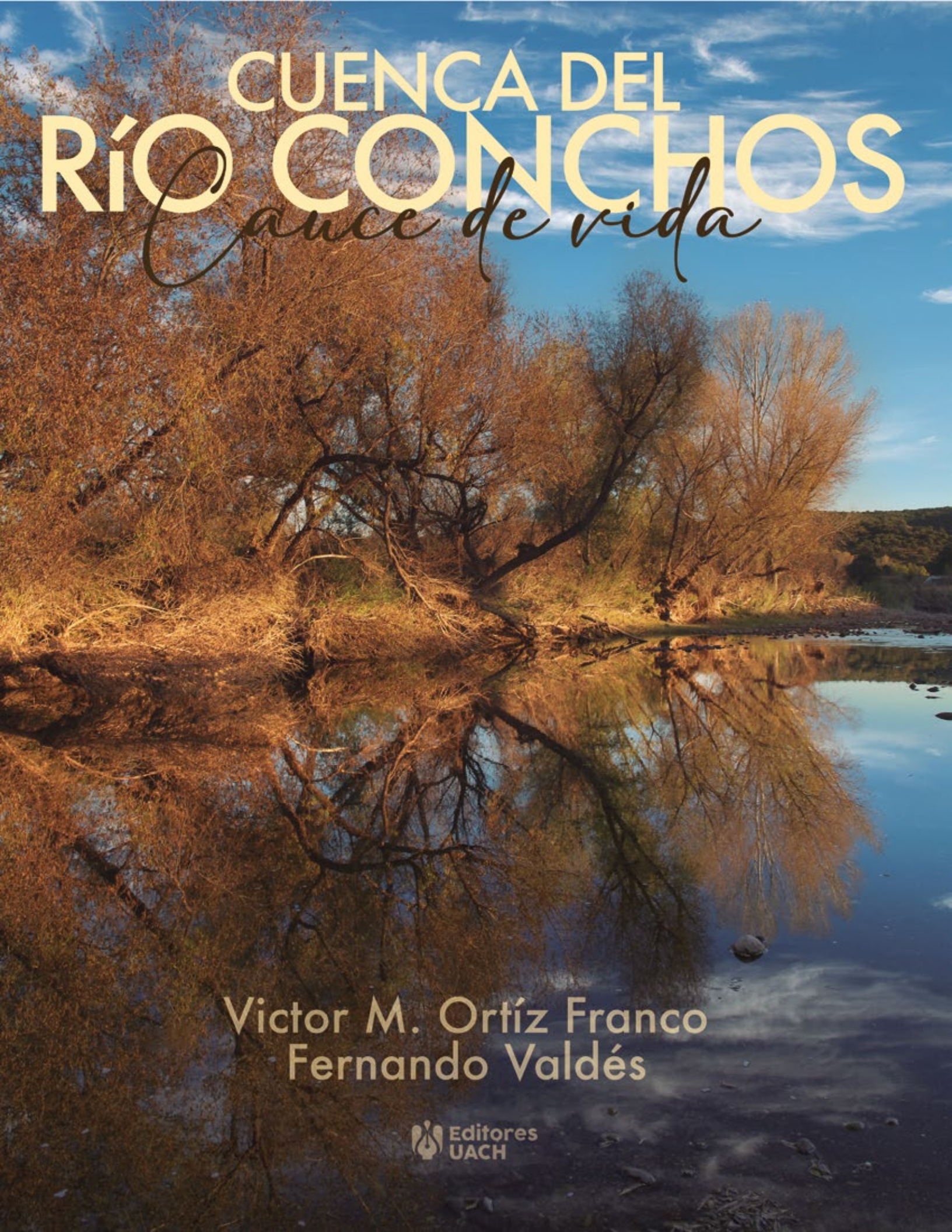

CUENCA DEL
RÍO CONCHOS
Cauce de vida
Victor M. Ortíz Franco
Fernando Valdés
Editores
UACH

CUENCA DEL
RÍO CONCHOS

Cauce de vida

Universidad Autónoma de Chihuahua

M.D. Luis Alfonso Rivera Campos
Rector

C.P. Jesús Ignacio Rodríguez Bejarano
Secretario General

Dra. Ruth del Carmen Grajeda González
Directora de Extensión y Difusión Cultural

Lic. Alberto Eloy Espino Dickens
Director Administrativo

M.A. Martha Lorena Mier Calderón
Directora Académica

M.E. Luis Carlos Hinojos Gallardo
Director de Investigación y Posgrado

M.A. Marcela Herrera Sandoval
Directora de Planeación y Desarrollo Institucional

CUENCA DEL RÍO CONCHOS
Cauce de vida

Víctor M. Ortíz Franco
Fernando Valdés

Coordinadores

Universidad Autónoma de Chihuahua
Chihuahua, México, 2024

Primera edición, 2024

Franco, Víctor M. Ortíz ; Valdés, Fernando.
Cuenca del río Conchos. Cauce de vida /Víctor Ortíz Franco, Fernando Valdés. — México: Universidad Autónoma de Chihuahua, 2024
208 pp.
ISBN 978-607-536-146-8
1. Geología, hidrología, meteorología

Edición: Dirección de Extensión y Difusión Cultural

Directora: Ruth del Carmen Grajeda González
Jefe editorial: Antonio Mariscal Gallegos
Producción: Susana Cristina Perea Ochoa
Diseño de maquetación y portada: Ángel Javier Machado Favela
Fotografía de portada: Fernando Valdés

Prohibida la reproducción o transmisión total o parcial del contenido de esta obra por cualquier medio, sea electrónico o mecánico, en cualquier forma, sin permiso previo por escrito del autor y de la Universidad Autónoma de Chihuahua.

