de recarga natural (279.1 hm³/año) (Semarnat, 2000; Sosa-Rodríguez, 2010b). Dadas las evidencias que la temperatura y la precipitación en la Ciudad de México están cambiando, el gobierno de la ciudad

4. Respuestas en el sector agua para hacer frente al cambio climático

Las autoridades de la Ciudad de México han implementado diversas acciones para responder al cambio climático, las cuales han estado orientadas principalmente a la mitigación. Un esfuerzo inicial fue la aprobación de la Estrategia Local de Acción Climática (ELAC) en 2004, que establece las directrices a cumplir para reducir los efectos de la M&A. Asimismo, la Ciudad de México fue el primer gobierno local en América Latina que puso en práctica un Programa de Acción Climática Local (PACL) en 2008, compuesto por 26 estrategias de mitigación para reducir las emisiones en 7 MtCO₂e entre 2008 y 2012, así como 12 estrategias de adaptación cuyo objetivo es identificar los peligros hidrometeorológicos y el desarrollo de mecanismos de respuesta. Este programa también integra las estrategias del Programa General de Desarrollo (2006-2012) y del Plan Verde (2006-2012) que pueden apoyar la M&A en la ciudad.

El agua forma parte de las cinco áreas prioritarias con objetivos cuantitativos específicos para la reducción de las emisiones. Ejemplos de las estrategias de mitigación ejecutadas en el sector agua en la Ciudad de México incluyen el desarrollo de tecnologías limpias, el tratamiento de las aguas residuales, y la reducción del consumo de este recurso para disminuir los requerimientos de energía en materia de extracción, distribución y disposición. Con estas acciones, el sector agua reducirá 11.7% de los 4.4 MtCO₂e/año, definidos como el objetivo de emisiones de GEI a reducir (SMA, 2008a). En el caso de las medidas de adaptación, éstas se centran en el fortalecimiento de los sistemas de alerta temprana y mecanismos de respuesta, así como la evaluación de la vulnerabilidad de los diferentes sectores al cambio climático para fortalecer sus

han puesto en marcha diversas acciones en materia de mitigación y adaptación (M&A) desde finales de los años noventa. Las respuestas implementadas en la capital del país para hacer frente a este fenómeno se analizarán en la siguiente sección.

capacidades de adaptación. Por ejemplo, los esfuerzos de adaptación a corto plazo para mejorar los sistemas de alerta temprana incluyen la vigilancia de los eventos hidrometeorológicos, de brotes epidemiológicos asociados a variaciones climáticas y para la predicción del clima. El PACL fomenta la comunicación y educación sobre el cambio climático como una de sus acciones más importantes para influir en el comportamiento, los hábitos y actitudes de los habitantes para promover la M&A, promoviendo en el caso particular del agua, una cultura para el ahorro y conservación de este recurso. La Tabla 1 sintetiza las respuestas de mitigación y adaptación implementadas en la Ciudad de México en el sector agua.

Algunas de las estrategias de adaptación promovidas por el PECC para su ejecución a nivel nacional todavía no son parte de las medidas de adaptación en la ciudad, a pesar de su relevancia para consolidar las capacidades de adaptación de la ciudad en materia de agua; entre estas acciones destacan: (1) incorporar información sobre el clima en la gestión del agua; (2) promover el uso de seguros contra eventos hidrometeorológicos extremos e inundaciones; (3) establecer multas y/o sanciones para los contaminadores de las aguas superficiales y subterráneas; (5) recuperar cuerpos de agua contaminados; (6) modificar los códigos de construcción para evitar que los desarrollos inmobiliarios y los asentamientos irregulares no sean permitidos ni regularizados en zonas de recarga de acuíferos; (7) mejorar los sistemas de alerta temprana para el diagnóstico de la sequía; y (8) modificar los hábitos de consumo de agua de las personas.

Tabla 1. Respuestas gubernamentales para la M&A en la Ciudad de México

Sector	Estrategias implementadas	Estrategias en progreso
Agua	<ul style="list-style-type: none"> • Construir infraestructura para la prevención de deslizamientos • Ajustar los precios del agua para promover un consumo racional • Instalar dispositivos ahorradores de agua para un uso eficiente • Construir infraestructura para reducir el consumo de energía durante el bombeo, transporte y distribución del agua • Recuperar ríos y canales de agua • Mejorar la predicción de eventos hidrometeorológicos, así como los sistemas de alerta temprana • Modificar los códigos de construcción para incrementar la captura del agua de lluvia y su reutilización en tanques de aguas grises • Implementar programas de prevención y respuesta ante emergencias • Reducir las emisiones de los sistemas sépticos y plantas de tratamiento de aguas residuales 	<ul style="list-style-type: none"> • Garantizar el balance entre las tasas de extracción y recarga del acuífero • Conservar el suelo en zonas de recarga del acuífero para incrementar la infiltración del agua de lluvia en hasta 2.5 m³/segundo • Medir el consumo de agua en toda la ciudad con la instalación de medidores • Ampliar las redes de pozos y la rehabilitación de 892 km de tuberías para reducir las pérdidas de agua • Aumentar la reutilización de las aguas residuales y su tratamiento en hasta 7.2 m³/segundos con la construcción de una planta de tratamiento que tratará 60% del total de las aguas residuales generadas • Tratar 125 litros/segundo de aguas residuales para la recargar del acuífero • Construir el Sistema de Drenaje Emisor Oriente y los colectores Río Magdalena y Eslava • Elaborar un Atlas de Riesgos Hidrometeorológicos y Climáticos

Fuente: SMA, 2008a, 2008b, 2008c, 2009a, 2009b y 2012.

Hasta el momento, los avances en materia de mitigación y adaptación han sido positivos en la Ciudad de México, con una reducción de las emisiones totales de GEI entre 2000 y 2008 de 3.76 MtCO₂e (Sosa-Rodríguez, 2013b). Esto se explica por un consumo más eficiente de la energía en todos los sectores, el uso de fuentes de energía menos contaminantes y la introducción de sistemas de transporte más limpios y de alta capacidad (e.g., el Metro, Metrobus y Ecobus). Otros avances incluyen la mejora de los sistemas de bombeo para el suministro de agua, la rehabilitación de la red de agua de la ciudad para reducir las pérdidas de agua, la instalación de dispositivos ahorradoras de agua y energía en las viviendas y edificios. Se espera que la infraestructura en curso para mejorar el sistema de transporte público, la captura de biogás, la producción de composta y el tratamiento de aguas residuales reduzca las emisiones de GEI en al menos 7 MtCO₂e, cumpliéndose con los objetivos

planteados en el PACL. Los avances en materia de adaptación incluyen la creación del Programa de Contingencia Climatológica para ayudar a los agricultores en situaciones de eventos climáticos extremos; el Programa de Protección del Maíz Nativo; el Programa de Recuperación de Suelos Rurales, y el Programa de Prevención de Incendios Forestales, todos ellos implementados en 2008. Ya que los grupos marginados se ven obligados a ubicarse en zonas de alto riesgo que a menudo carecen de acceso a los servicios básicos que los hacen más vulnerables a los riesgos climáticos, una estrategia esencial para hacer frente al cambio climático es la reducción de la pobreza. Lamentablemente, los aumentos de temperatura, inundaciones, sequías y brotes de enfermedades afectarán principalmente a estos grupos.

5. Conclusiones

En la actualidad, uno de los principales desafíos que enfrenta la Ciudad de México es el cambio climático. La ciudad ha estado expuesta a los riesgos climáticos desde su fundación en la época precolombina, siendo destruida varias veces por inundaciones catastróficas o largas sequías, por ende, las variaciones climáticas proyectadas representan una presión adicional a los problemas urbanos, sociales y ambientales preexistentes en esta entidad. Se proyectan aumentos en la temperatura y reducciones en la precipitación que podrían provocar situaciones de emergencia en la capital del país ante lluvias intensas o sequías. Estos eventos afectarían principalmente a los habitantes que residen al sur y este de la ciudad; estos grupos han enfrentado de manera crónica problemas de escasez o mala calidad a lo largo de varias décadas, teniendo que encontrar formas alternativas de acceso al agua que no necesariamente cumplen con los estándares de calidad para garantizar un consumo seguro y que además suelen ser más costosas. Adicionalmente, más largas e intensas sequías pueden intensificar o generar más conflictos entre los usuarios de este recurso por garantizar su uso.

Existen importantes avances en materia de M&A en el sector agua entre los que destacan las acciones emprendidas para promover las mejoras en los sistemas de bombeo, distribución y disposición del agua en la ciudad, así como los sistemas de alerta temprana. Otras acciones que complementan estos esfuerzos son las reducciones en el consumo de agua y la mejora en la gestión de las aguas residuales. La mitigación es una prioridad para todos los niveles de gobierno, pero dada la falta de recursos financieros y humanos para el desarrollo de tecnologías que reduzcan las emisiones de GEI y debido a la irreversibilidad de algunos de los impactos del cambio climático, la adaptación está recibiendo una mayor atención. Desafortunadamente, los impactos del cambio climático afectarán principalmente a los grupos más marginados. La participación activa e informada de la sociedad debe ser promovida para crear y fortalecer las capacidades de M&A en la ciudad, teniendo en cuenta el lenguaje, la forma y los medios más eficaces para informar tanto a los tomadores de decisiones como a la sociedad sobre los impactos del cambio climático, sus niveles de vulnerabilidad y las acciones que se pueden implementar para hacer frente a este fenómeno.

Los principales obstáculos que han limitado el éxito de la M&A en la Ciudad de México destacan: (1) la falta de participación y concientización de la sociedad sobre el cambio climático; (2) el desconocimiento sobre las causas y consecuencias de este fenómeno, así como de las medidas que pueden reducir sus impactos y la generación de GEI; (3) los malentendidos acerca de los objetivos, procesos y resultados de estas acciones entre las agencias gubernamentales; y (4) la falta de coordinación y colaboración entre diversos sectores (e.g., gubernamentales, económicos, sociales y académicos).

6. Agradecimientos

Esta investigación se realizó con el apoyo financiero del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt), proyecto 221460.

7. Referencias

- Atherholt, T.B., Le Chevallier, M.W., Norton, W.D., & Rosen, J. (1998). Effects of rainfall on giardia and cryptosporidium. *Journal of the American Waterworks Association*, 90(1998), 66–80.
- Charron, D.F., Thomas, M.K., Waltner-Toews, D., Aramini, J.J., Edge, T., Kent, R.A., Maarouf, A.R., & Wilson, J. (2004). Vulnerability of waterborne diseases to climate change in Canada: a review. *Journal of Toxicology and Environmental Health*, 67(2004), 1667-1697.
- Conagua (2011a). Variables climáticas 1921-2010. México: SMN-Conagua.
- INEGI (2010). XIII Censo General de Población y Vivienda. México: INEGI.
- IPCC (2007a). Summary for Policymakers. En S. Solomon, D. Quin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor & H.L. Miller (Eds.), *Climate Change 2007: The Physical Science Basis* (pp. 1-7). Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the

- Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, United Kingdom and New York, NY: Cambridge University Press.
- Magrin, G., Gay García, C., Cruz Choque, D., Giménez, J.C., Moreno, A.R., Nagy, G.J., Nobre, C., & Villamizar, A. (2007). Latin America. En M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden, & C.E. Hanson (Ed.). *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (pp. 581-615). Cambridge: Cambridge University Press.
 - Neilson, R.P., Pitelka, L.F., Solomon, A.M., Nathan, R., Midgley, G.F., Fragoso, H.J., Lischke, M.V., & Thompson, K. (2005). Forecasting regional to global plant migration in response to climate change. *BioScience*, 55 (2005), 749–759.
 - Parmesan, C., & Yohe, G. (2003). A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. *Nature*, 421 (2003), 37–42.
 - Semarnat (2009). Programa Especial de Cambio Climático 2008-2012 (PECC). México: CICC.
 - SMA (2012). *Informe de Avances 2011. Programa de Acción Climática de la Ciudad de México 2008-2012*. México: SMA-GDF.
 - _____ (2011). *Programa para Mejorar la Calidad del Aire en el Valle de México, PROAIRE III, 2011-2020*. México: SMA.
 - _____ (2009a). Avances reportados con respecto a las acciones del Programa de Acción Climática. México: SMA-GDF.
 - _____ (2009b). Avances en el Plan Verde de la Ciudad de México. México: SMA-GDF.
 - _____ (2008a). *Programa de Acción Climática de la Ciudad de México, 2008-2012*. México: SMA-GDF.
 - _____ (2008b). *Inventario de emisiones de contaminantes criterio de la ZMVM, 2008*. México: SMA-GDF.
 - _____ (2008c). *Inventario de emisiones de gases de efecto invernadero de la ZMVM, 2008*. México: SMA-GDF.
 - SPCDF (2010). Programa Unidad Tormenta. México, SPCDF.
 - Sosa-Rodríguez, F.S. (2013a). El futuro de la disponibilidad del agua en México y las medidas de adaptación utilizadas en el contexto internacional. *Revista SocioTam*, XXVIII 2(2013).
 - Sosa-Rodríguez, F.S. (2013b). From Federal to City Mitigation and Adaptation: Climate Change Policy in Mexico City. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change Journal*, 19 (2013). DOI: 10.1007/s11027-013-9455-1
 - Sosa-Rodríguez, F.S. (2013c). La política del cambio climático en México: avances, obstáculos y retos. *Revista Legislativa de Estudios Sociales y de Opinión Pública* (2013) [en prensa].
 - Sosa-Rodríguez, F.S. (2012). Assessing water quality in the developing world: an index for Mexico City. En K. Voudouris & D. Voutsas (Comp.). *Water Quality Monitoring and Assessment* (pp. 495-508). Croacia: InTech.
 - Sosa-Rodríguez, F.S. (2010a). Impacts of Water-management Decisions on the Survival of a City: From Ancient Tenochtitlan to Modern Mexico City. *Water Resources Development*, 26 (2010), 675-687.
 - Sosa-Rodríguez, F.S. (2010b). Exploring the risks of ineffective water supply and sewage disposal: A case study of Mexico City. *Environmental Hazards*, 9 (2010), 135-146.
 - WWAP (2009). *Water and Climate Change*. World Water Development Report 3: *Water in a Changing World*. Paris: UNESCO.

Extenso ID: 317. Nidya Aponte, María Perevochtchikova. ANÁLISIS DE LOS EFECTOS COMBINADOS DE CAMBIOS EN EL USO DEL SUELO Y EL CLIMA EN LA PROVISIÓN DE SERVICIOS AMBIENTALES HIDROLÓGICOS EN EL SUELO DE CONSERVACIÓN DE LA CIUDAD DE MÉXICO.

[Regresar al índice](#)

¹ Posgrado en Geografía de la UNAM, ² Centro de Estudios Demográficos, Urbanos y Ambientales, El Colegio de México A.C.

Resumen:

En las áreas que padecen estrés hídrico, los ecosistemas y las personas son particularmente vulnerables a los efectos del cambio climático (Bates et al., 2008). En este contexto, la Ciudad de México, donde se prevé una disminución en la disponibilidad del agua de 16% (Escolero et al., 2009), tiene una alta vulnerabilidad socio- ambiental.

Para confrontar la situación de posible disminución del agua para la creciente población de la ciudad, en esta investigación se realiza el análisis de la disponibilidad de agua en relación a la implementación del programa de Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos el suelo de conservación de la Ciudad de México, con base en el cálculo de la recarga bajo escenarios de cambio de uso de suelo y de clima futuro para el corto y largo plazo en un marco socio-ambiental, dado que los efectos combinados de cambio de uso del suelo y clima pueden degradar la provisión de servicios hidrológicos y enfatizando la importancia de construir estrategias de adaptación con resultados garantizados (no regret).

Palabras Clave: disponibilidad, cambio de uso del suelo, cambio climático, adaptación

Extenso ID: 81. Rebolledo-Bello M.A1., García-Govea c1., López-Muñoz f1. ANALISIS DE LAS PRECIPITACIONES EN LA CUENCA DEL VALLE DE MEXICO, DURANTE EL PERIODO 1961-1988

[Regresar al índice](#)

¹ Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco.
1212bello@gmail.com
coralg@azc.uam.mx

RESUMEN

La precipitación constituye la componente fundamental del ciclo hidrológico (precipitación, condensación, interceptación, infiltración, evapotranspiración, escurrimiento) definiéndose simplemente como la caída de agua que proviene de la atmósfera bajo forma sólida o líquida. Las precipitaciones constituyen la única entrada en los principales sistemas hidrológicos continentales que son las cuencas vertientes. Se considera el análisis de las precipitaciones como un proceso hidrológico muy variable, por lo que solo se encuentran datos estimados.

Este fenómeno se caracteriza principalmente por una gran variación en el espacio (regional, local etc). y una gran variación en el tiempo (horaria, mensual, anual o por evento lluvioso).

En la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) se observa una variación espacio-temporal de las precipitaciones. En los últimos años se han percibido modificaciones en el comportamiento de las precipitaciones en la ZMVM como por ejemplo lluvias tempranas, periodos largos de precipitaciones, fuertes intensidades en periodos cortos de tiempo. Considerando como factor importante el acelerado crecimiento poblacional entre 1960 y 1990, que implica una modificación de la mancha urbana el presente trabajo centra su atención en la evolución espacio-temporal de las precipitaciones durante ese periodo.

Este análisis se basa en una comparación entre la evolución espacio-temporal de las precipitaciones en la cuenca del Valle de México específicamente Ciudad de México y el acelerado crecimiento poblacional sufrido en la ciudad en un periodo de 28 años. La comparación realizada permitió evidenciar el impacto del crecimiento poblacional sobre la distribución regional de las lluvias.

la metodología utilizada se basó en una delimitación del área de estudio en cuatro cuadrantes, en los cuales se identificaron diferentes estaciones pluviométricas, tratando que no los datos estuvieran completos y que el número de estaciones fueran similares. Los datos de precipitación se tomaron de la base de climatológica del ERIC III (Extractor Rápido de Información Climatológica, IMTA) y los datos de crecimiento poblacional del sitio del INEGI.

PALABRAS CLAVE:

Cuenca del valle de México, Precipitación,

1 INTRODUCCION

la cuenca del Valle de México incluyendo la megalópolis México representa el mayor laboratorio de investigación hidroclimático en el mundo. La cuenca, modificada en muchos aspectos desde la rápida desecación del lago, el descomunal asentamiento humano sin planificación, la extracción de grandes volúmenes de agua del subsuelo, presenta hoy en día graves consecuencias como un acelerado hundimiento de la ciudad de aproximadamente entre 6 y 7 cm por año afectando directamente en obras de infraestructuras hidráulicas (contrapendiente del drenaje), o provocando fuertes inundaciones.

Fenómenos como este acelerado hundimiento de la ciudad, graves inundaciones, lluvias torrenciales, son respuestas al desequilibrio hidrológico sufrido en la cuenca. Debido a esto se han realizado estudios del balance hidrológico para entender el funcionamiento de la cuenca, es decir cantidad que entra reflejada contra la cantidad que sale. Este ciclo ha sido estudiado por diversos autores (Jiménez y Domínguez, 1992; Esteban et al, 2012, Domínguez *et al.* 2016), basándose en relaciones lluvia-escurrimiento, pero pocos analizan solamente las modificaciones de los patrones de las lluvias (Maderey, 1980).

El interés de este trabajo es de poner en evidencia si el fuerte crecimiento de la población ha modificado los patrones de lluvia en la ciudad de México.

Para este estudio se identifico el periodo en el cual la población hubiera sufrido fuertes modificaciones. Este periodo se detecto entre 1961 y 1988 en donde se observó que en la ciudad de México el número de habitantes aumento al doble en un periodo de casi 30 años. Tomando como base a la población se identificaron las estaciones pluviométricas que tuvieran los datos completos en este periodo detectándose que sólo hasta el año 1988 cumplieron estas condiciones. La evolución espacio-temporal de la lluvia fue representada en cuatro cuadrantes en donde se observo que la parte poniente es la zona donde son más fuertes las intensidades de la precipitación.

2 MATERIAL Y METODOS

La metodología utilizada para comprender la distribución de las lluvias en la cuenca del Valle de México se basó en una delimitación de la zona de estudio en cuadrantes. Identificadas las zonas a analizar se utilizaron datos pluviométricos del ERIC (Extractor Rápido de Información Climatológica, IMTA) para representar las variaciones espacio-temporales de las precipitaciones en condiciones medias y extremas. Finalmente a partir de datos del INEGI se identifico el crecimiento poblacional.

a) Delimitación de la zona de estudio

La ubicación de proyecto se dispuso de la siguiente manera; identificadas las estaciones pluviométricas, se procedió a trasladarlas a un sistema de ubicación geográfica para situarlas en un mapa del Distrito Federal, el cual fue realizado en el software AutoCAD. De esta manera se generó una división en el plano cartesiano, con el objetivo de dividir en cuatro cuadrantes el análisis de información, gestionando los datos en Noroeste (NO), Suroeste (SO), Sureste (SE) y Noreste (NE.).
Figura 1

b) Análisis estadístico de la distribución espacio-temporal de las precipitaciones

La extracción de datos pluviométricos se realizó a partir de datos obtenidos del software Extractor Rápido de Información Climatológica de la base de datos ERIC III, donde se eligieron en un principio 59 estaciones ubicadas en la Ciudad de México, 12 pertenecientes al estado de México y 2 en el estado de Morelos, dando un total de 73 estaciones. Cada estación presenta información referente a su

nombre, ubicación, años de estudio y clave ante el ERIC III con un formato propio de dicho programa. Para el análisis de las precipitaciones se utilizó el método aritmético.

El análisis detallado de las estaciones logró poner en evidencia las lagunas existentes en los datos de precipitaciones entre 1950 y 1960, por lo que el periodo contemplado en un principio de 1950 a 1990 se modificó de 1961 a 1990.

Basado en lo anterior se realizó estadísticamente un estudio del intervalo exacto donde se da el máximo número de datos a analizar obteniendo una moda estadística en los años 1961 y 1988, resultando un conjunto de 29 estaciones para este periodo, de las cuales solo 26 cumplieron con los registros totales.

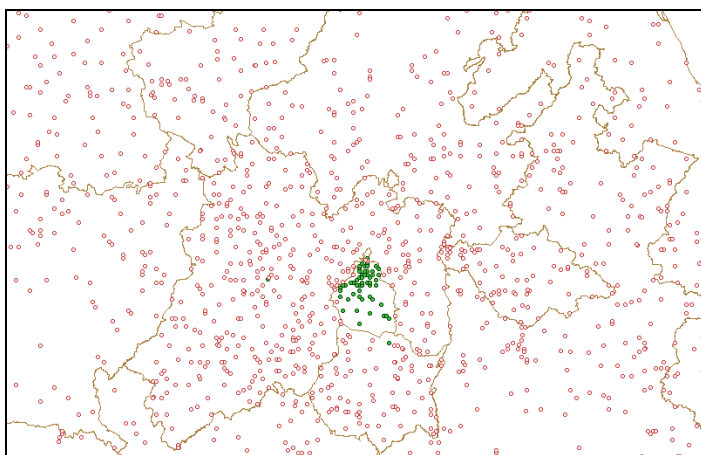


Figura 5. Estaciones climatológicas de la Ciudad de México y zona conurbada (Fuente. Eric III)

En la estadística de los datos de las precipitaciones se dividieron las 26 estaciones de estudio por cuadrantes (NO, NE, SO y SE) para su estudio (tabla 1). En donde para el Noroeste se analizaron 9 estaciones, en el Suroeste y Sureste 5 estaciones cada una y finalmente en el Noreste 7 estaciones. las áreas de los cuadrantes fueron 250 km² para el NO, 452 km² para SO, 461 y 300 para SE y NE.

Años de estudio		
1961-1988		
D.F.	9003	NO
D.F.	9025	NO
D.F.	9038	NO
D.F.	9039	NO
D.F.	9047	NO
Edo. México	15013	NO
Edo. México	15033	NO
Edo. México	15059	NO
Edo. México	15127	NO
D.F.	9002	SO
D.F.	9020	SO
D.F.	9022	SO
D.F.	9037	SO
Morelos	17022	SO
D.F.	9032	SE
D.F.	9034	SE
D.F.	9041	SE
D.F.	9051	SE
Edo. México	15094	SE
D.F.	9007	NE
D.F.	9009	NE
D.F.	9012	NE
D.F.	9026	NE
D.F.	9029	NE
D.F.	9043	NE
Edo. México	15092	NE

Tabla 3. Estaciones de estudio por cuadrantes

Posteriormente, se procedió a recopilar información de las 26 estaciones para generar estadísticas de precipitaciones por mes, con la finalidad de ubicar el comportamiento en cada cuadrante durante 29 años.

las áreas de los cuadrantes

c) Identificar picos de precipitaciones (eventos extremos) en la Ciudad de México en el periodo de estudio.

los eventos extremos se detectaron los picos máximos y mínimos (precipitaciones extremas e inferiores respectivamente) en el periodo de estudio. Generando tablas de conteo de datos, en las cuales se cruzara información para localizar cuáles fueron los años y picos donde se tuvo un registro de algún evento extremo.

3.- RESULTADOS

Para un rápido análisis se dividió la Ciudad de México en 4 cuadrantes (NO, SO, NE, SE) como se muestra en la figura 2.

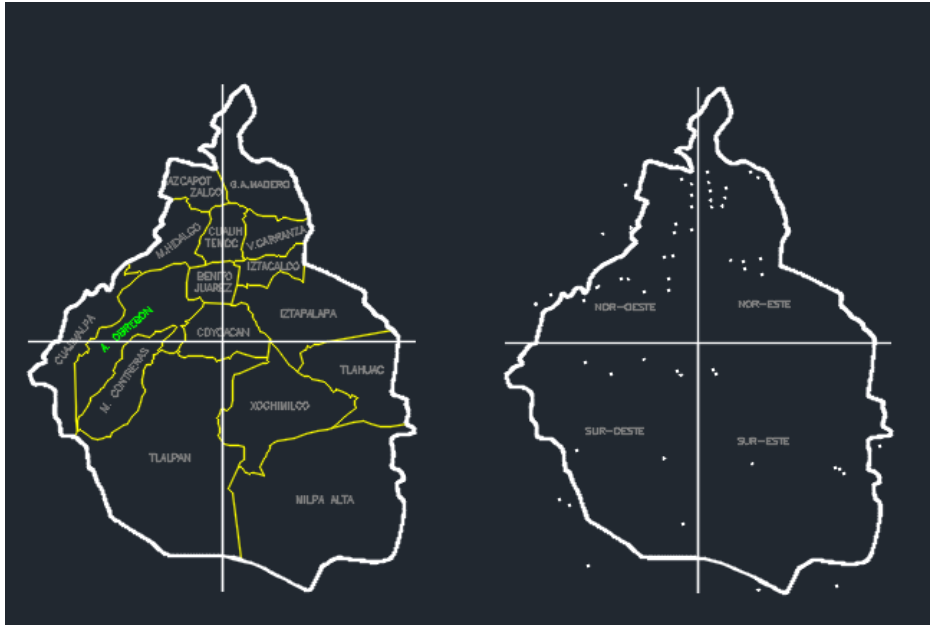


Figura 6. Localización de las estaciones pluviométricas en los diferentes cuadrantes

3.1 Variaciones Espaciales

la figura 2 muestra las precipitaciones medias durante el periodo analizado (1961 - 1988). Se observa que la tendencia en los cuatro cuadrantes es similar, es decir época de lluvias de junio a septiembre. Se identifica que las precipitaciones son más intensas, hasta en un 50%, en la parte Oeste (poniente) de la ciudad, zona en la cual se encuentran en su totalidad de superficie las delegaciones Azcapotzalco, Miguel Hidalgo, Álvaro Obregón, Cuajimalpa, Magdalena Contreras y Tlalpan, y de forma parcial en su superficie las delegaciones Cuauhtémoc, Benito Juárez y Coyoacán.

Por el contrario, las precipitaciones menores se localizan en las delegaciones Gustavo Madero, Venustiano Carranza, Iztacalco e Iztapalapa.

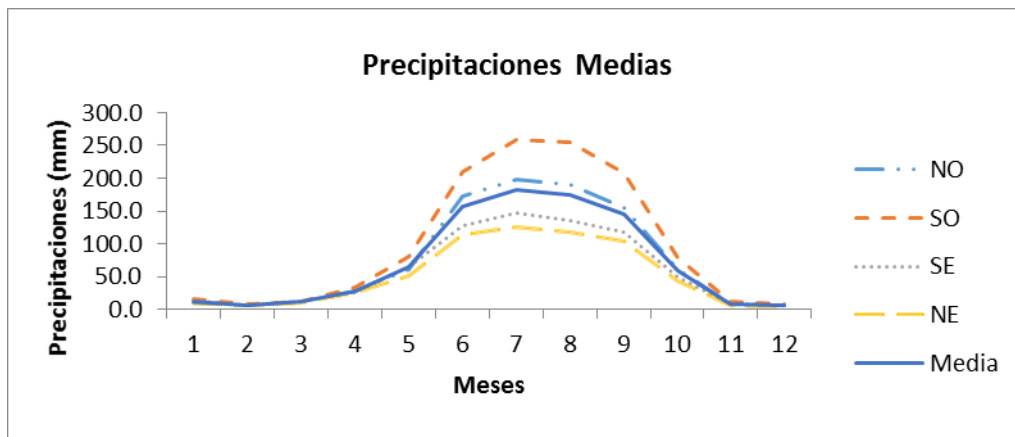


Figura 7. Precipitación Media en la Ciudad de México por cuadrante analizado

3.2. Variación Temporal

Para poder estimar la existencia de modificaciones en el comportamiento de las lluvias en el tiempo se utilizaron los datos más antiguos del periodo analizado, es decir datos de 1961, datos de una época de periodo medio (1974) y los datos de 1988. Los resultados se muestran en las figuras 3, 4 y 5. En donde se observa en primer lugar las máximas en las zonas Noroeste y Suroeste, en segundo lugar que las máximos picos de la zona Noroeste modificaron su temporalidad ya que en 1961 se presentaban en el mes de junio y a partir de 1974 se presentan para julio.

figura 3 Precipitaciones por cuadrante de los años 1961, 1974 y 1988.