Derechos reservados para esta edición, 2024

© Víctor M. Ortíz Franco, Fernando Valdés
© Universidad Autónoma de Chihuahua
Campus Universitario I s/núm.
Chihuahua, Chih., México. CP 31178
Correo: editoria@uach.mx
Tel. (614) 439-1853

ISBN 978-607-536-146-8

Cuenca del río Conchos

Cauce de vida

Víctor M. Ortíz Franco

Fernando Valdés

(Coordinadores)

Alfredo Rodríguez Pineda

Angélica Oviedo García

Arturo Guevara Sánchez

Concepción Luján Álvarez

Enrique Sánchez Granillo

Héctor Gadsden

Ignacio Alfonso Reyes Cortés

Iris Banda Villanueva

Jesús Manuel Ochoa Rivero

Luis Aboites Aguilar

Luis Guerrero Rubio Nájera

Mauricio de la Maza-Benignos

Mélida Gutiérrez Quiroz

Miguel Franco Rubio

Octavio Hinojosa de la Garza

Patricia Ochoa Tovar

(Escritores)

Agradecimientos

Universidad Autónoma de Chihuahua

Fundación para la Conservación del Río Conchos, A.C.

World Wildlife Fund

Dirección de Extensión y Difusión Cultural

Departamento de Editorial de la UACH

Fotografías

Jorge Cruz (JC)

Rodolfo Lara (RL)
(1955-2021)

Rosendo Muñoz (RM)

Fernando Valdés (FV)



Manantial de vida.
FV

Índice

Agradecimientos **7**

Fotografías **8**

Palabras que fluyen **17**

Declaración sobre la calidad del agua **21**

Introducción. La cuenca del río Conchos **25**

I. Algunos grupos indígenas de Chihuahua hoy desaparecidos **31**

II. Caracterización de la cuenca **47**

III. El río Conchos, calidad del agua y sociedad **59**

IV. Escenarios del agua ante el cambio climático **73**

V. ¿De qué se visten los ríos? **89**

VI. Desierto Chihuahuense **105**

VII. Biodiversidad del Desierto Chihuahuense **119**

VIII. Conservación *in situ* del pez cachorrito de Julimes **127**

IX. Administración sustentable del agua en el contexto binacional México-Estados Unidos de Norteamérica **135**

X. ¿Cómo afrentamos los retos? Modernización en el uso del agua **157**

Caminar la cuenca **179**

Bibliografía **183**

Epílogo **197**

Sobre los autores **199**

Tomar agua
nos da vida,
tomar conciencia
nos dará agua.

Autor desconocido.





FV

Donde hay agua, hay vida





Palabras que fluyen

Víctor M. Ortíz Franco

La cuenca hidrológica del río Conchos en el estado de Chihuahua, es una de las más importantes del norte de México, sin embargo, en el presente sus retos y desafíos requieren que todos participemos en su conservación para que las actuales y futuras generaciones puedan disfrutar de sus beneficios, tanto en México como en nuestro vecino del norte, pues se debe considerar que es el principal tributario del río Bravo y línea fronteriza con los Estados Unidos de América.

Todos los organismos vivos requieren de agua limpia y segura para su funcionamiento, pero el aumento de la población humana y la presión que ejerce el cambio climático, tienen la capacidad de alterar el sistema hidrológico mundial. La cuenca del río Conchos no se escapa a esa tendencia. Su disminuida condición ecosistémica se debe a irregularidades en el manejo de sus hermosos recursos naturales, que van desde la impresionante Sierra Tarahumara, con sus bosques de pino y encino, hasta el frágil ecosistema árido del Desierto Chihuahuense.

Dentro del manejo irregular de sus recursos destaca el uso y distribución del agua superficial por arriba de su volumen medio anual, la sobreexplotación de sus acuíferos y la expansión agrícola de cosechas de alta huella hídrica, su deforestación, erosión y pérdida de suelo. Estas y otras acciones han disminuido paulatinamente sus valiosos servicios ambientales, de los que dependen los grupos sociales que la habitan.

Es necesario que nuestra generación y las futuras se comprometan a asumir el reto de proteger y mejorar las condiciones naturales de la cuenca, sus cauces, flujos y calidad del agua. Para ello debemos incrementar los esfuerzos a nivel local y regional, proponer y aplicar programas de manejo integral y presupuestos enfocados a la recuperación de sus cauces, así como la conservación de sus ecosistemas ribereños. Será entonces cuando el río paulatinamente recupere su belleza y su gran variedad de servicios.

El objetivo de este documento es incentivar el respeto y amor al río más importante para el estado de Chihuahua. Las opiniones que se presentan en esta entrega, contenidas en 10 capítulos, son de personas con vasta solvencia en la academia, la docencia y la investigación, así como la sensibilidad artística y rigor acucioso de sus fotografías, que muestran el valor escénico de sus parajes, pero también su deterioro y su fragmentación ecosistémica.

El contenido de los textos atiende la vastedad de la cuenca dentro del territorio estatal, describen sus afluentes y muestran su aporte a la economía local, desde antes de la conquista española hasta el gran desarrollo agrícola e industrial existente en la actualidad.

Se aborda el tema de los grupos étnicos desaparecidos, así como los problemas de migración actuales, se hace un intento por visualizar el futuro del río mediante escenarios del agua por su posible modificación ante el cambio climático. Se describe y muestra la riqueza del Desierto Chihuahuense y su biodiversidad, se presenta la inevitable relación agua-sociedad, así como la necesaria administración sustentable del recurso y las recomendaciones de cómo afrentamos los retos, que como sociedad creciente tenemos.