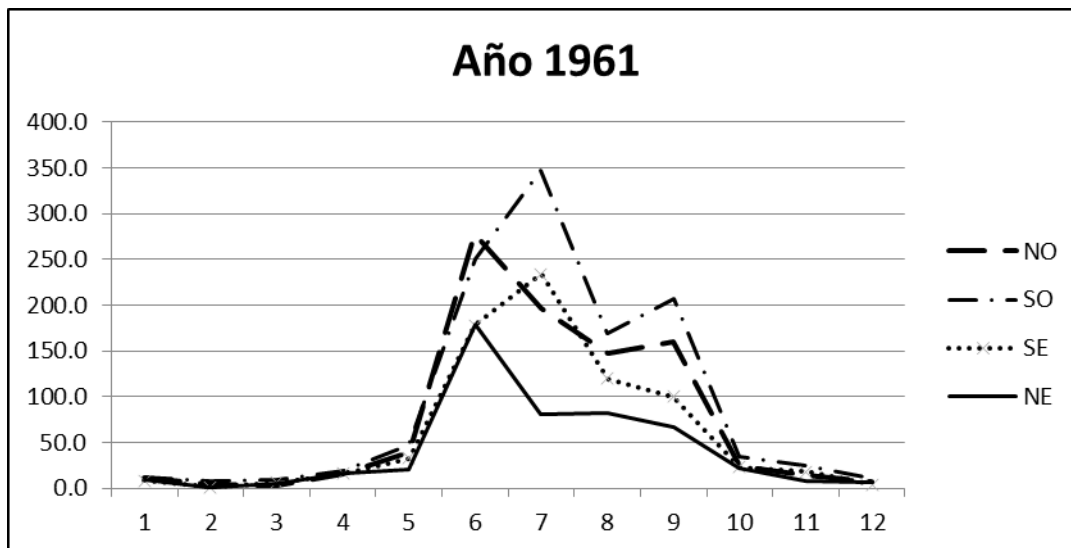


Figura 8. Precipitación media en el año 1961

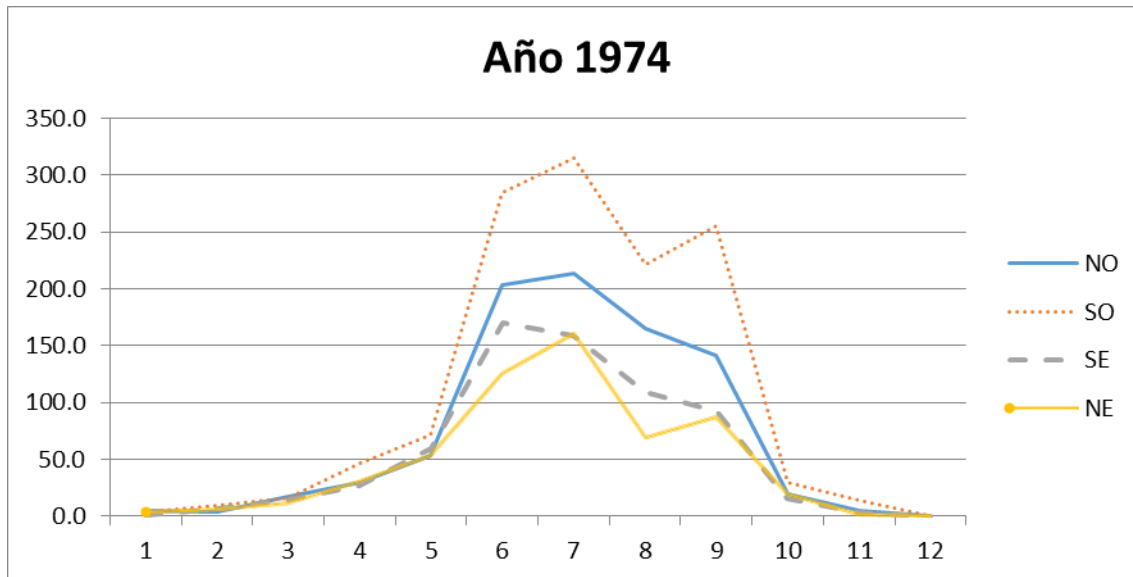


Figura 9. Precipitación media para el año 1974

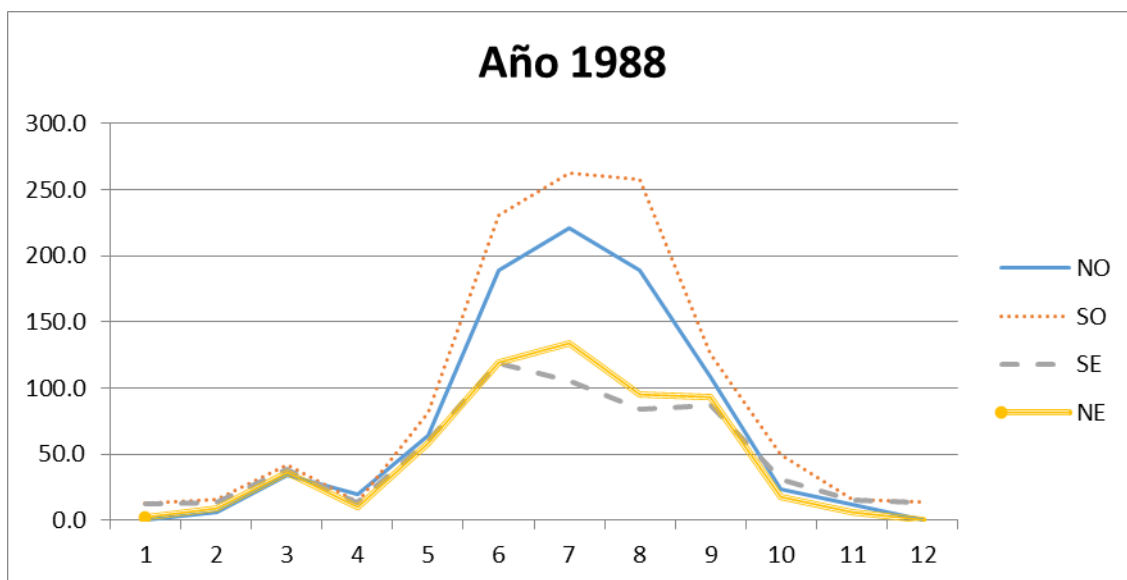


Figura 10. Precipitación media para el año 1988

Finalmente se observa que el comportamiento anual es variante y dinámico, con una tendencia descendente. El movimiento en las curvas de precipitaciones refleja un comportamiento similar para cada año en cada cuadrante, lo que indica, que sin importar cuánto llueve en los cuadrantes, el comportamiento es similar.

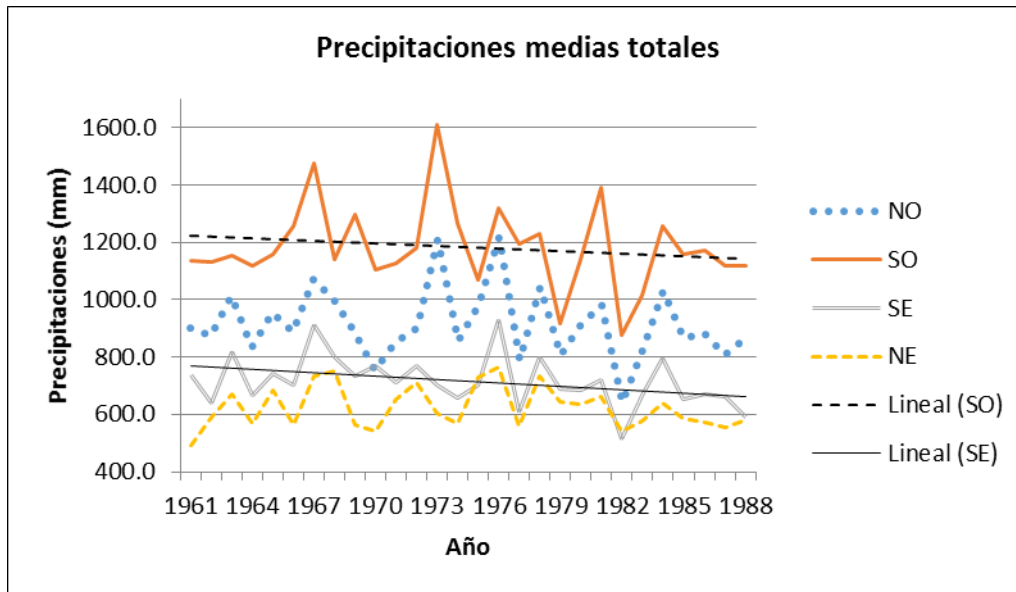


Figura 11. Evolución espacial de precipitaciones. Se observa una tendencia descendente en el periodo de 28 años

muestra la evolución en el tiempo de las lluvias. algo interesante es que durante este periodo se observa una tendencia descendente

3.3 Crecimiento poblacional

A partir de datos del INEGI se observa un aumento en el crecimiento poblacional de más del doble en el periodo de 1950 a 1980, después permanece una tendencia casi constante.

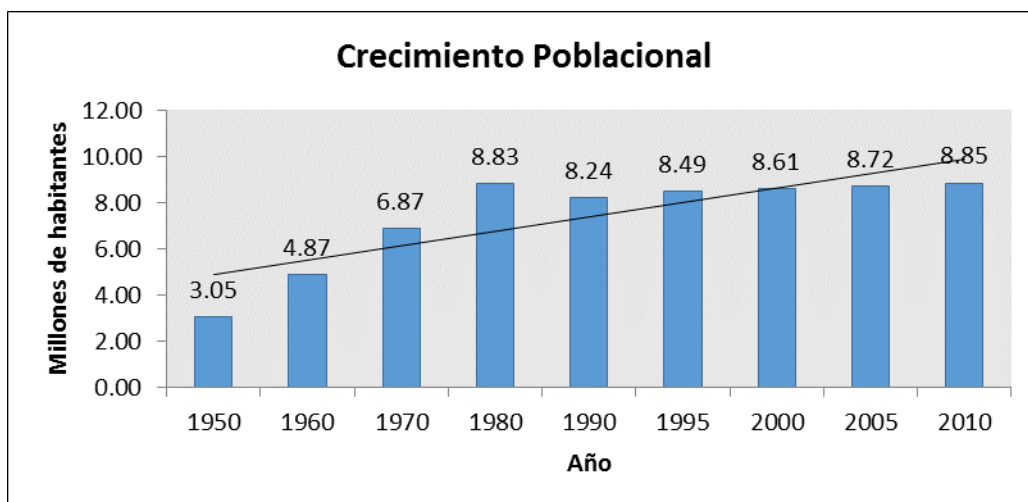


Figura 12. Crecimiento poblacional en la Ciudad de México de 1950 a 2010

4 DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El presente trabajo mostró el comportamiento de las lluvias en la Ciudad de México durante 28 años (1961-1988). En este lapso de tiempo la tendencia anual de las precipitaciones conservaron el mismo comportamiento en los cuatro cuadrantes con tendencia a una disminución. Se identificó que la zona con mas aporte de lluvia es la zona Poniente. El análisis pone en evidencia que el acelerado incremento de la población no impactó directamente a las precipitaciones en ese periodo de tiempo, al contrario se observa una tendencia hacia la disminución en el comportamiento de lluvias. Por lo anterior se considera este análisis como una primera etapa que servirá como base para comparar modificaciones de lluvias con épocas actuales (segunda etapa del trabajo análisis de lluvias de 1988-2010). Lo anterior debido a que en épocas recientes la caída de agua en la Ciudad de México ha provocado fuertes daños a la infraestructura y a la población.

6 LITERATURA CITADA

- Domínguez Mora R., Argonis-Juarez M.L., Carrizosa Elizondo E., Esquivel Garduño G. (2016). Caracterización de las pérdidas por infiltración con análisis estadístico de precipitación y escurrimiento. *Revista Iberoamericana del Agua*. 3(2016) 18-24.
- Esteban Calderón Carol Paola, Domínguez Mora Ramón, Esquivel Garduño Gabriela., (2012), *Aplicación de modelos de parámetros concentrados y distribuidos a tres subcuencas de la zona poniente del valle de México, xxii congreso nacional de hidráulica*, Acapulco, Guerrero, México, noviembre 2012.
- Jiménez-Espinoza M. Dominguez M (1992). Determinación de coeficientes de escurrimiento a partir de las cuencas. Coordinación de Investigación , riesgos hidrometeorológicos. CENAPRED. Sistema Nacional de Protección Civil.
- Maderey L.E. 1980. Intensidad de la Precipitación en el Valle de México. *Investigaciones Geográficas* No. 10. Instituto de Geografía, UNAM. 10 (7-54).

Extenso ID: 128. Raúl Francisco Pineda López, Clara Margarita Tinoco Navarro, Dulce Gabriela Barrera Aguirre. UNA PROPUESTA PARA EL FORTALECIMIENTO DE CAPACIDADES LOCALES EN MANEJO INTEGRADO DE CUENCAS EN LA PERSPECTIVA DE CAMBIO CLIMÁTICO

[Regresar al índice](#)

Centro Regional de Capacitación en Cuencas-UAQ

Resumen:

El Centro Regional de Capacitación en Cuencas, genera un trabajo conjunto con habitantes de microcuencas que representan diversos escenarios, procesos de capacitación y gobernanza del territorio, permitiendo observar problemáticas relacionadas con riesgos ante el cambio climático en distintos ecosistemas. El Manejo Integrado de Cuencas, como proceso que promueve la gestión coordinada del agua, suelo y otros recursos naturales bajo un enfoque social, económico y ambiental, permite enfrentar el desafío del cambio climático de manera operativa, en las dimensiones que deben considerarse al plantear la adaptación a cambios futuros.

El modelo del centro se basa en dos aspectos: 1) Manejo del capital natural representado por la rehabilitación de la microcuenca con el manejo integrado de unidades de escurrimiento acordadas con las comunidades, demostración de procesos paulatinos de rehabilitación con 70 buenas prácticas; 2) Uso del capital natural que brinda oportunidades para la promoción del desarrollo económico y social, como micronegocios, capacitación en diversos aspectos de la vida comunitaria, promotores comunitarios y una oferta educativa multinivel.

El 80 % de las buenas prácticas que se han implementado incluyen procesos del ciclo hidrológico, el cuidado del suelo y la conservación de la biodiversidad, donde se conciben los recursos naturales como un valor y no como servicios. El principal objetivo es que a través del manejo de cuencas, logremos mantener, regular el ciclo hidrológico, mantener el suelo y conservar la biodiversidad atendiendo sus relaciones, considerando las actividades de sus habitantes y fortaleciendo capacidades locales a través del diálogo de saberes para la gobernanza del territorio. Esta estrategia integral favorecerá una mayor adaptación a los efectos del cambio climático al generar un proceso local donde los habitantes están conscientes de cómo funciona su microcuenca y, las diferentes formas de manejarlo, alterarlo y dirigirlo hacia objetivos de conservación y uso sustentable del capital natural; están recuperando herramientas técnicas para enfrentar tanto el exceso de agua derivado de la mayor incidencia prevista de fenómenos hidrometeorológicos; como la falta de aguaderivada de períodos de sequía más largos e intensos, y tendrán la fortaleza de enfrentarlo de manera conjunta al contar con la cuenca como espacio-territorio de integración

Palabras Clave: adaptación, riesgo, rehabilitación, capacitación

Extenso ID: 202. Patricia Ávila García. LAS SALVAGUARDAS SOCIALES EN EL MARCO DEL PROYECTO BOSQUE Y CAMBIO CLIMÁTICO EN MEXICO: UNA EXPERIENCIA PILOTO DEL PROGRAMA DE RESTAURACIÓN FORESTAL EN CUENCAS HIDROGRÁFICAS PRIORITARIAS

[Regresar al índice](#)

Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad de la Universidad Nacional Autónoma de México campus Morelia. Email: pavila@cieco.unam.mx.

RESUMEN

El objetivo de este ensayo consiste en presentar los resultados de la aplicación de las salvaguardas sociales en el sistema de microcuencas hidrográficas prioritarias Cutzamala-La Marquesa, promovidas por la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) y el Banco Mundial, en el marco del Proyecto de Bosques y Cambio Climático. Para ello fue necesario realizar una Evaluación Social Regional con el fin de identificar los riesgos e impactos sociales negativos del Programa de Restauración Forestal en una región delimitada en términos de su importancia forestal e hidrológica. Además se construyeron colectivamente propuestas y acciones que dieron sustento al Plan para Pueblos Indígenas, con el fin de evitar, reducir y/o mitigar los efectos adversos del Programa, a través de un proceso de consulta (con metodologías participativas) a la población indígena: Nahua, Mazahua, Otomí, que habita en la Ciudad de México y los estados de México y Michoacán. Tal estudio tuvo un enfoque novedoso para la CONAFOR y en general para el gobierno federal: una experiencia piloto a nivel nacional que se realizó en cuencas estratégicas por el papel de los bosques en la provisión de agua y que además tienen una presencia de población indígena importante. La investigación etnográfica y participativa fue realizada por un equipo de expertos en el campo de las ciencias sociales (antropólogos, etnohistoriadores, economistas y psicólogos sociales), bajo la coordinación de la autora, que es investigadora del Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad de la UNAM.

Palabras clave: políticas forestales, evaluación de impacto social, plan de pueblos indígenas, Banco Mundial, Comisión Nacional Forestal

1 INTRODUCCIÓN

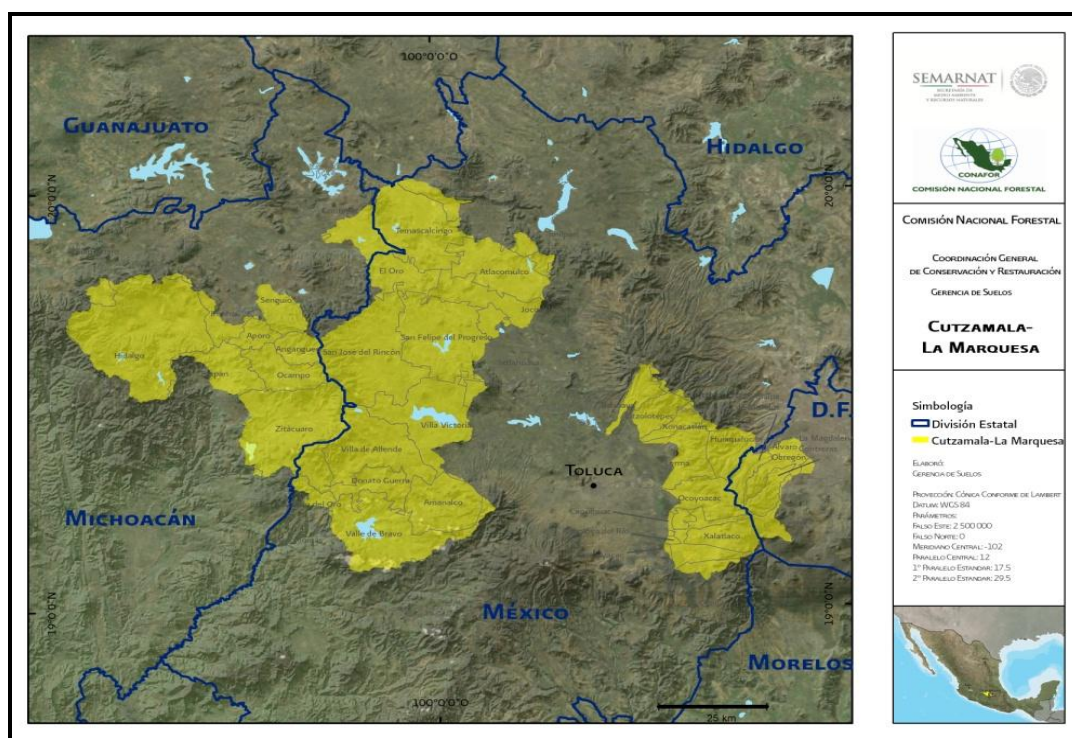
La Política Operacional 4.10 (OP 4.10) sobre Pueblos Indígenas implementada por el Banco Mundial así como la legislación nacional e internacional en materia indígena²⁴, establecen requisitos procesales para asegurar el acceso y la participación informada de la población indígena en los programas que se llevan a cabo dentro de su territorio. Estos marcos regulatorios pretenden que el involucramiento de la población en los proyectos de desarrollo sea de carácter colaborativo, reconociendo la necesidad de que las preocupaciones y realidades de los pueblos indígenas se incorporen en el diseño, implementación, monitoreo y evaluación de las políticas públicas.

²⁴ El artículo 2 constitucional reconoce a las comunidades indígenas como grupos con formas de gobierno y representación propias, señalando además que cualquier tipo de intervención que el gobierno planea llevar a cabo con ellos, deberá de pasar por un proceso de consulta previo que sirva para incorporar las recomendaciones hechas por los pueblos indígenas. Por su parte, la declaración de los derechos de los Pueblos Indígenas de la ONU, estipula la necesidad de consultas previas, libres e informadas con pueblos indígenas cuando se implementen medidas que afecten los recursos de sus territorios tradicionales.

Uno de los requisitos procesales de la Política Operacional es que la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), como institución receptora de un préstamo del Banco Mundial, debe realizar "consultas previas, libres e informadas" con las comunidades indígenas donde se pretenda llevar a cabo algún programa. Estas consultas tienen dos objetivos: a) corroborar la existencia de un "amplio apoyo comunitario" hacia el proyecto de intervención; y b) facilitar la participación informada de los pueblos indígenas en el diseño e implementación de "Planes para Pueblos Indígenas", que señalen medidas para evitar efectos negativos potenciales hacia los pueblos indígenas, o cuándo no es posible evitarlos, preparar acciones de mitigación o compensación.

Con ese fin se llevó a cabo la Evaluación Social Regional del Sistema de Microcuencas Prioritarias "Cutzamala-La Marquesa". Ésta consistió en realizar un proceso de consulta, para identificar los riesgos e impactos sociales negativos del Programa de Restauración Forestal en Cuencas Hidrográficas Prioritarias "Cutzamala-La Marquesa" (PRFCHP-CM), a partir de un proceso participativo con las comunidades y ejidos indígenas. Para ello fue necesario realizar talleres participativos con la población indígena, que habita en el área de influencia o elegible del Programa (región objeto de la Evaluación Social). A su vez se efectuaron reuniones con el personal de CONAFOR que lo opera y con los asesores técnicos forestales que brindan asesoría privada a las localidades, con el fin de conocer su opinión sobre los riesgos e impactos del Programa.

Mapa 1. Sistema de Microcuencas Prioritarias "Cutzamala-La Marquesa": Delimitación estatal y municipal



Es importante señalar que el Sistema de Microcuencas Prioritarias "Cutzamala-La Marquesa" (SMP, región delimitada por la CONAFOR como área elegible del Programa de Restauración Forestal en Cuencas Hidrográficas Prioritarias) tiene una doble importancia para el centro del país; otrora fue un *continuum* biológico que cubría, según diversas narrativas hispanas, un macizo forestal desde las cuencas cerradas de México-Tenochtitlán, hasta el lago de Pátzcuaro. En ella se asentaron diversos grupos étnicos que encontraron una gran riqueza biológica que les permitió explotar una variedad de micro climas, vegetación, tipos de suelos y, desde luego, la fauna asociada a dicho hábitat. Su

condición de meseta central que colinda con el occidente mexicano pero también con su estribación oriental con los valles de Puebla-Tlaxcala, aunado a su altitud, le permitió convertirse en el centro cultural del Mesoamérica.

La región donde hoy día se asienta el SMP "Cutzamala-La Marquesa" ha sido una de las más pobladas desde la época prehispánica. Su ocupación humana data desde 30,000 a.C. Hacia la época de la conquista México-Tenochtitlán tenía aproximadamente 200,000 habitantes y más de 15 km² de extensión territorial. Era la urbe más poblada del planeta. En la actualidad, la población indígena asociada a esta región representa poco más de la mitad de la población total. Su importancia está fuera de duda, no solo por ser una de las raíces de las culturas originarias, sino por el conocimiento asociado con el uso y manejo sustentable de los recursos naturales y medio ambiente en general. Sus prácticas productivas están en riesgo de desaparecer por la imposición e impacto del modelo urbano-industrial, que tomó fuerza desde mediados del siglo pasado; así como por los cambios en el uso de suelo por la agricultura y explotación forestal para fines comerciales.

Estos antecedentes ecológico-culturales influyeron en que, desde la conquista hasta nuestros días, la región haya sido el centro político, cultural y económico del país. Sin embargo su centralidad tuvo un costo grave en lo ambiental: deforestación severa, contaminación de ríos y mantos acuíferos, pérdida de biodiversidad, alta contaminación atmosférica, desecación de lagos, uso extensivo de agroquímicos, alta generación de desechos industriales y residuos sólidos, entre otros.

Además la región ha dado sustento a una diversidad de actividades forestales y agropecuarias, y brinda servicios ecosistémicos vitales como la provisión de agua a la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM). De acuerdo con SEDESOL-CONAPO (2007), la ZMCM está conformada por 60 municipios del estado de México y las 16 delegaciones del DF; alberga 29 millones de habitantes en un área de 7,854 km²; cuenta con una flota vehicular de más de 4.5 millones (SMA-DF, 2010), y una gran actividad comercial nacional e internacional que contribuye con 29% del PIB nacional.

De todos los problemas ambientales que sufre la ZMCM, el abasto de agua es sin duda el principal de ellos, su densa población la demanda día a día, así como las actividades industriales y comerciales que allí se realizan. Las condiciones altitudinales y geológicas (más de 2,000 m.s.n.m y sobre el eje neovolcánico transversal) en las que se ubica, han determinado una disponibilidad limitada de agua (superficial y subterránea). Esto aunado a los altos requerimientos de agua para uso urbano-industrial, ha llevado a que la disponibilidad por cuenca propia sea insuficiente y se hayan aplicado, desde los años sesenta del siglo pasado, soluciones técnicas como el trasvase de agua proveniente de otras cuencas (Lerma y Cutzamala-Balsas) a través de grandes obras hidráulicas.

En este sentido, es vital conservar los bosques que se encuentran amenazados por procesos económicos y urbanos, así como garantizar los servicios ecosistémicos (como la provisión de agua, captura de carbono) que estas cuencas proveen tanto a los habitantes rurales como urbanos. De allí la importancia del PRFCHP-CM que se inserta en una iniciativa nacional de protección y restauración de bosques para hacer frente al cambio climático. No obstante, es necesario que el citado programa sea adecuado al contexto sociocultural y ambiental para reducir los riesgos e impactos negativos que pudiera tener sobre la población indígena (principalmente) y el medio biofísico.

2 MATERIALES Y MÉTODOS

La Evaluación Social Regional y el Plan para Pueblos Indígenas tiene como soporte las políticas operacionales del Banco Mundial (2005) y el Marco de Planificación de los Pueblos Indígenas realizado por la CONAFOR (2011a) en el contexto del Proyecto Bosques y Cambio Climático. Ésta incluye: los resultados de la investigación documental, estadística y cartográfica sobre la cuestión indígena y los aspectos sociales y culturales asociados con el manejo de los bosques en la región de estudio; así como los resultados del trabajo de campo a nivel etnográfico y la consulta vía talleres a la población indígena beneficiada y otros actores relevantes del PRFCHP-CM para evaluar sus riesgos e

impactos sociales negativos. Es decir, el estudio realizado se apoyó en métodos de investigación social participativa en varias localidades indígenas (ejidos y comunidades) que están dentro del área elegible del Programa, el cual abarca al Distrito Federal, Estado de México y Michoacán. También requirió la realización de talleres con el personal operativo de CONAFOR y entrevistas a profundidad con los técnicos que apoyan a las localidades indígenas del SMP "Cutzamala-La Marquesa".

En específico la metodología de evaluación social del programa sea apoyó en los objetivos del Marco de Planificación de los Pueblos Indígenas:

- a) Asegurar el acceso y la participación amplia de los pueblos indígenas para el desarrollo sustentable.
- b) Evitar, prevenir, mitigar posibles impactos adversos a la población indígena.
- c) Reconocer los derechos consuetudinarios de los pueblos y comunidades indígenas y no indígenas respecto a las tierras y territorios tradicionalmente ocupados y usados.
- d) Proveer las directrices y procedimientos claros para el desarrollo de Planes para Pueblos Indígenas, en casos necesarios.

Por ello la estrategia contempló la participación rectora de los grupos indígenas (tanto beneficiarios directos e indirectos, como grupos potenciales) en un proceso de análisis de las actividades, supuestos y objetivos del programa. El producto final de la evaluación social fue un documento con los insumos necesarios para rediseñar el programa, de manera que se incluyeran los intereses, recursos, conocimiento local, necesidades y condiciones socioculturales de los grupos indígenas.

Cuadro 1. Relación de talleres participativos en localidades indígenas para la evaluación social del Programa de Restauración Forestal en Cuencas Hidrográficas Prioritarias "Cutzamala-La Marquesa"

Localidad	Municipio	Estado	Número de asistentes	Fecha
Santa María Tixmadejé	Acambay	México	12	19/01/2014
Pastores	Temascalcingo	México	17	24/01/2014
Santa Ana Yenshu	Temascalcingo	México	34	17/02/2014
San Antonio Pueblo Nuevo	San José del Rincón	México	40	31/01/2014
Santa Rosa de Guadalupe	El Oro	México	8	7/02/2014
San Antonio de las Huertas	San Felipe del Progreso	México	13	8/02/2014
San Antonio Mextepec	San Felipe del Progreso	México	8	24/02/2014
Santiago Temoaya	Santiago Temoaya	México	20	20/01/2014
San Pedro Arriba	Santiago Temoaya	México	21	30/01/2014
Villa de Coatepec	Tianguistenco	México	19	24/02/2014
San Mateo Capulhuac	Otzolotepec	México	19	27/02/2014
Cuadrilla Vieja	Villa Victoria	México	15	30/01/2014
Ejido Vare	Villa de Allende	México	10 (registrados) y 12 (no registradas)	12/02/2014
San Pablo Malacatepec	Villa de Allende	México	25-30 (no registradas)	14/02/2014
Francisco Serrato	Zitácuaro	Michoacán	55	28/11/2013
Rincón de Curungueo	Zitácuaro	Michoacán	32	30/11/2013
Santo Tomás y San Miguel Ajusco.	Tlalpan	Distrito Federal	17	26/02/2014

En lo referente a la metodología del Plan para Pueblos Indígenas (PPI), se basó en los principios que marcan las Salvaguardas Sociales del Banco Mundial: los distintos actores de los núcleos agrarios y

comunidades, plasmen y articulen acciones encaminadas a mitigar y compensar impactos negativos del programa, con la finalidad de integrar el Plan. Esto llevó a trabajar, bajo un enfoque participativo, en talleres aplicados en comunidades y con base en la información puntual que generaron para lograr plasmarla en el Plan.

Cuadro 2. Talleres de validación del Plan de Pueblos Indígenas del SMP Cutzamala-La Marquesa

Taller	Comunidad	Municipio	Estado	Fecha	Asistentes
1	San Mateo Capulhuac	Otzolotepec	México	26/mayo/14	15
2	San Nicolás Coatepec	Santiago Tianguistenco	México	27/mayo/14	25
3	San Miguel y Santo Tomas Ajusco	Delegación Tlalpan	Distrito Federal.	30/mayo/14	13
4	C.I. Francisco Serrato	Zitácuaro	Michoacán.	14/mayo/14	14
5	Ejido Vare	Villa De Allende	México	19/mayo/14	17 contabilizados 12 registrados
6	C.I. Cuadrilla Vieja	Villa Victoria,	México	20/mayo/14	2 registrados, 4 contabilizados
7	Santa Rosa de Guadalupe	El Oro	México.	28/mayo/14	17
8	San Antonio Pueblo Nuevo	San José del Rincón	México.	28/mayo/14	26
9	Santa Ana Yenshu	Temascalcingo	México.	31/mayo/14	16

Resultados

3.1 Síntesis de la Evaluación Social Regional

Las políticas de salvaguarda social establecen que, el involucramiento de los pueblos indígenas en los proyectos de desarrollo, será de carácter colaborativo; y reconocen la importancia de que participen de forma plena y efectiva, en el diseño, implementación, monitoreo y evaluación de las políticas públicas que tengan incidencia en su territorio (Banco Mundial, 2005; CONAFOR, 2011a y 2011b). Bajo este contexto, el Proyecto de Bosques y Cambio Climático (PBCC), que es impulsado por el gobierno federal a través de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR, 2012c) y con apoyo financiero del

Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento (BIRF), busca evitar, mitigar y/o compensar los impactos negativos y riesgos asociados con el Programa de Restauración Forestal en Cuencas Hidrográficas Prioritarias (PRFCHP) de la CONAFOR (2012a).

Con base en los requisitos procesales de la política operacional 4.10 sobre Pueblos Indígenas, la Evaluación Social dirigió el punto focal de análisis en evaluar la participación de la población indígena mazahua, otomí y nahua y conocer el respaldo que dan a las acciones realizadas por la CONAFOR en el Programa de Restauración Forestal en Cuencas Hidrográficas Prioritarias “Cutzamala-La Marquesa”.

La Evaluación Social tuvo alcances significativos para identificar los riesgos e impactos sociales negativos del Programa, así como para mejorar los mecanismos de atención y procesos de diseño e implementación del Programa en los pueblos indígenas.

En términos históricos es clara la importancia de esta área cultural, donde se ubica el SMP Cutzamala-La Marquesa, como uno de los núcleos más importantes de Mesoamérica y donde las comunidades indígenas mazahua, otomí y nahua han logrado convergir a lo largo de varios siglos. Todo ello a pesar de los cambios que vinieron con la Conquista y Colonia, así como con la consolidación del Estado-Nación y su modelo urbano-industrial que transformó notoriamente su territorio.

La cosmovisión de los pueblos originarios es uno de los principales elementos que explican por qué los pueblos indígenas tienen un manejo más adecuado del bosque y cómo se relacionan de manera más integral con los recursos que aprovechan (agua, suelos). La Evaluación logró percibir la importancia de la cosmovisión de los pueblos indígenas para mantener un equilibrio ecológico adecuado a las necesidades de los pueblos y no a las exigencias del mercado global y/o del modelo urbano-industrial que presionan cada día más a los bosques.

Los actuales territorios indígenas y las poblaciones que los habitan han modificado sus prácticas culturales con relación al bosque debido a cambios de uso del suelo y un proceso de urbanización intenso de las zonas metropolitanas del Distrito Federal y del Valle de Toluca. Además, la migración interna ha provocado una transformación importante en los componentes de la población.

En el diagnóstico sociodemográfico general en el SMP Cutzamala-La Marquesa se definió el grado de etnicidad de la población que habita en los ejidos y comunidades, dando un total de 1,058,000 habitantes indígenas, de los cuales 267,003 son de Michoacán, 788,240 del Estado de México y 3,365 del Distrito Federal; así como una total de 254,070 de población hablante de alguna lengua indígena en todo el SMP donde 22,025 son de Michoacán, 231,799 de Estado de México y 246 del Distrito Federal.

Los procesos sociales y políticos en los ejidos y comunidades indígenas con bosques en el SMP Cutzamala-La Marquesa indican que los índices de alta marginación y pobreza en las regiones indígenas del país han afectado en la forma en que los indígenas se relacionan con el bosque. Además, las formas tradicionales de consulta de los indígenas a través de asamblea, y la toma de decisión basada en los usos y costumbres ha sido afectada por el clientelismo política y la exclusión de la estructura agraria de sectores importantes de la población que son considerados poseionarios o avecindados.

Para la propuesta piloto de actualización de tipología de ejidos y comunidades indígenas en el SMP Cutzamala-La Marquesa, la Comisión para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas (CDI) ha delimitado la población indígena y las regiones donde habita con base en criterios lingüísticos a nivel municipal. Con base en esta información se hizo una tipología de ejidos y comunidades indígenas en el SMP Cutzamala-La Marquesa.

Los actores más relevantes en el desarrollo del Programa han sido actores gubernamentales (personal técnico de la CONAFOR), privados (asesores técnicos forestales), sociales (ejidos y comunidades) y no gubernamentales (ONG's).

Los aspectos clave para el Plan para Pueblos Indígenas en el marco del Programa de Restauración Forestal en el SMP Cutzamala-La Marquesa enfoca a la participación de actores clave para llevar a cabo estrategias que ayuden a la eliminación, reducción, mitigación y compensación de los riesgos e impactos sociales negativos.

Con base en los resultados de trabajo de campo fue posible conocer los riesgos e impactos sociales actuales asociados al Programa, así como algunas recomendaciones para evitarlos y mitigarlos desde la visión de los actores centrales. En este sentido, la Evaluación Social hizo referencia al proceso de análisis tendiente a identificar las consecuencias sociales tanto positivas como negativas desde el punto de vista de los actores.