También se hace referencia a la relación y repartición binacional de sus aguas, así como a su vital importancia para la conservación de la flora y fauna existente desde la Sierra Tarahumara hasta el vasto desierto, donde a pesar de su aridez se cuenta con especies amenazadas, como es el caso del pececito, el cachorrito de Julimes, especie única y actualmente bajo un esquema de protección espacial para su conservación. Los diversos temas se exponen con un lenguaje sencillo y se complementan con fotografías impresionantes que hacen atractiva la lectura de este libro.

El ejemplar que tenemos en nuestras manos nos permitirá ampliar el conocimiento y entendimiento para razonar el propio actuar del lector en favor de la conservación de la cuenca, que con acciones locales puede contribuir a mantener vivo el patrimonio ambiental del que somos depositarios, para disfrutarlo, por una parte, pero por la otra, con la obligación de dejarlo en mejores condiciones para las futuras generaciones.





Declaración sobre la calidad del agua

Ban Ki-moon
Exsecretario de la Organización de las Naciones Unidas

"Nuestros indispensables recursos hídricos han demostrado tener una gran capacidad de recuperación, pero son cada vez más vulnerables y están más amenazados. A fin de obtener el agua que necesita para la alimentación, las materias primas y la energía, nuestra población creciente tiene que competir cada vez más con la demanda de agua de la propia naturaleza para sostener unos ecosistemas en grave peligro, así como los servicios de los que dependemos. Un día tras otro vertemos millones de toneladas de aguas residuales sin tratar y de desechos industriales y agrícolas en los sistemas hídricos del mundo. El agua limpia escasea y escaseará aún más a medida que avance el cambio climático. Y los pobres son las primeras y mayores víctimas de la contaminación, de la escasez de agua y de la falta de un saneamiento adecuado".

Ban Ki-moon,
secretario general
de las Naciones Unidas,
22 de marzo de 2015

El agua dulce limpia, segura y de calidad es esencial para la supervivencia de todos los organismos vivos y el funcionamiento de los ecosistemas, las comunidades y las economías. Pero la calidad del agua en el mundo está cada vez más amenazada por el aumento de la población humana, la expansión de las actividades industrial y agrícola y el peligro de que el cambio climático altere el ciclo hidrológico mundial. Existe una necesidad urgente de que la comunidad mundial (tanto el sector público como el privado) se una para asumir el reto de proteger y mejorar la calidad del agua de nuestros ríos, lagos, acuíferos y del agua corriente. Para ello, debemos comprometernos a prevenir la futura contaminación de las aguas, a tratar las aguas que ya están contaminadas (incluyendo la depuración para el consumo humano) y a devolverles la calidad y la higiene a los ríos, lagos acuíferos y ecosistemas acuáticos. Se podrá apreciar esta labor en el recorrido del agua desde las cabeceras de nuestros cauces hasta los océanos, en la pesca y en los medios marinos que juntos ayudan a preservar la vida humana.

El problema

La calidad del agua se ha convertido en un asunto mundial. Cada día, se vierten millones de toneladas de aguas residuales tratadas de forma inadecuada y desechos industriales y agrícolas a las aguas de todo el mundo. Cada año, lagos, ríos y deltas reciben una cantidad de contaminación equivalente al peso de toda la población mundial (de cerca de 7000 millones de personas). Cada año muere más gente a causa del agua no apta para el consumo a causa de todo tipo de violencia, incluidas las guerras, y el mayor impacto se da en los niños menores de cinco años. Las pérdidas económicas por falta de agua y saneamiento solo en África se estiman en 28 400 millones de dólares de los EE. UU., o alrededor del cinco por ciento del PIB. La contaminación del agua debilita o destruye los ecosistemas naturales que sustentan la salud humana, la producción de alimentos y la biodiversidad. Diversos estudios han calculado que el valor de las funciones que desempeñan los ecosistemas es dos veces mayor que el producto interior bruto de la economía mundial, y se ha estimado que el papel que cumplen los ecosistemas de agua dulce en depurar el agua y asimilar residuos supera los 400 000 millones de dólares de los EE. UU. La mayor parte del agua dulce contaminada acaba en los océanos, causando daños en las zonas costeras y en las pesquerías.



FV

La buena noticia: disponemos de soluciones eficaces

Se están aplicando en numerosos lugares soluciones eficaces para el desafío que plantea la calidad del agua; es el momento de un enfoque mundial. Hay tres soluciones fundamentales para los problemas de la calidad del agua: (1) la prevención de la contaminación; (2) el tratamiento; y (3) la recuperación de los ecosistemas.

Prevenir la contaminación de los recursos hídricos a través de la reducción o la eliminación de contaminantes en el nacimiento de los ríos es casi siempre la manera más barata, fácil y eficaz de conservar la calidad del agua. La prevención implica reducir o eliminar el uso de sustancias nocivas y agentes contaminantes; modificar el equipamiento y la tecnología empleada para generar menos desechos; reducir los escapes y emisiones fugitivas; y reducir el consumo de energía y de agua. La prevención de la contaminación permite a las comunidades gastar menos dinero en la gestión, el almacenamiento, el tratamiento, la reparación y la supervisión reglamentada de los residuos. La prevención de la contaminación debería ser una prioridad en cada uno de los retos pendientes a los que se enfrenta el mundo: la mejora de la calidad del agua, el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo del Milenio sobre agua y sanidad y la lucha contra el cambio climático.

Muchas fuentes de agua y cauces ya son de poca calidad, pero existen múltiples tecnologías y propuestas eficaces para mejorar su calidad y para tratar las aguas residuales; desde proyectos de alta tecnología a otros más austeros, con poco consumo energético y ecológicos. Necesitamos más esfuerzo para difundir su utilización, lo cual implica una inversión mayor en los actuales sistemas de calidad de agua y en investigación para mejorar el tratamiento de nuevos contaminantes, reducir el coste de los tratamientos e incrementar la fiabilidad de los métodos existentes. Además, para atender nuestros problemas de calidad del agua, es esencial recuperar y proteger los ecosistemas naturales, estableciendo y aportando sus necesidades básicas de calidad y cantidad de agua. La protección y recuperación de los ecosistemas se debe ver como un elemento clave en la lucha por conseguir una calidad del agua duradera.

Un paso adelante

Se puede hacer mucho más para encontrar y poner en marcha soluciones como las siguientes:

Mejorar el conocimiento sobre la calidad del agua: la supervisión actual y unos datos apropiados son la pieza clave para mejorar la calidad del agua. Abordar los desafíos de la calidad del agua implica fortalecer la competencia y la habilidad en los países en desarrollo, además de utilizar, en tiempo real, herramientas fiables, económicas y rápidas de muestreo sobre el terreno, tecnología e instituciones de intercambio de datos y administración.

Fomentar la comunicación y la educación: es necesaria una educación mundial coordinada y una campaña de sensibilización sobre el problema de la calidad del agua, que incluyan campañas regionales y nacionales con fines específicos y que relacionen la calidad del agua con asuntos de repercusión cultural, social o histórica.

Mejorar los planteamientos económicos y financieros: se necesita un acceso adecuado a la financiación y programas apropiados de subvenciones y fijación de precios. Comprender el valor económico de mantener los servicios de los ecosistemas y las infraestructuras del agua ayudará a proteger la calidad del agua, a permitir una recuperación suficiente de los gastos, a asegurar inversiones convenientes y a apoyar operaciones sostenibles a largo plazo y mantenimiento.

Extender el uso de tecnologías eficaces: se requiere una capacidad de apoyo logístico, gestión y formación técnica para la utilización productiva, el mantenimiento y el funcionamiento de sistemas con el fin de recoger, transportar y tratar residuos humanos, agua usada, agua de lluvia, desechos industriales y escorrentía agrícola. Es

necesario centrarse en desarrollar la capacidad de las comunidades, los gobiernos y las empresas para usar tecnologías y propuestas respetuosas con la calidad del agua y desarrollar nuevas tecnologías cuando sea necesario.

Utilizar instrumentos legales, institucionales y reguladores adecuados: se deberían aprobar y cumplir convenientemente leyes para proteger y mejorar la calidad del agua, desde el ámbito internacional hasta el ámbito local y de las cuencas hidrográficas. Además, se deberían difundir políticas ejemplares de prevención de la contaminación y establecer pautas para obtener la calidad del agua en los ecosistemas. Es indispensable que se desarrollen, a nivel mundial, métodos estándar que analicen la calidad del agua en los caudales, que se dispongan directrices internacionales para conseguir la calidad del agua en los ecosistemas y que se definan cuáles son las áreas prioritarias para la reparación.

Agua limpia para hoy y para el futuro

Como comunidad mundial, debemos redirigir nuestra atención a mejorar y preservar la calidad de nuestra agua, un reto que exige avanzar con decisión a nivel internacional, nacional y local. Asumir las prioridades mundiales, la financiación y las políticas para mejorar la calidad del agua puede garantizar que nuestros recursos hídricos vuelvan a convertirse en fuentes de vida. Ya disponemos del conocimiento y las capacidades para proteger la calidad de nuestra agua, solo nos falta la voluntad. La vida y la prosperidad humanas dependen de nuestras acciones, de que seamos los guardianes y no los que contaminemos nuestro recurso más valioso. El agua limpia es vida.





La cuenca del río Conchos

Introducción

Carlos Carrera Robles

El río Conchos está íntimamente asociado a la historia y cultura del estado de Chihuahua. La sola pronunciación de su vocablo nos lleva, inevitablemente, a recordar los primeros pobladores que deambulaban por estas extensas planicies del septentrión americano, a sorprendernos por la singularidad de su paisaje que lo subraya como el gesto más determinante del vasto y silencioso desierto, y a ilusionarnos con la diversidad y vitalidad que bulle a lo largo de todo su trayecto.

Cuando estudiaba la secundaria solía acompañar a mi padre a la Sierra Tarahumara. Él trabajaba en una empresa maderera y eso le implicaba estar buena parte de su tiempo en los distintos lugares donde se embarcaba la madera, o en los patios, como le decían los lugareños; y también visitar periódicamente ejidos y pequeñas comunidades en que se ubicaba el macizo boscoso.

Gracias a esos viajes conocí buena parte de la Sierra de Chihuahua. Aún recuerdo el entusiasmo y solemnidad con que mi padre describía el nombre de los lugares, de la sierra, de los riscos, de los arroyos y, desde luego, de los ríos. Fue entonces que escuché por primera vez, más allá de mis clases de geografía, el nombre del río Conchos.

Como si fuera ayer, tengo presente cuando Ramón Carrera –mi padre– me llevó a conocer el nacimiento. "Aquí inicia el hilo de vida del desierto de Chihuahua", me dijo. Años más tarde fui testigo del empeño con que ordenó sus ideas para escribir un artículo para un periódico local en el que daba cuenta no solo de su nacimiento, sino también de todo el trayecto, hasta juntarse con el río Grande, ahí en Ojinaga. Esa fue igualmente la primera vez que leí un artículo sobre el río Conchos.

Cuarenta años después tengo el inmenso privilegio de escribir estas breves notas que hacen las veces de presentación de este importante libro: *Río Conchos. Cauce de vida*; proyecto editorial que ahonda en el conocimiento de este fundamental recurso natural, no solo desde la condición de ecosistema, sino también de las cualidades escénicas y paisajísticas.