Cuatro actores sociales han sido clave en el PRFCHP-CM: el personal técnico de CONAFOR, los asesores técnicos forestales y los integrantes de los núcleos agrarios indígenas. El personal técnico de la CONAFOR identificó que las estructuras organizativas de las comunidades encargadas de manejar los recursos de uso común se encuentran debilitadas, debido a la baja participación de los ejidatarios y comuneros en las asambleas colectivas. Además, la participación de las comunidades está más relacionada con un incentivo económico en forma de empleo temporal, en vez de tener un involucramiento real en el manejo de sus áreas de uso común.

Por otro lado, se encontró que la falta de inclusión social tiene relación con mecanismos de atención ciudadana que no ejercen la transparencia en el manejo de recursos económicos de las comunidades. El manejo de dinero es uno de los principales motivos de disputa a nivel ejidal y comunitario, que muchas veces no se resuelve ni es atendido por parte de la CONAFOR.

Los bajos niveles de participación y confianza ante las instituciones comunitarias encargadas de manejar el recurso forestal se relaciona con el bajo nivel de participación de la población en la toma de decisiones, que impide su integración en el Programa.

Fue notable también que la información sobre el Programa se mantiene concentrada en la mesa directiva de los núcleos agrarios (ejidos y comunidades indígenas); por lo cual, el amplio apoyo comunitario no se cumple.

Los asesores técnicos forestales recomendaron realizar mayores consultas entre los actores involucrados en el Programa. Las consultas podrán ser por vía talleres participativos y entrevistas y también análisis de los procesos asociados con el Programa: Diseño e Implementación. La asesoría técnica en las comunidades tiene como prioridad promover la participación previa, libre e informada en las comunidades indígenas beneficiadas.

Finalmente sobre los impactos sociales positivos del Programa, se registró la creación del empleo temporal, así como el potencial del bosque para generar alternativas económicas para la población. Además existe un fortalecimiento de la vigilancia comunitaria de las áreas forestales de uso común.

3.2 Resultados principales de la Evaluación Social Regional

La Evaluación Social Regional en el Sistema de Microcuencas Prioritarias (SMP) Cutzamala-La Marquesa ofreció una interesante perspectiva analítica de los hallazgos encontrados en el trabajo de

campo, los talleres y la investigación bibliográfica para reconocer los riesgos e impactos sociales vinculados con la implementación del PRFCHP-CM.

Los hallazgos principales fue reconocer que la comunicación entre las localidades indígenas y la CONAFOR es limitada debido a que sólo los asesores técnicos forestales y las autoridades de las comunidades son las que tienen la información concentrada, lo que impide que la población en general esté enterada e incluso informada sobre el proceso de implementación del Programa.

Uno de los resultados que permitió observar la Evaluación fue que la población indígena tiene amplios conocimientos sobre el bosque y una visión más integral, que debe ser considerada por la CONAFOR. Por ejemplo, el conocimiento de la población indígena con relación a las especies más idóneas para la reforestación, puede generar un mayor éxito del Programa, así como en la conservación del bosque a largo plazo.

Otro de los resultados encontrados fue que sustentar el proceso de consulta de los pueblos indígenas en la estructura agraria (núcleos ejidales o comunales), tiene el riesgo de excluir a grupos sociales sin derechos agrarios (principalmente jóvenes y mujeres). De igual manera puede omitir que se interviene en núcleos agrarios, donde existen arreglos institucionales de carácter histórico que se apoyan en una cultura política basada en relaciones clientelares y el control de la toma de decisiones por grupos de poder local (aspecto ampliamente documentado en la bibliografía). Como resultado se reduce la legitimidad de los núcleos agrarios como espacio de participación efectiva de mujeres, jóvenes, avocados, personas mayores, ejidatarios y comuneros, que son excluidos del proceso de consulta y toma de decisiones.

Uno de los grandes retos de la política en materia forestal es desarrollar un programa que asegure la equidad de género, a través de coadyuvar a que no se fortalezcan las relaciones de poder y dominio (patriarcales, jerárquicas y asimétricas) que se han reproducido históricamente entre hombres y mujeres. Aun con la inclusión de la perspectiva de género en el diseño del PRFCHP-CM, no se han logrado establecer mecanismos efectivos para que las mujeres mazahuas, otomíes, y nahuas reciban los beneficios adecuados y participen en la toma de decisiones.

3.3 Síntesis del Plan de Acción para Pueblos Indígenas

La construcción del Plan de Pueblos Indígenas fue guiada por los lineamientos establecidos en la Política Operacional 4.10 Pueblos Indígenas (Banco Mundial, 2005) y las salvaguardas sociales del Proyecto de Bosque y Cambio Climático de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR): el Marco de Planificación para Pueblos Indígenas (CONAFOR, 2011a), la Evaluación Social (CONAFOR, 2012b) y el Plan General para Pueblos Indígenas (CONAFOR, 2014).

En el caso concreto del Sistema de Microcuencas Prioritarias Cutzamala-La Marquesa, que corresponde a una de las Cuencas Hidrográficas Prioritarias del Programa de Bosques y Cambio Climático, se aplicó de manera *ex-post* (posterior a la implementación del Programa) la salvaguarda social "Evaluación Social Regional". Ésta fue realizada, a través de un proceso de investigación-acción participativa, por el equipo de la Universidad Nacional Autónoma de México en colaboración con el personal operativo del PRFCHP, los asesores técnicos forestales y los pueblos mazahuas, otomíes y nahuas, que se ubican en los estados de México, Michoacán y Distrito Federal. Los resultados de la citada Evaluación fueron sustantivos para identificar los impactos negativos y riesgos del Programa de Restauración Forestal en Cuencas Hidrográficas Prioritarias "Cutzamala-La Marquesa" (PRFCHP-CM) y algunas medidas de solución.

La población objetivo del Plan son los pueblos indígenas que participan como beneficiarios del PRFCHP-CM. El Plan de Acción para Pueblos Indígenas Mazahuas, Otomíes y Nahuas (PPI-MON)

desarrolla estrategias y acciones encaminadas a promover la obtención de beneficios sociales y económicos adecuados, desde el punto de vista cultural, de género e inter-generacional. Todo ello en concordancia con las estrategias y líneas de acción del Plan General de Pueblos Indígenas, que buscan una participación activa, informada y culturalmente apropiada de los pueblos indígenas.

De esta manera en el PPI-MON se encuentran medidas encaminadas a evitar, mitigar o compensar los riesgos e impactos negativos identificados en el PRFCHP-CM, las cuales se determinaron a partir de un proceso de investigación-acción participativa en los talleres de evaluación social (noviembre 2013-febrero 2014) y los talleres de validación de las propuestas (abril-mayo 2014). Tales medidas están acompañadas por un sistema de indicadores de monitoreo y evaluación que contemplan disposiciones para asegurar la participación de la población indígena en el seguimiento del Plan. Estos mecanismos cuentan, a su vez, con procedimientos adecuados culturalmente para resolver quejas de la población y gestionar potenciales conflictos producidos por la implementación del PRFCHP-CM.

El PPI-MON se diseñó de forma que las acciones propuestas puedan ser implementadas con los recursos de la CONAFOR, que se especifican en las Reglas de Operación de PRONAFOR 2014 (Poder Ejecutivo, 2013). También se puso énfasis en el convenio de colaboración existente entre la Comisión para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas (CDI) y la CONAFOR (CONAFOR, 2013) para que el PPI-MON sea un instrumento que contribuya a una atención más efectiva de los pueblos indígenas entre ambas instituciones.

Es importante señalar que el convenio CONAFOR-CDI posibilita la construcción de acuerdos específicos entre cualquiera de las Coordinaciones Generales o Gerencias Estatales que forman parte de la CONAFOR y cualquiera de las delegaciones de la CDI. El convenio solicita que estos acuerdos específicos contengan las actividades a desarrollar, el presupuesto destinado, la definición de fuentes de financiamiento, las instalaciones y los equipos a utilizar, los responsables de ejecución de cada proyecto, los productos a obtener (objetivos y metas), así como el cronograma de actividades parcial y final, el calendario financiero, la vigencia, las características y los ámbitos de operación (CONAFOR, 2013).

En este sentido, se consideró sustantiva la articulación con el Programa Especial de los Pueblos Indígenas 2014-2018, elaborado por la CDI. Tal Programa es un instrumento de política pública que orienta las acciones del gobierno federal para la promoción del desarrollo de los Pueblos Indígenas, el cual establece objetivos, estrategias, líneas de acción, indicadores y metas para abatir las carencias y rezagos que afectan a los pueblos y comunidades indígenas (CDI, 2014).

De esta manera el plan de financiamiento del PPI-MON es sólido desde el punto de vista de la oferta de programas sociales del gobierno federal, como del interés de las dependencias en sus tres niveles y otros actores (organizaciones no gubernamentales y fundaciones nacionales e internacionales, entre otros) para conjuntar esfuerzos en torno de la atención de los pueblos indígenas y la cuestión forestal.

En resumen, el PPI-MON contiene líneas de acción para que la Subgerencia Operativa del PRFCHP-CM, apoyada por la CDI y con la supervisión continua de la Coordinación de Salvaguardas de la CONAFOR, pueda garantizar una participación activa, informada y culturalmente apropiada de los pueblos indígenas mazahua, otomí y nahua en el Proyecto de Bosques y Cambio Climático.

3.4 Resultados principales del Plan de Acción para Pueblos Indígenas

El Plan de Acción reafirma de forma efectiva la Evaluación Social Regional en el SMP Cutzamala-LaMarquesa, su objetivo es que existan nuevas estrategias de acción relacionadas con una serie de indicadores que permiten potenciar su efectividad. Estas estrategias se apoyan en: a) El compromiso sostenido de las comunidades en el control comunitario y la percepción local del desarrollo rural y el

cuidado de bosques como una alternativa económica viable; b) La implementación de intervenciones planificadas con la garantía de un financiamiento de largo plazo (10 a 20 años); c) La capacidad de brindar apoyos para ampliar los beneficios sociales y económicos de las comunidades indígenas y; d) El fortalecimiento de la colaboración entre la CDI y la CONAFOR.

Las líneas de acción estratégicas fueron diseñadas para definir una serie de objetivos clave que deben implementarse en conjunto la CONAFOR y localidades indígenas. Tales acciones estratégicas consisten en:

El desarrollo de las capacidades de las instituciones ejidales y comunales que administran los bienes forestales de uso común, a través de articular el PRFCHP-CM con apoyos dirigidos al desarrollo de capacidades organizativas y productivas en las comunidades indígenas, así como incorporar conceptos de apoyo del componente II. “Desarrollo de capacidades” como los Planes de Desarrollo Comunitario.

La focalización de las intervenciones en núcleos agrarios indígenas por su posesión de áreas prioritarias para la restauración forestal, a través de llevar a cabo un estudio para identificarlos; y elaborar un acuerdo específico de colaboración entre la CONAFOR y CDI en sus sedes de Atlacomulco y Zitácuaro.

Entre las medidas propuestas están aquellas relacionadas con el fortalecimiento de la capacidad de los responsables de la ejecución del PRFCHP-CM, la superación de las barreras culturales en su acceso y desarrollo, la reducción de la dependencia de la población indígena hacia la asesoría técnica y la subsanación de vacíos en la documentación requerida para participar en el Programa.

Los principales actores responsables de llevar a cabo el Plan para Pueblos Indígenas Mazahuas, Otomíes y Nahuas (PPI-MON) son:

Las agencias de desarrollo local y asesores técnicos forestales realizarán las evaluaciones y los balances finales en los períodos de tiempo establecidos para la realización de acciones en el proceso.

Los promotores comunitarios serán los encargados de producir reportes para supervisar el trabajo en las comunidades desarrollado por los agentes de CONAFOR.

Los promotores regionales serán los encargados de asesorar técnicamente al personal de CONAFOR para saber cómo llevar a cabo los reportes y supervisar las gestiones.

Las instituciones académicas serán las indicadas para hacer una evaluación del impacto social generado por las acciones del Plan.

La interacción entre varios actores es indispensable para que funcione el Plan de Acción para Pueblos Indígenas ya que potencia las interrelaciones y desarrolla el sistema de cargos en las comunidades, logrando mayor compromiso de cada uno de los actores involucrados en el proceso.

4. Discusión y conclusiones

La Evaluación Social Regional tuvo como objetivo analizar los impactos positivos y negativos que existen dentro de las comunidades y ejidos indígenas que participan en el Programa de Restauración Forestal en Cuencas Hidrográficas Prioritarias “Cutzamala-La Marquesa”, con el fin de hacer un balance y análisis específico sobre el Programa y proponer acciones y medidas que conllevaron a la elaboración de un Plan de Acción para Pueblos Indígenas..

El Plan para Pueblos Indígenas Mazahuas, Otomíes y Nahuas apoyó en la Evaluación Social Regional realizada en localidades indígenas de los estados de Michoacán, México y el Distrito Federal. Ambos documentos son un esfuerzo importante de diseño y aplicación de metodologías de investigación-acción participativa, para analizar la implementación de política pública de escala internacional (salvaguarda social) en localidades indígenas. Es decir, respetando las políticas de operación del Banco Mundial (O.P 4.10) para implementar programas que incorporen la dimensión sociocultural, promuevan la participación social y respeten los derechos de los pueblos indígenas.

Entre algunas de las conclusiones es que las salvaguardas sociales puedan aplicarse en los pueblos indígenas que son beneficiados por el Programa de Restauración Forestal, ya que se encontraron varios riesgos e impactos sociales negativos asociados con su diseño e implementación en el SMP Cutzamala-La Marquesa. Si bien los documentos generados por la CONAFOR, como el Informe de la Evaluación Social, el Marco de Planificación de Pueblos Indígenas y el Plan General de Pueblos Indígenas, son una base para el diseño y aplicación de las salvaguardas sociales. Por sí mismos no son suficientes para reorientar las políticas y programas en zonas indígenas con el fin de reducir y manejar mejor los riesgos e impactos negativos. Se requiere bajar del nivel nacional al nivel regional y local: cuencas prioritarias y localidades indígenas para aplicar las salvaguardas sociales.

En este sentido es sustantivo que la vinculación que se establezca con los beneficiarios indígenas del Programa se realice en un marco de respeto que garantice su participación. Además, se debe rescatar la idea de que las comunidades son portadoras de conocimientos que deben ser comunicadas con el personal especializado en comunidades indígenas de la CONAFOR para que tengan una mayor adecuación a sus usos y costumbres. En específico, se hace una recomendación a que los talleres y promoción del programa se realice en las lenguas indígenas de cada comunidad y que se integre en las Universidades locales planes de estudio que permita a los indígenas incorporarse a las necesidades del Programa con base en estudios profesionales dirigidos única y exclusivamente a los indígenas.

Las principales deficiencias del Programa en una escala social es que no hay una comprensión real del Programa en las comunidades y poco estímulo para participar dada la complejidad en cuanto a requisitos y procedimientos para su ingreso y permanencia en el mismo. El único estímulo que reciben es económico (trabajos de restauración) pero está por abajo del salario diario promedio y del estímulo que procede de otras Secretarías de Estado, como SEDESOL.

En gran medida, la Evaluación Social Regional conjuntó una serie de recomendaciones realizadas por las localidades otomíes, mazahuas y nahuas para mejorar los resultados y minimizar impactos negativos del Programa. Se pudo corroborar la falta de atención a las localidades responde a la sobrecarga de trabajo del personal técnico de la CONAFOR, que es muy limitado para la extensión territorial del SMP Cutzamala-La Marquesa.

Otra conclusión importante es que las asambleas ejidales y comunales tienen poca concurrencia de la comunidad en general, ya que no incluyen a mujeres, niños, adolescentes y vecindados en la toma de decisiones, para lo cual la CONAFOR debe desarrollar un mecanismo de inclusión de otros sectores de la población en el Programa.

Con relación a las mujeres y la toma de decisiones es indispensable que participen en talleres con un enfoque de género que permita potenciar las habilidades y criterios que ellas señalan como importantes en el Programa. Lo mismo ocurre con los jóvenes que están excluidos del proceso de toma de decisiones, ya que no tienen derechos agrarios formalmente reconocidos (título de propiedad en caso de ser ejido).

Sin duda, la CONAFOR juega un papel muy importante con las comunidades indígenas para generar nuevos mecanismos de relación entre sociedad civil y Estado, con el fin de que los programas sean beneficiosos para la población indígena, sin que se sientan desplazadas de sus territorios o violentados sus sistemas de gobierno. En este sentido, la CONAFOR puede desarrollar una política que se apoye en una estrategia conjunta con la CDI y la SEDESOL para brindar apoyos mayores a los sectores más vulnerables de las comunidades indígenas que participan o están interesados en el Programa.