El libro que aquí se presenta nos acerca con mayor detalle al conocimiento de este invaluable recurso hídrico, el más determinante de nuestra entidad. Es, además, y

esa es una de sus mayores virtudes, un esfuerzo colectivo, una diversidad de visiones y opiniones que, sin embargo, se focalizan en un mismo y único propósito: el río Conchos y su conservación.

Aquí se aborda cómo fue la convivencia entre los primeros pobladores de estas tierras y el río. Se escribe sobre la dimensión de su cuenca, su biodiversidad y de su deterioro y fragilidad para enfrentar el cambio climático. Se apunta sobre la calidad de su agua y de la contaminación y sobreexplotación del acuífero. Y también muestra su riqueza panorámica y de sus afluentes.

Además de la decena de artículos, todos ellos de gran calidad, la propuesta editorial que ahora está a nuestra vista nos ofrece espléndidas imágenes fotográficas que enriquecen y refuerzan el discurso literario del libro. Son fotografías que hurgan en las particularidades del río y sus afluentes. Son ventanas para mirar este paisaje único diverso y a veces alucinante. Son un estímulo que nos invita a conocer nuestro patrimonio natural, que, por estar tan próximo, a veces pasa desapercibido.

Enhorabuena por la cuenca del río Conchos. Nuestro reconocimiento a los autores de cada uno de los artículos aquí reunidos. Nuestra gratitud a los autores de las fotografías aquí expuestas, felicidades a los editores que han hecho posible este gran esfuerzo.



FV





Capítulo I.

Algunos grupos indígenas de Chihuahua hoy desaparecidos

Arturo Guevara Sánchez

Introducción

El presente trabajo fue preparado para hacer un acercamiento a los grupos indígenas que habitaron lo que ahora es el estado de Chihuahua, aquellos de los que tenemos escasa información, ya que se trataba de grupos ágrafos, motivo por el cual no dejaron información escrita que pudiera orientarnos. Para tener una idea de las características de aquellos antiguos compatriotas, hemos recurrido a la información que pudieron ofrecernos las fuentes de los grupos europeos que los conocieron, que si bien presentan datos muy escasos, llegaron a mencionar otros de interés, tales como algunas de sus costumbres, el territorio que aproximadamente ocuparon y la forma en que por diversas causas se extinguieron.

Los grupos indígenas que habitaron Chihuahua fueron muchos, casi todos eran cazadores-recolectores, es decir, que practicaban el nomadismo para subsistir en un ambiente austero al que se supieron adaptar. A principios de la época virreinal, los europeos pudieron conocer algunos que podríamos ahora clasificar como protoagrícolas, es decir, que practicaban una agricultura incipiente, con la que no satisfacían todas sus necesidades y tenían que continuar efectuando la caza y la recolección como medio de vida. En dicha etapa se utilizó únicamente el agua de lluvia para alimentar a las plantas, motivo por el cual seguramente se veneró al fenómeno y a las plantas beneficiadas.

La mayor parte de estos grupos fueron de una gran antigüedad y algunos de ellos incluso debieron llegar a la región huyendo de los terribles efectos de la última glaciación, siguiendo a las manadas de animales, ahora desaparecidos, que también buscaron refugio en las tierras de lo que hoy es el norte de México.

Por razones muy obvias, todos los grupos eligieron sus territorios en las cercanías de las corrientes permanentes y algunos establecieron sus campamentos temporales en las riberas de las lagunas o cerca de manantiales, antes más amplios y generosos que ahora. Así, de acuerdo a estos datos tan generales, comenzamos nuestra breve relación

de los grupos humanos que antes que nosotros también amaron a esta región, a este antes llamado lugar seco y arenoso.[1]

Causas más frecuentes de la extinción de los grupos indígenas

Como es sabido, el estado de Chihuahua formó parte de la gobernación de la Nueva Vizcaya, que básicamente estuvo habitada por dos grandes grupos indígenas, uno de ellos, el mayoritario, fue de habla yuto azteca, entre los que estaban los conchos, los chizos, los masames, los tapacolmes, y los chinarras. Muchos de ellos reconocían la afinidad que tenían, hecho que facilitó que en algunos casos se unieran entre sí para enfrentar un problema. El otro de los grandes grupos fue el de los hablantes de lengua atapascana, quienes, en términos generales, fueron los que llegaron más tardíamente a nuestro territorio, y de todos ellos son muy conocidos los apaches. Con ciertas dudas, también pueden incluirse los tobosos, los sumas, los janos y algunos más, que fueron particularmente belicosos y que dieron origen a grandes conflictos al no aceptar el modo de vida que implicaba someterse a la corona española.

De cualquier manera, a lo largo de los años de la época virreinal, los grupos indígenas, grandes y pequeños, sufrieron el ataque de las enfermedades epidémicas, para cuyos efectos no contaban con resistencia orgánica para sanar. En otros casos debieron enfrentar a los militares españoles, quienes generalmente salían triunfantes gracias a que contaban con un armamento superior. Como resultado de estas dos grandes causas, los grupos indígenas fueron reduciendo su número y en muchos casos acabaron por desaparecer. Seguramente así ocurrió con los masames, quienes fueron diezmados en la batalla del Peñol de Nonolat, hacia 1652. De esto llegó a decirse "Así se acabaron los masames".[2]

También ocurrió que, por efecto de las guerras y las epidemias, muchos grupos se volvieron tan pequeños que se volvían sumamente vulnerables, por lo que para sobrevivir se unían a uno mayor que los acogiera en su seno. Además de la protección que les daba vivir en sociedades más amplias, los grupos pequeños aceptaban gradualmente los rasgos y costumbres del que los había admitido, lo cual trajo consigo que también perdieran su propia cultura, ya que el grupo receptor solía ser muy grande y se imponía. Así debió ocurrir con los sumas, que para sobrevivir, a principios del siglo XVIII, se unieron a los apaches chiricahuas, que eran sus vecinos.