Recomendaciones de índole general

Reconocer a los pueblos indígenas como sujetos de derecho político. Aceptar las instancias de toma de decisiones locales como las legítimas representantes de la comunidad (comunidad, ejido, campesinos y pequeños propietarios) en los tratos y acuerdos que se establezcan con los gobiernos municipal, estatal y federal.

Formación de recursos humanos comunitarios. Bajo la premisa de "recuperar la información y conocimientos de los pueblos como base para proporcionar la información y conocimientos actuales a proporcionar" en temas o aspectos técnicos forestales, agrícolas, artesanales, etc. de salud, de género, etc.

Trabajo organizativo de la sociedad para su consolidación y desarrollo de programas y proyectos. Si bien los recursos económicos o financieros son importantes, son una pieza más del rompecabezas; por ello es tan fundamental que se tenga personal institucional o de ONGS, preparados para llevar a cabo trabajos de organización social al interior de las comunidades previo a cualquier entrada de programas de gobierno.

Se considera que el programa de la CONAFOR debe contemplar una intervención integral en la comunidad, no ver solamente el bosque, sino los demás sectores educativo, salud, familia, producción, comercio, etc. lo que hace suponer una intervención a mediano y largo plazo y con una fuerte carga de coordinación interinstitucional y corresponsabilidad social.

Se requieren garantizar los esfuerzos institucionales de mediano (6 años) y largo plazo (12 años) en materia ambiental para potenciar la recuperación de los bosques y la conservación de agua (ojos y manantiales), en cuanto a la continuidad y permanencia de política pública, con mecanismos claros de mantenimiento, seguimiento, evaluación y sus costes aparejados; así como la consideración de apoyo técnico/económico a superficies mayores de 3 ha.

Es de primera importancia mantener y aplicar los criterios de salvaguardas como uno de los mecanismos de operación *sine cuan non*, que le da sello distintivo al Programa al velar por las garantías de la vida cotidiana de los pueblos indígenas de la región.

5. Agradecimientos

Un agradecimiento al equipo de colaboradores que participaron en el proyecto del Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad de la UNAM: Eduardo Luna Sánchez, Paola Suárez Ávila, Pedro Velázquez Juárez, Mayra Chávez Alcalá, Gustavo Alcocer Almaraz, Anahí Olmos Rodríguez, Diana Manrique Ascencio y Sofía García Calderas. Así como a la Comisión Nacional Forestal que a través de un convenio de colaboración firmado con la UNAM solicitó la aplicación de las salvaguardas sociales en el marco del programa de Bosque y Cambio Climático, que se realizó para el sistema de microcuencas hidrográficas prioritarias Cutzamala-La Marquesa durante 2013 y 2014.

6. Literatura citada

- Banco Mundial. 2005. *Políticas operacionales: Pueblos Indígenas y Anexos A, B y C*. Washington.
- CDI. 2014. *Decreto por el que se aprueba el Programa Especial de los Pueblos Indígenas 2014-201*. Diario Oficial de la Federación, México, 30 abril.
- CONAFOR. 2011a. *Marco de Planificación para Pueblos Indígenas del Proyecto Bosques y Cambio Climático*. SEMARNAT, México.
- CONAFOR. 2011b. *Introducción a las salvaguardas del Proyecto de Bosques y Cambio Climático*. SEMARNAT, México.
- CONAFOR. 2012a. *Programa de Restauración Forestal en Cuencas Hidrográficas Prioritarias*. SEMARNAT, México.
- CONAFOR. 2012b. *Informe de evaluación social*. SEMARNAT, México.
- CONAFOR. 2012c. *Manual Operativo del Proyecto de Bosques y Cambio Climático*. SEMARNAT, México.
- CONAFOR. 2013. *Convenio de colaboración de la Comisión Nacional Forestal con la Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas*. México, 15 octubre.
- CONAFOR. 2014. *Plan General para Pueblos Indígenas del Proyecto de Bosques y Cambio Climático*. SEMARNAT, México.
- PODER EJECUTIVO. 2013., *Reglas de operación del Programa Nacional Forestal 2014*. Diario Oficial de la Federación, México, 31 diciembre.
- SMA-DF. 2010. *Inventario de Emisiones de Contaminantes Criterio de la ZMVM 2008*. México.
- SEDESOL CONAPO. 2007. *Delimitación de las zonas metropolitanas en México 2005*. México.

Extenso ID: 254. Roberto Romero Pérez. LA CUENCA DEL VALLE DE JOVEL. VULNERABILIDAD SOCIOAMBIENTAL FRENTE A EVENTOS METEOROLÓGICOS EXTREMOS

[Regresar al índice](#)

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

Resumen:

Los eventos meteorológicos extremos constituyen una amenaza, pues impactan no sólo en los ecosistemas, sino en las poblaciones generándoles una mayor marginalidad. La existencia de riesgo se explica por la presencia de dos grandes factores: las amenazas (ocurrencia de un evento que afecta la sociedad) y la vulnerabilidad (serie de características socioeconómicas que predisponen al individuo a sufrir daños por el impacto de un evento). Los impactos que se presentan producto de una amenaza, entre otras cosas, profundizan la división social del trabajo en las actividades de respuesta y recuperación frente a la emergencia, acrecentando las desigualdades e incrementando los niveles de marginalidad y la distribución inequitativa de los recursos y beneficios.

En este estudio, se analiza el caso de la Cuenca del Valle de Jovel, localizada en la región de Los Altos de Chiapas. Esta es una cuenca interesante para analizar los efectos de los fenómenos meteorológicos extremos en población en condiciones de alta vulnerabilidad. Por un lado, dicha cuenca presenta serios problemas socioambientales (deforestación, contaminación del agua y suelo, marginación social, falta de saneamiento de las aguas residuales, recurrentes inundaciones) y, por otro lado, continuamente se han presentado fenómenos meteorológicos como lluvias intensas y granizadas atípicas, que han incrementado las inundaciones de la ciudad de San Cristóbal de las Casas y, con ello, la vulnerabilidad de sus pobladores.

Palabras Clave: Cambio climático, GIRH

Extenso ID: 43. Walter López Báez, Roberto Reynoso Santos. MANEJO INTEGRAL DE CUENCAS PARA LA ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA SIERRA MADRE DE CHIAPAS, MÉXICO

[Regresar al índice](#)

¹Programa Manejo Integral de Cuencas, ²Manejo Forestal Sustentable y Servicios Ambientales. Campo Experimental Centro de Chiapas, INIFAP. Km 3.0 carretera Ocozocoautla-Cintalapa, A. P. Núm. 1, C.P. 29140 Ocozocoautla, Chiapas. Tel. 01-800-088-2222 Ext. 86313, (reynoso.roberto@inifap.gob.mx),

[§]Autor para correspondencia: lopez.walter@inifap.gob.mx

RESUMEN

En el estado de Chiapas, en especial la Sierra Madre, la orografía, la geología de los suelos y el deterioro en las partes altas de las cuencas, hacen que los efectos adversos del Cambio Climático (CC) se manifiesten en mayor magnitud cuando ocurren precipitaciones extremas. Con el fin de mitigar y mejorar la capacidad de adaptación al CC de la población y los ecosistemas, el Fondo de Conservación El Triunfo, The Nature Conservancy e INIFAP, implementaron en una microcuenca piloto (6,000 ha) una propuesta integrada, que incluyó los siguientes componentes: (i) gestión integral del desarrollo; (ii) la cuenca hidrográfica como unidad de planificación; (iii) proceso de planeación que incluye las necesidades de las familia, los medios de vida, la base de recursos naturales, el suministro de servicios ecosistémicos y los efectos del CC; (iv) el desarrollo de los capitales humano y social y; (v) un mecanismo de financiamiento público y privado. De 2010 a la fecha se han invertido \$8.8 millones en diagnósticos, capacitación, acuerdos de conservación, restauración de suelos y bosques, mejoramiento productivo (maíz, frijol y café), PSA para proteger bosque natural, zonificación del riesgo de desastre, monitoreo de la calidad del agua y se creó el grupo intercomunitario de acción Territorial (GIAT) a nivel de la cuenca. Como resultado principal se han conservado 3,696 ha de bosques y sus servicios ecosistémicos con la participación entusiasta de la población con un costo unitario de \$476/ha/año. Se concluyó que la adaptación al CC debe ser integral, territorial y construida con la población; el enfoque de cuencas permitió planificar e implementar más eficiente las acciones en el territorio relacionando zonas altas y bajas e identificando las interacciones entre los diferentes servicios ecosistémicos; el mecanismo financiero público-privado garantizó oportunidad y continuidad en el desarrollo de las acciones y potenció la acción del gobierno generando confianza en la población. Actualmente se está sistematizando la experiencia para que otras organizaciones que trabajan en adaptación y mitigación al cambio climático puedan replicarla o usar sus elementos claves para promover el desarrollo rural sostenible con un enfoque de cuencas.

Palabras claves: Cuencas, Territorio, Desarrollo, Riesgos.

1. INTRODUCCIÓN

En el estado de Chiapas, en especial en la Sierra Madre, la orografía accidentada, la geología de los suelos y el deterioro en las partes altas de las cuencas, hacen que los efectos adversos del Cambio Climático (CC) se manifiesten en mayor magnitud cuando ocurren eventos extremos de precipitación (USAID & US Forest Service, 2007; Schroth et al., 2009). Los efectos están relacionados con la pérdida de vida de las personas, la seguridad alimentaria, el ingreso familiar, el suministro de agua, el desarrollo económico local y con la oferta de servicios ecosistémicos. Sin medidas de adaptación, estos

impactos continuarán siendo perjudiciales y crecientes, especialmente para la agricultura y para los recursos hídricos (Stern, 2007; SHCP, 2009).

Con el objetivo de reducir la vulnerabilidad de los sistemas naturales y antropogénicos frente a los efectos del CC, en el año 2010 el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), el Fondo de Conservación El Triunfo (FONCET), Fomento Ecológico Banamex, Fundación Gonzalo Río Arronte (FGRA), Comisión Federal de Electricidad (CFE), The Nature Conservancy (TNC) y la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), unieron recursos y esfuerzos para diseñar e implementar una estrategia de adaptación al CC, enfocada en el manejo integral de cuencas. Como resultado se desarrolló un modelo alternativo para administrar de forma integral los recursos naturales con la participación de la sociedad usuaria y de los gobiernos federal, estatal y municipal, a través de un enfoque integrado y amigable con el medio natural en un territorio común.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El modelo de adaptación al CC

El modelo propuesto (Figura 1) se sustenta en los estudios realizados por López *et al.* (2007) y FAO (2007) sobre manejo de cuencas, la experiencia de los organismos participantes en proyectos de conservación y en los resultados de otros proyectos internacionales sobre adaptación al CC (Bahadur y Bhandari, 2009) y considera los siguientes componentes:

- La gestión integrada y articulada del desarrollo en el territorio, reconociendo que si el CC afecta todas las áreas de la vida humana no puede atenderse con acciones sectoriales aisladas y dispersas.
- El uso de la cuenca hidrográfica como la unidad de planificación y acción, reconociendo que el agua es uno de los recursos más afectado por el CC.
- Un proceso de planificación que incluye las necesidades familiares, los medios de vida, la base de recursos naturales, la oferta de servicios ambientales y las afectaciones del CC en la cuenca.
- El desarrollo de capacidades de la población, organizándolos en Grupos Intercomunitarios de Acción Territorial (GIAT), para posibilitar la gestión del desarrollo basado en la acción colectiva, el interés común y la participación organizada.
- Un mecanismo de financiamiento público-privado que garantiza la continuidad de las acciones bajo la premisa de corresponsabilidad, concurrencia, participación y resultados en la aplicación de recursos.

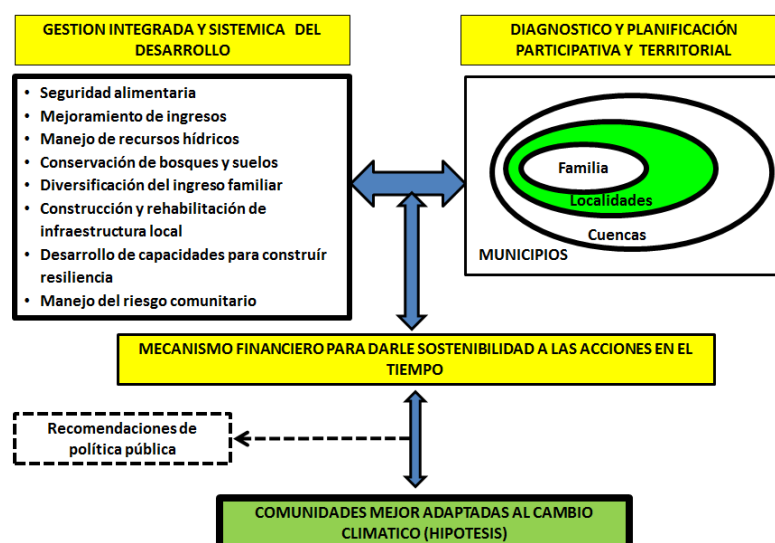


Figura 13. El modelo de adaptación al CC

El área piloto de aplicación del modelo

El modelo se aplicó en la microcuenca La Suiza, ubicada en el municipio de Montecristo de Guerrero dentro del polígono de la Reserva de la Biósfera el Triunfo (REBITRI), en la Sierra Madre de Chiapas. La Suiza cuenta con una superficie total de 6,000 hectáreas, 1,300 habitantes, una precipitación entre 2,300 y 2,600 mm anuales y altitudes entre 1,000 y 2,600 msnm (Figura 2). El café es el principal medio de subsistencia y representa más del 95 % del ingreso familiar, el maíz y frijol son la base de la seguridad alimentaria. La Suiza es una microcuenca importante por la provisión de bienes y servicios ambientales; sus 3,383 ha cubiertas de bosques la posicionan como zona estratégica de recarga hídrica y de regulación de riesgos por inundaciones aguas abajo.

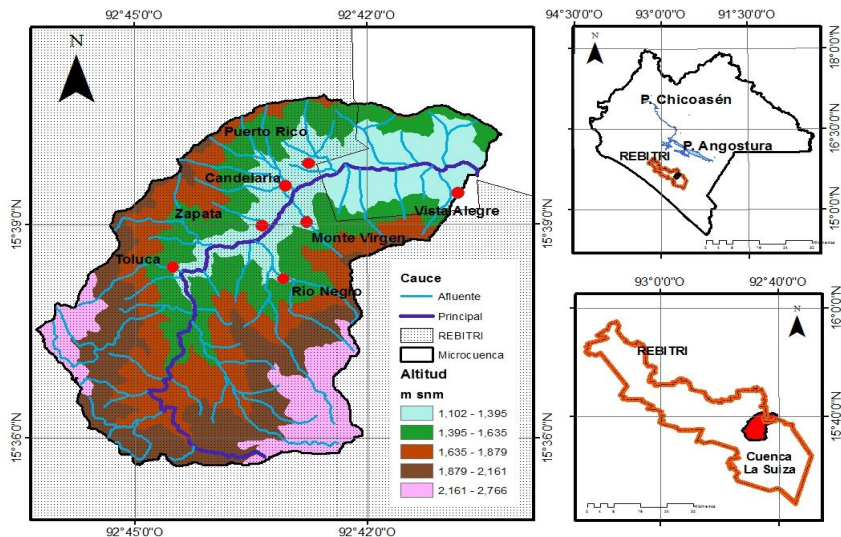


Figura 14. Ubicación de la microcuenca La Suiza

La percepción comunitaria de los efectos del CC

La percepción de la población sobre los efectos del CC, visualizada en la Cuadro 1, fue una base fundamental para la aplicación del modelo y poder involucrar a las comunidades.

Cuadro 4. Afectaciones por el CC

Cambio en el clima	Lugar y nivel de afectación					
	Granos básicos	Café	Agua	Suelo	Bosque	Infraestructura
Patrón de lluvia	Alto	Alto	Medio	Medio	Medio	Medio
Intensidad de lluvias	Medio	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto
Aumento de temperatura	Medio	Alto				

El uso de la cuenca hidrográfica como unidad de planificación y acción

La relación de la pendiente del terreno, gravedad y uso de suelo, aunados a los efectos del aumento de la intensidad de lluvia y su afectación en las comunidades facilitó la introducción del enfoque de cuencas como unidad de estudio al establecer los procesos de planificación intra e intercomunitaria. Debido a esto la población ya estaba familiarizada con algunas consecuencias de una mala gestión de

la tierra en las partes altas de la cuenca que se manifiestan negativamente en las partes bajas ocurriendo desastres por erosión.

El mecanismo de financiamiento público-privado

El mecanismo ha sido estratégico para la realización oportuna del plan de adaptación al CC. Su funcionamiento independiente a los cambios gubernamentales permite la continuidad de los procesos, aspecto fundamental para generar credibilidad y confianza en las comunidades.

Por iniciativa de The Nature Conservancy, recientemente se creó el *Fondo Semilla de Agua* a través de la asociación entre los sectores público, privado y organizaciones de la sociedad civil interesados en la conservación de la naturaleza y el desarrollo sostenible en las cuencas del Alto Grijalva, Sierra Madre y Costa de Chiapas.