La extinción de algunas culturas

Por los acuerdos a los que habían llegado el Papado y la Corona Española, desde principios de la época virreinal esta había aceptado la obligación de someter a los indígenas sin

1 De acuerdo a don Francisco R. Almada, "seco y arenoso" es uno de los posibles significados de la palabra Chihuahua, como lo señala don Alfonso Escárcega, antiguo cronista de la ciudad. Se ha supuesto que proviene del vocablo náhuatl *xicahua*, que coincide con el significado propuesto. Véase Alfonso Escárcega. *La fundación de la valerosa, leal y hospitalaria ciudad de Chihuahua.* Chihuahua, Centro Librero La Prensa, S. A. 1976, p. 24. Esto coincide con nuestra propuesta de *yacchicahua*, cuando aludimos a que de esta palabra regional se derivó el nombre de la ciudad, aunque admitimos que esto no pasa de ser una hipótesis. Véase Arturo Guevara Sánchez. *Los conchos. Apuntes para su monografía.* Chihuahua. Unidad de Servicios Educativos, SEP. INAH, Centro regional. 1985, p. 22.

2 Luis González Rodríguez, "Los tobosos. Bandoleros y nómadas. Experiencias y testimonios históricos (1853-1849)." En: *Nómadas y sedentarios en el norte de México. Homenaje a Beatriz Braniff.* México, Instituto de Investigaciones Antropológicas, Instituto de Investigaciones Estéticas e Instituto de Investigaciones Históricas, UNAM, 2000, pp. 371-373.

maltratos, debería enseñarles la religión cristiana y a vivir como campesinos creyentes y respetuosos de las instituciones españolas. Seguramente a esto se debe que los españoles hayan hecho pocos registros de eventos en los que realizaron actos de crueldad en contra de los indígenas, y es que no deseaban contradecir abiertamente la política del rey. Sin embargo, las correrías de españoles que tomaban indios a la fuerza, incluyendo a los peligrosos apaches,[3] y los vendían como esclavos en los mercados de Parral y de Taos,[4] hicieron que los indios se volvieran remisos a asentarse en los sitios que les marcaban los europeos.

Otros grupos que habían aceptado vivir en los pueblos de indios tuvieron que cambiar sus costumbres y resistir los malos tratos que los encomenderos brindaban a la población indígena. El norte del país se convirtió en un área de conflictos en la que los indios acabaron muertos o, bien, fueron esclavizados, ya que este era uno de los castigos que se daban a los que intentaban huir o que de alguna manera se enfrentaban al grupo dominador. Las masacres y las epidemias que trajeron los españoles hicieron que la época virreinal fuera una etapa de extinción de gran parte de los indígenas; nosotros hemos calculado que a principios de la colonia en Chihuahua había al menos 121 grupos indígenas mayores, y en la actualidad solo se conservan vivos cuatro de ellos: Tarahumaras, tepehuanes, pimas y guarojíos.

Uno de los diversos grupos ahora desaparecidos fue el de los conchos, de quienes no conocemos el nombre original. Se trata del grupo de habla yutoazteca que llegó a ocupar la fracción más grande de lo que ahora conocemos como estado de Chihuahua. Aunque participaron en algunas rebeliones, en términos generales puede decirse que fueron pacíficos, y por ello, cercanos a los españoles, por lo que sus miembros se fueron aculturando y perdiendo gradualmente sus rasgos más conspicuos.

Parte de este grupo habitó en las cercanías del río Conchos, cuyas aguas eran asociadas a la vida, atraían a numerosas aves, lo que era de particular importancia para los cazadores recolectores. Debido a que no hemos encontrado anzuelos ni redes, consideramos posible que, dadas sus habilidades, cazaban a los peces que se acercaban a la superficie utilizando sus arcos y flechas, como lo hicieron otros grupos de Norteamérica (así lo hacían a veces los rarámuri[5]). Por todos estos dones, los conchos debieron deificar al río, como ocurrió en otras partes, pues los mexicas sacrificaban infantes en el agua de la laguna que les daba muchos recursos, sin embargo, no sabemos cuáles ritos efectuaban los conchos, solo hemos podido localizar una escultura de piedra, muy sencilla y de color arena, que representa a un sapo, que en otras culturas era una deidad asociada a la tierra y al agua.

En el agua y en sus cercanías había numerosas conchas, lo que valió que los europeos le dieran el nombre de Río de las Conchas, el cual luego se aplicó a los indios

3 AHMP, 1679 a. Autos para que se manifiesten los indios apaches.
4 Chantal Cramaussel, *Poblar la frontera. La provincia de Santa Bárbara en Nueva Vizcaya durante los siglos XVI y XVII.* México, El Colegio de Michoacán, 2006, pp. 192-194.
5 Los indios usan un dardo ligero con una espina de nopal en la punta, a veces lo disparan con un arco, o también, los arrojan mediante un primitivo palo disparador, es decir, una especie de atlatl de pequeñas dimensiones. El dardo tiene una parte aplanada que se apoya contra el palo disparador que se dobla de modo que al soltarlo el dardo viaja y puede atravesar pequeños peces. Véase Wendell C. Bennett y Robert M. Zingg. *Los tarahumaras, una tribu india del norte de México.* (Col. INI No. 6), México, Instituto Nacional Indigenista, 1978, p. 210.



que aprovechaban sus recursos, y al pasar el tiempo acabaron por llamarles conchos, nombre que también se aplicó a la corriente, su proveedora de bienes.