3. RESULTADOS

Principales acciones de adaptación realizadas

Desarrollo de capacidades locales: Es el componente soporte del plan de adaptación al CC. Hasta la fecha se han realizado 30 talleres de capacitación y sensibilización en los cuales se capacitaron más de 1,000 personas.

Creación del Grupo Intercomunitario de Acción Territorial (GIAT): Desde el 2014 la microcuenca cuenta con una organización institucional conformada por delegados de 6 comunidades que posibilita la gestión del desarrollo del territorio de la cuenca hidrográfica cuyo lema es “Salvando el pulmón del Triunfo”. La apuesta del proyecto es que esta organización continúe con las acciones de adaptación y desarrollo, una vez que los impulsores actuales se retiren.

Seguridad alimentaria: Se usa semillas de maíz y frijol de ciclos más cortos que se adaptan al nuevo patrón de lluvias. En promedio han aumentado en 2 y 2.5 veces los rendimientos históricos de maíz y frijol.

Diversificación productiva de las parcelas de maíz y café: Se diversificaron 200 ha de maíz y café con árboles frutales de acuerdo a las características agroecológicas de las comunidades.

Conservación de suelos: Se suscribieron 6 acuerdos comunitarios para no quemar los terrenos agrícolas y realizar acciones de conservación; se establecieron 11.1 km de barreras vegetativas y 5.3 km de presas filtrantes vegetativas, las cuales han retenido 354.2 m³ de suelo.

Mejoramiento productivo del café: Se capacitaron 200 productores en diagnóstico y control de la roya, se establecieron 206 viveros para producir 500 mil plantas de variedades resistentes a la roya, se realizaron análisis de suelos de 156 parcelas, se transfirió tecnología en nutrición orgánica y conservación de suelos.

Salud de la población: Se instaló una planta purificadora de agua que redujo en 95 % los casos de diarrea, en 30 % el consumo de leña por no hervir agua y eliminó accidentes de niños quemados por agua caliente.

Manejo del recurso hídrico: Se realiza un monitoreo comunitario mensual de la calidad del agua del río principal y sus afluentes. Se elaboraron en cada comunidad los mapas de las cuencas de captación que abastecen de agua a la población y se promovió dejarlas como zona de exclusión de actividades agropecuarias.

Identificación de áreas de riesgos: Se generó un mapa donde se ubican las zonas de mayor peligrosidad, vulnerabilidad y riesgo a los deslizamientos de ladera con recomendaciones para la planificación del uso del suelo y la prevención de desastres.

Restauración de zonas críticas degradadas: Se reforestaron 60 hectáreas con plantas nativas producidas por las mismas comunidades. Para asegurar el cuidado de las plantaciones las comunidades reciben un apoyo de pago por servicios ambientales por un período de 10 años. Adicionalmente se promueve la diversificación de la sombra de café con especies nativas.

Conservación de áreas con vegetación natural: Se conservaron 3,695 ha de bosque, de las cuales 729.95 ha cuentan con pagos por servicios ambientales. Las comunidades beneficiadas eliminaron las

quemadas agrícolas. Un porcentaje de los incentivos se destinó para una obra de interés colectivo en la comunidad.

Formación de recursos humanos: 30 estudiantes recibieron entrenamiento sobre el modelo a través de prácticas profesionales y trabajos de investigación de tesis sobre temas prioritarios del proyecto.

Otras acciones: Se ha realizado torneos inter-comunitarios de fútbol y baloncesto en la microcuenca La Suiza, con el lema “Jugando y conservando la Reserva de la Biósfera El Triunfo”. Los jugadores participantes asistieron previamente a talleres de capacitación sobre manejo integral de cuencas.

Empoderamiento de las mujeres, inclusión social y gobernabilidad

El modelo facilitó la inclusión de las mujeres en los procesos de planificación, ejecución de acciones y representación dentro del Consejo Directivo del GIAT. La toma de decisiones participativas y sustentadas en reuniones de asamblea ha promovido el empoderamiento de las comunidades en la iniciativa. El GIAT es un instrumento que promueve la inclusión social y la gobernabilidad dentro de la cuenca al estar integrado por representantes de las mismas comunidades.

Difusión y potencial de replicamiento del modelo

El FONCET, CFE, Fomento Ecológico Banamex, la FGRA, TNC y el INIFAP impulsan la replicación del modelo en otras microcuencas del estado de Chiapas. En particular, la CFE tiene interés en replicar el modelo en la cuenca del nuevo proyecto hidroeléctrico Chicoasén II y las autoridades del municipio de Arriaga, Chiapas han solicitado apoyo para su implementación en la cuenca del río Lagartero. A nivel nacional e internacional los avances se han difundido en la Semana Mundial de Agua celebrada en Estocolmo en septiembre de 2012 y en el Congreso Nacional de Cuencas celebrado en Morelia en septiembre de 2013.

Los costos del proyecto

En términos globales el proyecto ejecutó un total de \$11, 795, 453.31 pesos durante el período comprendido de Julio del 2010 hasta mayo 2016, de los cuales \$8, 886,109.31 (75.3%) fueron destinados para financiar y dar acompañamiento técnico a las diferentes líneas de trabajo y el 24.6% (\$2, 909,355.00) restante fueron recursos gestionados y operados directamente por el GIAT que es la organización creada dentro de la cuenca como parte del desarrollo de las capacidades locales

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La aplicación del enfoque de manejo integral de paisaje en la microcuenca La Suiza, cumplió el objetivo central de conservar las áreas de bosque natural con la participación entusiasta de la población. Considerando el monto total de la inversión (sin los recursos gestionados por el GIAT) las acciones realizadas en las 6,083 ha de la microcuenca tuvieron un costo de \$292.15 ha⁻¹ año⁻¹ y conservar las 3,695 ha de bosque natural tuvo un costo unitario de \$481 ha⁻¹ año⁻¹. Los recursos se aplicaron para mejorar los medios de vida de la población, conservando, a la vez, la base de recursos naturales y los servicios ecosistémicos que proporcionan.

Cabe señalar que la inversión por hectárea por año -aún en la totalidad de la superficie de la microcuenca- es significativamente inferior a la cuota de \$1,500.00 ha⁻¹ año⁻¹ que otorga la SAGARPA a través del Programa PROAGRO Productivo para predios de temporal menores de 3.0 hectáreas en el ciclo Primavera-Verano 2016 (SAGARPA, 2016).

Entre los factores claves para alcanzar los resultados resaltan: a) Abordar el CC con un enfoque integral, sistémico, participativo, territorial y transdisciplinario; b) El mecanismo de cooperación público-privado desarrollado entre las comunidades, centros de investigación, universidades, gobierno y las ONG que ha sido estratégico para integrar recursos y esfuerzos en un fin común que garantiza

continuidad de las acciones; c) Usar el enfoque de manejo integral de cuencas para planificar y desarrollar proyectos estratégicos territoriales, en sustitución de las acciones sectoriales aisladas y dispersas de poco o nulo impacto; d) La constitución del GIAT como ingrediente fundamental para promover una mayor integración (intra e inter) comunitaria.

El principal desafío es consolidar el ensayo piloto de la microcuenca la Suiza como centro de capacitación y aprendizaje sobre la adaptación al CC y posicionar el modelo dentro de los instrumentos de política pública.

5. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen principalmente al Fondo de Conservación El Triunfo, A. C. (FONCET), The Nature Conservancy (TNC) y a la población de la microcuenca La Suiza, los apoyos y aportaciones otorgados tanto para el diseño como la desarrollo del proyecto piloto

6. LITERATURA CITADA

- Bahadur G. G., Bhandari D. 2009. Una propuesta integrada para la adaptación del cambio climático. En: Respuestas al cambio climático. *Leisa Magazine*, 24 (4), pp. 25-28.
- FAO 2007. La nueva generación de programas y proyectos de gestión de cuencas hidrográficas. Roma, Italia. 143 pp.
- López B. W., Villar S. B., López M. J., Faustino M. J. 2007. El manejo de cuencas hidrográficas en el estado de Chiapas: diagnóstico y propuesta de un modelo alternativo de gestión. *Publicación especial No.3*. Campo Experimental Centro de Chiapas, INIFAP. Ocozocoautla de Espinosa, Chiapas, México. 63 pp.
- SAGARPA. (2016).Reglas de Operación de los Programas de SAGARPA para 2016 Manual de Especificaciones para la Operación del Componente PROAGRO Productivo .<http://www.sagarpa.gob.mx/agricultura/Programas/proagro/Paginas/default.aspx>
- SHCP. 2009. La economía del cambio climático en México: *Síntesis*. SHCP-SEMARNAT. 67 pp.
- USAID and US Forest Service, 2007. Landslides, Channel Erosion, and Sedimentation in the Western Sierra Madre, Chiapas, Mexico, During Hurricane Stan in 2005: *A Brief Field Review with Recommendations*. 24 pp.
- Schroth, G.; Laderach, P.; Dempewolf, J.; Philpott, S.; Hagggar, J.; Eakin, H.; Castillejos, T.; Moreno, J.G.; Pinto, L.S.; Hernandez, R. 2009. *Towards a climate change adaptation strategy for coffee communities and ecosystems in the Sierra Madre de Chiapas, Mexico Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 14 (7), pp. 605-625.
- Stern, N. 2007. *Stern Review on the Economics of Climate Change*. En: www.sternreview.org.uk.

Extenso ID: 332. Karla Aurora de la Peña Guillén , Hilda Santiago Álvarez , Rafael Germán Urbán Lamadrid, Alfredo Méndez Bahena. ESTUDIO DE AMENAZAS NATURALES EN LA CUENCA SAN LUIS ACATLÁN-MARQUELIA, GUERRERO

[Regresar al índice](#)

^a Centro de Investigación en Geografía Ambiental, U.N.A.M.

^b Unidad Académica Ciencias Químico Biológicas, U.A.Gro., amendezbahena@gmail.com

^c Instituto de Investigación Científica Área Ciencias Naturales, U.A.Gro., email: german_u@hotmail.com

RESUMEN

La Cuenca San Luis Acatlán – Marquelia ubicada al oriente del estado de Guerrero, en la región de la Costa Chica, ha sido centro de atención desde hace algunas décadas, tanto por los procesos naturales como sociales que ahí se desarrollan. La UAGro, ha enfocado diversos estudios en esta región. La dinámica de cuencas y microcuencas ha sido uno de los puntos centrales.

Este estudio realizado en 2012, usó como base los parámetros morfométricos y bases de datos climáticas, para modelar matemática y espacialmente la susceptibilidad del terreno ante amenazas naturales como erosión, inundación y deslizamiento. Se delimitaron tres zonas funcionales, 16 unidades geomorfológicas y 11 microcuencas a lo largo de toda esta cuenca; éstas sirvieron de base para detallar la estimación del índice potencial erosivo IPE, del riesgo por deslizamiento y del riesgo por inundación.

La cuenca tiene una extensión de unos 1228 km², tiene sus inicios a unos 2000 m.s.n.m. en Puerto Guayabo, para llegar a desembocar en la Bocana, Mpio. Marquelia, con un recorrido de casi 80 km y una pendiente promedio del cauce de 2.5 %. La hipsometría muestra drásticos contrastes en las cabeceras y la zona funcional baja. Lo cual hace que sea muy propensa a deslizamientos y erosión en la parte alta; mientras que la zona baja está sometida a amplias zonas de inundación por desborde, situación que pone en riesgo a diversas localidades y un alto porcentaje de la población ahí asentada.

Al ocurrir, en el año 2013 eventos de lluvias extraordinarias provocados por las tormentas “Manuel e Ingrid”, los cuales rebasaron ampliamente los índices de precipitación máxima, alcanzando periodos de retorno de unos 1/750 años, se tuvo oportunidad no sólo de corroborar o rectificar dichas estimaciones, sino también de evidenciar los peligros colaterales de tipo sanitario y ambiental en las zonas urbanas ribereñas y los manglares y estuarios costeros.

Palabras clave: cuenca, amenazas, erosión hídrica, deslizamientos, inundación

1 INTRODUCCIÓN

La ubicación geográfica de nuestro país y la conformación de su territorio, le confieren cierta susceptibilidad a la ocurrencia de desastres naturales. La cuenca San Luis Acatlán – Marquelia, por su ubicación en la franja costera del Pacífico se encuentra expuesta de forma recurrente a la presencia de huracanes, tormentas tropicales y movimientos telúricos, por lo que este estudio se planteó como objetivo central identificar las áreas de afectación ante posibles riesgos de

desastres naturales (Erosión hídrica, Inundación y deslizamientos), usando para ello modelación espacial a través de sistemas de información geográfica y modelos matemáticos, ambos usando como insumos base de datos climáticas, imágenes de satélite y la descripción de parámetros morfométricos.

2 MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio cubre la totalidad de la cuenca San Luis Acatlán-Marquelia, misma que nace en la parteaguas de la Sierra Madre del Sur y vierte sus aguas al Océano Pacífico. La delimitación de la cuenca se hizo en base a la información contenida en los sistemas de información de Instituto Nacional de Ecología (INE) y de INEGI (SIATL), y con apoyo en el DEM derivado de las cartas 1:50 000 con claves E-14 C- 51,- 52, -61,- 62 de INEGI.

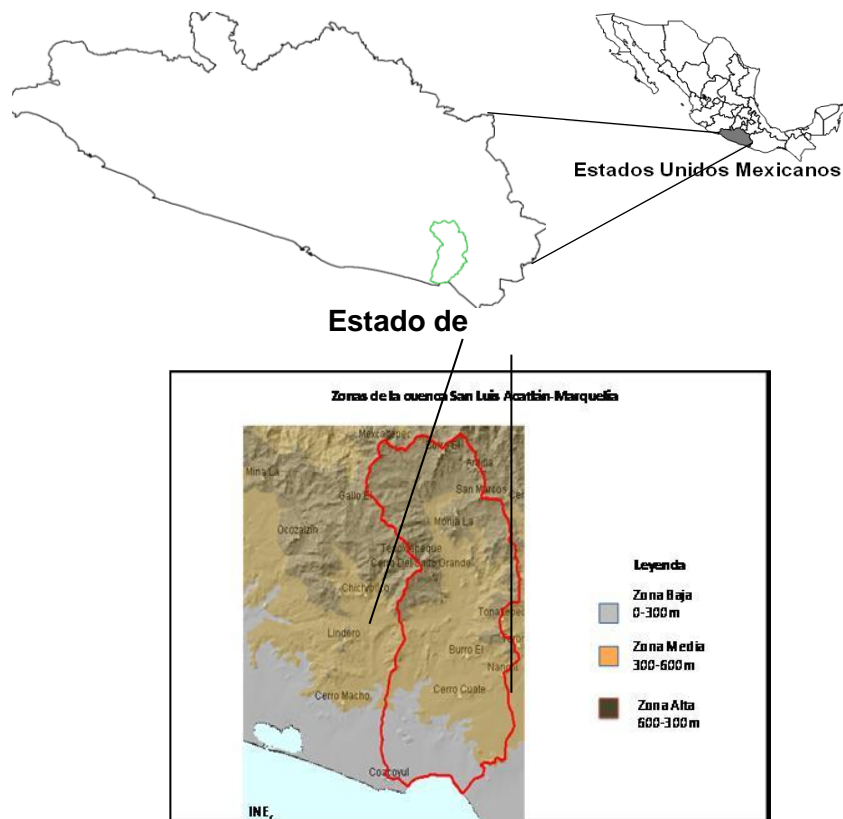


Figura 1. Ubicación del área de estudio.

Para la recopilación de información, se usó el Atlas Nacional de México elaborado por la UNAM (diversas escalas), se recabó parte de la caracterización física, social y económica de las localidades asentadas en la cuenca, así como el programa ERIC III-2006, donde se recabaron datos acerca de las estaciones meteorológicas ubicadas dentro y alrededor de la cuenca, cuyo objetivo es la extracción de datos de las precipitaciones promedio 20 años atrás (1984-2004).