Los conchos eran emprendedores y pronto aprendieron las técnicas agrícolas, así como también prestaron valiosos servicios a los europeos recién llegados, sin embargo, el maltrato que recibieron debió cansarlos y algunos de ellos se volvieron rebeldes. Hubo también un grupo de los conchos que era muy grande y que fue conocido como los chizos, que superaron a aquellos en su inconformidad, lo que valió para que fueran combatidos ferozmente por los españoles. Hubo otros grupos conchos, como los chinarras, que vivieron por el rumbo de Villa Aldama; los cacalotitos, cuyo nombre es una palabra híbrida y que significa cuervitos; los tapacolmes, que habitaban por el rumbo de la Cruz; y los coyamit, que seguramente dieron su nombre a Coyame; entre muchos otros.[6]

Todos ellos fueron reducidos por los cazadores de esclavos, por las epidemias traídas por los españoles y por efectos de la guerra. Hacia 1800 el grupo se había reducido a alrededor de cien personas, y para 1816-1817, en San Francisco de Conchos habitaban solo algunos de ellos, conviviendo con otros indios y gente española. Al parecer esta fue la última referencia que se conoce acerca de este grupo,[7] cuando parte de ellos vivían de trabajar como auxiliares de los militares.[8]

Aunque muy dispersos, tenemos algunos datos que ejemplifican cómo los europeos lograron la desaparición de ciertas sociedades, como el de los acoclames, un grupo que se hizo notorio por rechazar de forma tajante la aculturación española. Estos grupos habitaron en un área inhóspita y aprovechaban las ventajas que le daban los ríos Florido y el Primero;[9] sin embargo, en sus correrías en búsqueda de alimentos, se conformaban con chupar el agua de algunas plantas silvestres. Este grupo redujo su número más rápidamente que los otros y se llegó a decir que "estaba sujeta y amedrentada" por los tobosos.[10] En realidad los acoclames formaban parte de la confederación encabezada por dicho grupo y suponemos que debieron ser respetados por ello. De cualquier manera ya para 1693 estaba en vías de extinción, ya que para entonces solo quedaban entre cincuenta o sesenta guerreros.[11] El presidio de San Francisco de Conchos tuvo el encargo de hostilizar a este grupo y así lo hizo durante muchos años; los indios que fueron capturados fueron deportados en 1711.

Cuando los acoclames formaban un grupo muy pequeño, decidieron adherirse a los cocoyomes, un grupo mayor que los aceptó hacia 1720, con lo que pudieron defenderse mutuamente. Como era inevitable, esto hizo que por efectos de la aculturación, ambos grupos redujeran rasgos que les eran propios. A propósito de este grupo, podemos decir

6 Arturo Guevara Sánchez. *Los conchos. Apuntes para su monografía.* Chihuahua, Unidad de Servicios Educativos, SEP, INAH, Centro Regional. 1985, pp. 22-23.
7 William B. Griffen. *Indian Assimilation in the Franciscan Area of Nueva Vizcaya.* Tucson, The University of Arizona Press, 1979, p. 101.
8 Por su habilidad para rastrear huellas, algunos indígenas fueron contratados por los militares. NdA.
9 Ma. Luisa Reyes Landa y Arturo Guevara Sánchez. *En el viejo camino a Chiguagua. Avances en el estudio de la cultura de tobosos y grupos afines.* Torreón, Instituto Chihuahuense de la Cultura, 2008, p. 173.
10 AGI, Guadalajara 68. Informe a Su Magestad por Diego de Medrano, cura de Durango, 1660.
11 William B. Griffen, *Culture change & Shifting Population in Central Northern Mexico.* (Anthropological Papers 33), Tucson, The University of Arizona Press, 1969, p. 91.

que posiblemente era de filiación atapascana y muy afín a la cultura de los tobosos. Se les deportó hacia 1723 y debido a esto se pensó que el grupo se había extinguido, pero tiempo después se supo de la localización de ocho indios cocoyomes que habían logrado permanecer ocultos hasta 1725 en la sierra de Aguachila, en Coahuila. Este minúsculo grupo logró escabullirse y tiempo después fue atrapado y confinado en el presidio de Mapimí.

Se saben algunos datos aislados que deben corresponder a cocoyomes que vivieron aislados, ya que hacia 1726 se sabe de otra deportación, otros fueron exterminados en 1748 y se llegó a suponer que esta había sido la última noticia acerca de los cocoyomes. Sin embargo, es posible que algunos miembros del grupo hayan encontrado refugio en la sierra Tarahumara, donde se extinguieron en una fecha hoy desconocida.

Como suele ocurrir, el final de la historia se pierde entre la leyenda y la realidad. Mucho tiempo después, Carl Lumholtz escuchó una narración en la Sierra Madre Occidental, donde los nativos le hablaron de un misterioso grupo llamado los cocoyomes, que formaban un peligroso grupo enemigo que practicaba el canibalismo y se comía a los tarahumaras, pero, de no conseguirlos, se comían entre sí.

> Habitaban en las cuevas de las elevadas rocas de la sierra, y bajaban por la tarde, como venados, a beber en los ríos. Como no tenían hachas de hierro, no podían cortar ningún árbol grande, ni tampoco estaba en su posibilidad desmontar mucho terreno para sembrar grano. Solo sabían quemar la yerba de los arroyos para alistar los campos. Hace mucho tiempo, cuando los cocoyomes se hicieron insufribles, bajó el sol y los quemó a casi todos, logrando escapar unos cuántos en las grandes cavernas… Los tarahumaras, que a menudo peleaban con ellos, los sitiaron durante ocho días una vez que todos se habían reunido en la cueva más grande, donde no había agua, hasta que los hicieron perecer de hambre y sed.[12]