Mediante la aplicación de los software Arcview 3.2 e ILWIS 3.3 se generaron los siguientes productos:

- *Cartografía Base:* Se efectuó a partir de cartas topográficas de INEGI con sus respectivas escalas, utilizando los siguientes mapas: curvas de nivel, límite estatal, hidrología, vías de comunicación y localidades.
- *Cartografía temática:* Mapas de geología, climas, edafología, uso de suelo y vegetación, mapa de isoyetas.
- Para la generación del mapa de isoyetas se ubicaron las estaciones meteorológicas a partir de un mapa del estado de Guerrero, en el cual se puntualizaron las estaciones destinadas al estudio de las precipitaciones promedio en la cuenca, estos obtenidos en la base de datos del Extractor Rápido de Información Climatológica (ERIC III, 2006). Utilizan métodos de interpolación para mejorar el detalle.
- *Cartografía Analítica:* Se generaron mapas a partir de la cartografía básica y temática (utilizando principalmente el mapa de curvas de nivel DEM) donde a partir de esta se obtuvieron resultados a detalle con el fin de interpretar las posibles zonas afectables y que posteriormente fueron de utilidad para la elaboración de los mapas de Identificación de Peligros: Pendiente del terreno, Relieve interno, Disección vertical del terreno, Hipsométrico y Unidades geomorfológicas.
- Para el análisis de riesgos en avenidas máximas se manejaron mapas de Isoyetas asociados a distintos periodos de retorno con distintas duraciones (consultados en la guía de CENAPRED-2006).
- Imágenes satelitales: Se utilizaron para la interpretación en cuanto al contexto físico-biótico de algunos sitios clave que pudiesen tener difícil acceso (Google earth-2012).

Para la realización de esta investigación se aplicaron las siguientes técnicas:

- Para el cálculo de Parámetros físicos-morfométricos se aplicó el software Arcview mediante la extensión Determ-Hidro, considerando insuficiente la precisión y corroborando con cálculos propios efectuados manualmente.
- En tanto a la Evaluación de la dinámica erosiva se utiliza el método sugerido por Ferrando (1993), este método ha sido aplicado para cada una de las microcuencas establecidas.
- Para la modelación de las zonas de erosión hídrica se aplica la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo Revisada (RUSLE).
- Con respecto a la detección de zonas inundables el estudio se basó en los lineamientos dictados en la Guía Básica para la elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos-CENAPRED-2006.
- Finalmente para determinar la susceptibilidad a los deslizamientos se utilizó el Método de Mora-Vahrson 2002.

Se efectuaron recorridos en algunas localidades de la cuenca para verificar los sitios que fueron identificados como zonas vulnerables.

3 RESULTADOS

La cuenca presenta formas peculiares en cuanto a las formas del relieve ya que son resultado de la interacción entre el tipo de rocas, los procesos tectónicos y la influencia de los agentes atmosféricos. Por ello se han delimitado 16 unidades geomorfológicas para un mejor análisis.

La descripción morfométrica de la cuenca es:

Área de la cuenca: $A = 1228.02 \text{ km}^2$, que la clasificada como una cuenca intermedia grande. Perímetro de la cuenca: $P = 193.948 \text{ km}$. La relación de elongación ($Re = 0.6733$) indica que es una cuenca asociada a fuertes relieves y pendientes pronunciadas en el terreno. Orden de cuenca = 5.0. La longitud de cuenca $L = 58.728 \text{ Km}$, mientras que la del cauce principal es de 79.743 Km . La Pendiente del cauce principal es de 2.5% , donde la parte baja y media de la cuenca está formada por llanuras y planicies. Asimismo la parte alta está asociada a elevaciones que llegan a los 2, 000 metros. La Densidad de drenaje es de 1.99 km/km^2 .

La curva hipsométrica es típica de una cuenca sedimentaria, la cual por su conformación hace referencia a una cuenca con fase de vejez, la cual representa una cuenca con valles extensos y cumbres escarpadas. La elevación máxima que presenta la cuenca es de 2000 m.s.n.m. Con una elevación media: 580 m.s.n.m. El valor más bajo de la cuenca está referida al nivel del mar con 0 m.s.n.m.

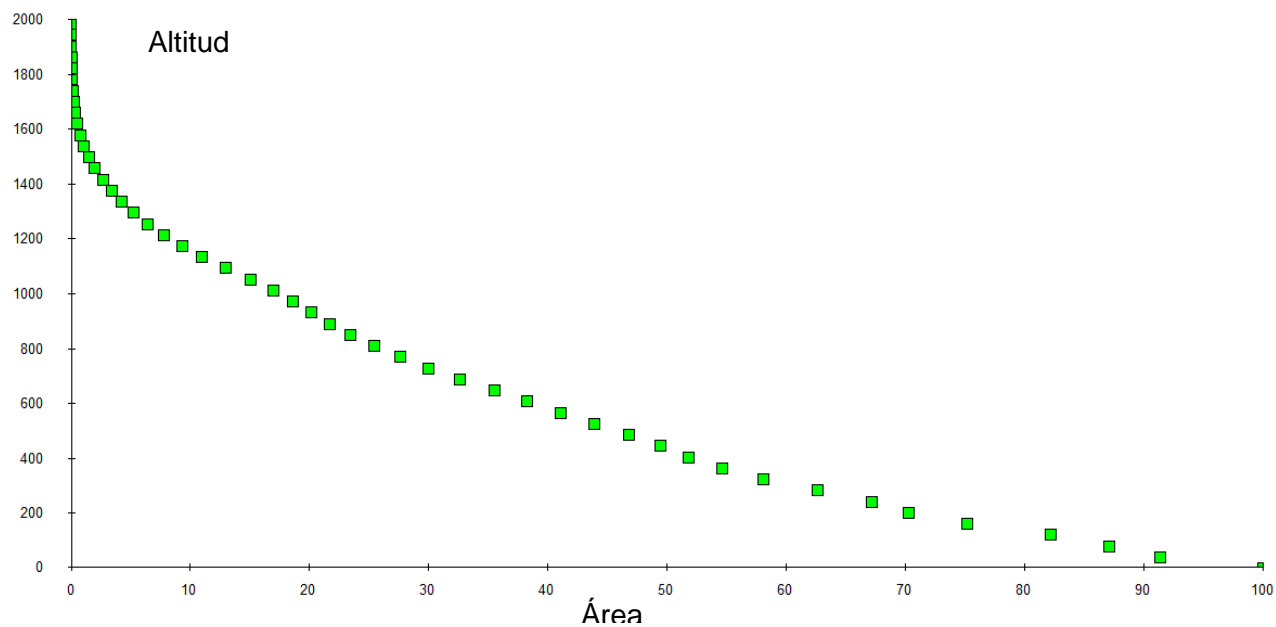


Figura 2. Curva hipsométrica de la cuenca San Luis Acatlán – Marquelia

Para estudiar la dinámica erosiva, la cuenca se dividió en 11 microcuencas, mismas que se muestran en el Tabla 1.

	Área	Perímetro					Densidad
Microcuencas	(Km2)	(km)	I.p	I.c	I.t	IPE	de Drenajes
Pascala del Oro	158.29	61.75	3° 18	0.68	1.06	4.95	2.10
El Rincón	107.54	43.98	5° 70	0.59	1.67	16.13	2.07
El Carmen	107.43	52.73	6° 30	0.71	1.98	17.56	2.42
Horcasitas	44.27	44.22	9° 93	0.92	3.68	39.72	2.29
Pueblo Hidalgo	92.58	58.63	8° 61	0.85	1.93	19.54	2.15
Miahuichán	88.73	42.22	6° 64	0.62	2.38	25.48	2.32
San Luis Acatlán	82.68	54.26	2° 56	0.83	2.11	6.50	2.23
Cumiapa	59.43	34.06	5° 05	0.61	2.51	20.77	1.91
Cihualpoloya	196.99	92.71	1° 38	0.92	0.86	1.29	1.93
Piedra Ancha	29.5	31.37	6° 15	0.80	4.74	36.43	2.11

Marquelia	260.64	85.75	1° 01	0.74	0.61	0.83	1.59
-----------	--------	-------	-------	------	------	------	------

Tabla 1. Evaluación de la Dinámica Erosiva de microcuencas. Donde: I.p= Índice de Pendiente Media; I.c= Índice de Compacidad (Gravelius); I.t= Índice de Torrencialidad; IPE= Índice de Potencialidad Erosiva.

- Valores altos
- Valores medios
- Valores bajos

La Tabla 2 muestra el riesgo por erosión hídrica para las mismas microcuencas:

Grado de erosión Microcuencas										
	Baja (ha)	Baja (%)	Moderada (ha)	Moderada (%)	Moderada Alta (ha)	Moderada Alta (%)	Alta (ha)	Alta (%)	Severa (ha)	Severa (%)
Pascala del Oro	797.83	0.65	7025.16	5.74	7047.12	5.75	881.98	0.72		
El Rincón	809.18	0.66	4417.38	3.61	4162.65	3.4	1317.44	1.08	7	0.01
El Carmen	2153.9	1.76	5082.75	4.15	2945.26	2.4	539.47	0.44	2	0
Horcasitas	816.71	0.67	2247.06	1.83	1225.34	1	128.97	0.11		
Pueblo Hidalgo	1169.52	0.95	5140.26	4.2	2549.46	2.08	357.89	0.29		
Miahuiacán	2105.69	1.72	5312.58	4.34	1334.45	1.09	107.03	0.09		
San Luis Acatlán	2537.42	2.07	4729.86	3.86	959.46	0.78	35.26	0.03		
Cumiapa	277.45	0.23	2618.39	2.14	2752.29	2.25	278.73	0.23		
Cihualpoloya	7972.19	6.51	10758.87	8.78	920.96	0.75	17.56	0.01		
Piedra Ancha	1358.08	1.11	1512.31	1.23	76.01	0.06	3.92	0		

Marquelia	17743.92	14.49	7987.89	6.52	244.35	0.2	8.09	0.01		
Total	37741.89	30.82	56832.51	46.4	24217.35	19.76	3676.34	3.01	9	0.01

Tabla 2. Clasificación de áreas por susceptibilidad a la Erosión Hídrica, para 11 microcuencas.

En la Tabla 3 se presenta la intensidad de lluvia para una duración igual al tiempo de concentración para cada periodo determinado, y con ellos se identifica el gasto líquido.

Tr (años)	24 h hp (mm)	1h hp (mm)	d=tc hp (mm)	I hp (mm)	Qp (m/s³)
2	100	40	803.046	62.348	2507.00
5	160	60	1968.035	152.795	6143.86
10	240	60	3542.589	275.045	11059.52
25	290	80	5454.524	427.48	17028.07
50	300	120	6940.289	538.842	21665.76
100	340	140	8971.096	696.513	28006.69
250	400	150	11237.330	872.437	35080.57

*Tabla 3. Lámina de lluvia y gastos líquidos para diferentes periodos de retorno, donde: tr= Periodos de retorno;
tc= Tiempo de concentración; i= intensidad de precipitación; Qp= Gasto líquido.*

El mapa de zonas susceptibles a inundaciones indica que en las tres zonas funcionales de la cuenca (alta, media y baja) existen localidades, propensas a inundaciones, esto calculado por los periodos de retorno a 2, 5, 10, 25, 50, 100 y 250 años, con un tiempo de concentración para toda la cuenca de 12.88 horas, dato con el que se pudieron construir los buffers que indican las poblaciones en peligro (coloración roja) ya que se localizan en las cercanías de los principales afluentes, las de riesgo medio (coloración anaranjada), estas también están propensas a peligro de inundación y arrastre de corrientes río abajo. Para cada nivel de cuenca se utilizan rangos diferentes de distancia ó una estimación en metros, dependiendo de la capacidad de concentración que puede manifestarse en cada periodo de retorno.

Para la cuenca baja, el número de habitantes que se verían afectados serían 4800, lo que representa casi el 40% de Marquelia; que se encuentra sobre la franja roja y anaranjada del buffer, simbolizando una zona de riesgo alto y riesgo medio a posible inundación. De igual

manera la creciente del cauce principal del río sería catastrófica para la Localidad de El Capulín Chocolate y Tepantitlán, que en su totalidad se encuentran sobre las franjas roja y anaranjada respectivamente, donde una posible creciente menor de 200 metros provocaría daños severos sobre estos asentamientos.

Sobre la cuenca media, algunos sitios afectados serían dos colonias que conforman la Localidad de Piedra Ancha con una creciente menor a 50 metros, y en riesgo medio con una creciente de 50 a 100 metros. También resultarían afectadas dos de las colonias de Miahuichán, lo que representa un 20% y una pequeña porción del menos del 10% de la localidad de El Carmen resultaría devastada, así como la cabecera de San Luis Acatlán con un total de 7 754 habitantes distribuidos en tres colonias principales, lo que representa un 30% del Municipio, esto debido a que se establecen al nivel del río. Localidades como Horcasitas, Tlaxclalixtlahuaca y El Rincón, que asimismo se establecen sobre la parte media de la cuenca se vería afectadas, estas dos últimas con menos del 10% de su localidad. Con respecto a la cuenca alta, no se presentarían afectaciones por inundación a las áreas pobladas.

Figura 3. Mapa de susceptibilidad a inundación para cada zona funcional

La Tabla 4 resume la proporción de cada microcuenca que se clasificó en diferentes grados de susceptibilidad a sufrir deslizamientos.

Microcuencas	Baja (ha)	Baja (%)	Moderada (ha)	Moderada (%)	Alta (ha)	Alta (%)	Muy alta (ha)	Muy alta (%)
Pascala del Oro	6116.46	4.98	6847.62	5.58	2094.93	1.71	769.65	0.63
El Rincón	4778.79	3.89	3362.69	2.74	2013.68	1.64	598.05	0.49
El Carmen	6098.78	4.97	2918.33	2.38	1704.93	1.39	19.67	0.02
Horcasitas	2794.11	2.28	1163.74	0.95	462.66	0.38	0.9	0
Pueblo Hidalgo	5153.84	4.2	2828.43	2.3	1246.1	1.02	29.31	0.02
Miahuichán	5954.85	4.85	2329.3	1.9	582.36	0.47		
San Luis Acatlán	8265.09	6.73	2.81	0				
Cumiapa	2307.46	1.88	2623.04	2.14	1009.14	0.82	0.11	0
Cihualpoloya	19677.8	16.03	7.88	0.01				
Piedra Ancha	2949.73	2.4	0.59	0				
Marquelia	26048.9	21.22	4.85	0				
Total	90145.8	73.43	22089.28	18	9113.8	7.43	1417.7	1.16

Tabla 4. Clasificación de áreas por susceptibilidad al deslizamiento

Figura 15. Mapa de susceptibilidad a deslizamientos de la cuenca San Luis Acatlán-Marquelia

Figura 15. Mapa de multiamenazas de la cuenca San Luis Acatlán-Marquelia

En este mapa se combinan los riesgos producidos por Erosión Hídrica, deslizamientos e Inundaciones, donde se muestran las zonas más vulnerables de la cuenca. La mayor parte de la cuenca ostenta riesgo medio, esta parte representada por 69 647.8 ha, seguida del riesgo bajo con 31 450.1 ha. El riesgo alto tiene una superficie de 14 409.4 ha, mientras que el riesgo muy alto cuenta con una superficie de 5 357.9 ha y finalmente el riesgo nulo con 1 588.9 ha.

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En base a los modelos resultantes para la identificación de zonas vulnerables a Erosión Hídrica, Inundaciones y Deslizamientos, se concluye que la mayor parte del territorio (46.4%), de la cuenca presenta un riesgo moderado a la erosión hídrica, aunque el 19.76%, sujeto a riesgo moderado alta no es despreciable.

La zona más vulnerable a las inundaciones se localiza en la parte baja de la cuenca, donde las localidades más afectadas son: El Capulín Chocolate y Tepantitlán en su totalidad, seguido de Marquelia con daños de hasta el 40%. También la zona media de la cuenca presentaría daños en las siguientes localidades: Piedra Ancha, Miahuichán, El Carmen y San Luis Acatlán.

Las áreas con mayor riesgo a los deslizamientos se representan con un 18% para moderada y un 7.43% para riesgo alto, y con menor significancia la muy alta con 1.16%. Todas estas afectaciones localizadas en la zona alta de la cuenca.

De forma desafortunada, los meteoros Ingrid y Manuel, en 2013 permitieron comprobar las modelaciones aquí presentadas, al generar escenarios catastróficos para numerosas localidades de la cuenca, que prácticamente quedó incomunicada y fue declarada zona de desastre. Estos sucesos permiten reafirmar la necesidad de conducir este tipo de estudios en coordinación con las autoridades estatales y municipales para tomar las medidas de prevención adecuadas.

5. LITERATURA CITADA

- Alcántara-Ayala, I. et al., 2008. *Inestabilidad de Laderas*. SEDESOL-SEGOB-CENAPRED, 3era Edición. México. D.F. Págs.11-15.
- Fenando-A.F. 1993. *Estado de Equilibrio Morfodinámico: Evaluación de la Dinámica Natural y Amenaza Erosiva en Cuencas Hidrográficas de Montaña. Geodinámica Ambiental y Riesgos Naturales*. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad de Chile. Santiago de Chile. Págs. 113-120.
- Salas-Salinas, M.A. 2006. *Riesgos Hidrometeorológicos*. Estudio Hidrológico de I. de I.-U.N.A.M. CENAPRED. México, D.F. Págs 142-182.
- Urbán-Lamadrid, R.G. et al., 2004. *Guía Metodológica para Elaboración de Atlas de Peligros Naturales a Nivel de Ciudad*. Programa HABITAT SEDESOL-COREMI. México, D.F. Págs.12-108.