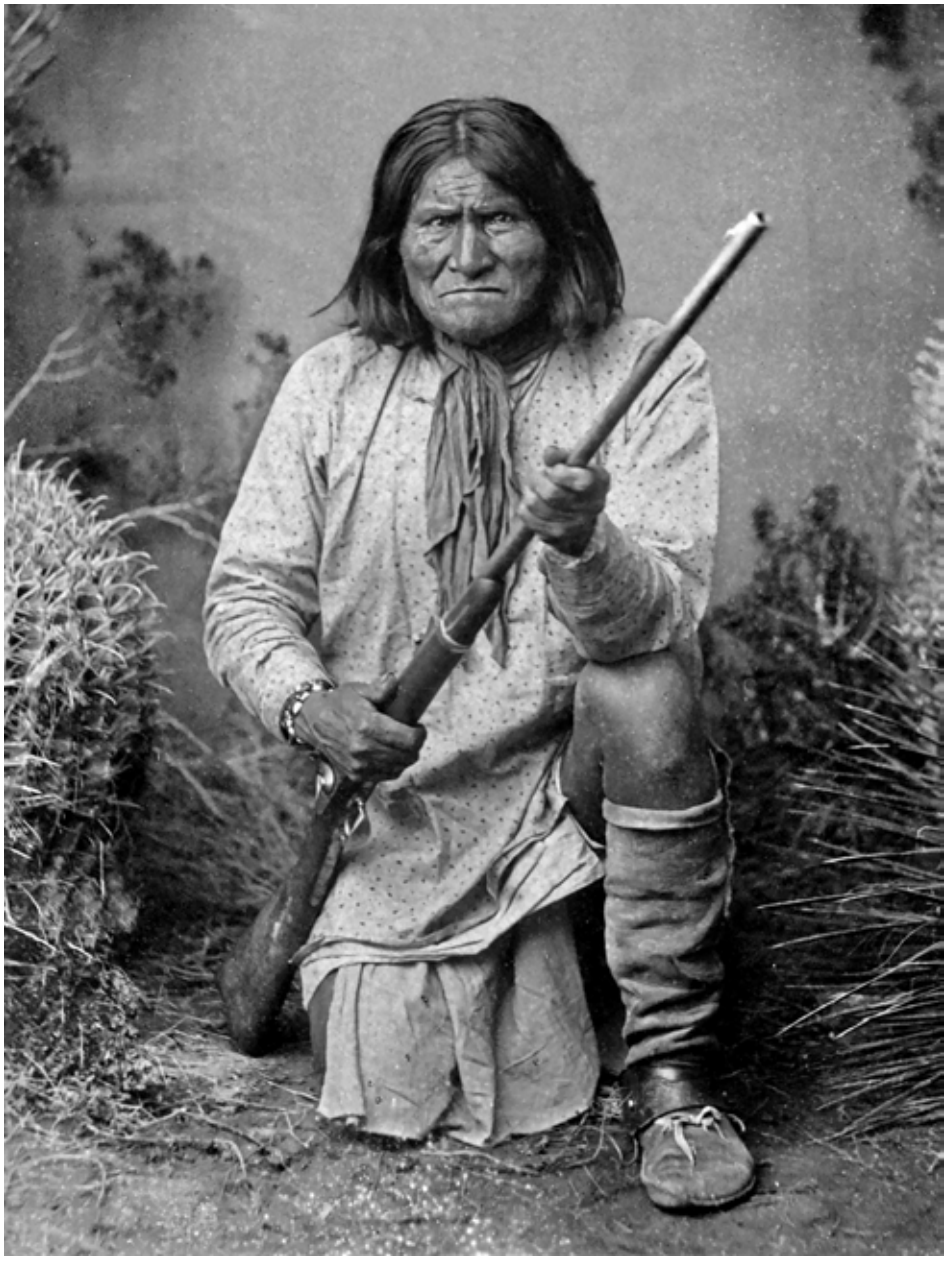
En la sierra Madre todavía es posible observar la presencia de diversas construcciones arqueológicas que se encuentran en el interior de cuevas y ubicadas en los acantilados, a veces en alturas que resultan muy difíciles de ascender. Cabe señalar que al decir de Lumholtz, los habitantes de la sierra atribuían a los cocoyomes los vestigios de habitaciones que se localizan en algunas cuevas, como aquellas que estaban en un sitio cercano a Morelos, donde pudo ver lo siguiente:

> Cerca de Morelos hay ruinas antiguas de algunas casas redondas y de otras cuadradas, así como huellas de fortificaciones circulares construídas con piedras sueltas, varias de ellas de diecisiete a veinte varas de diámetro, y estaban situadas en los filos de la montaña. Tales ruinas se atribuyen a los cocoyomes.[13]

Como se puede ver, no se sabe mucho de los cocoyomes.

En Nueva Vizcaya existió otro grupo famoso por su reciedumbre, el de los tobosos, que cobró importancia en la vida de la Nueva Vizcaya, ya que fue una sociedad que se opuso tenazmente a la ocupación de los territorios del norte de México por los europeos, lucha en la que acabaron por ser exterminados. No se sabe exactamente a cuál grupo

12 Carl Lumholtz, *El México desconocido.* Chihuahua, Ayuntamiento de Chihuahua, 1994, p. 190.
13 Carl Lumholtz. *El México desconocido*… p. 431.





lingüístico eran afines y consideramos que debieron pertenecer al de los atapascanos. Por su ubicación en la zona más árida de Chihuahua, es posible que en el curso de la guerra hayan sido de los últimos en llegar a asentarse y por su cercanía, también se dejaron sentir fuertemente en Coahuila.[14] Al igual que el grupo anteriormente mencionado, aprovecharon el agua de los ríos Florido y Primero, así como los diversos manantiales de la región, como lo es la laguna de Dolores y la de Atotonilco, muchas veces subrepticiamente.

Los españoles encontraron gente de este grupo en los límites del Bolsón de Mapimí, a finales del siglo XVI, y poco tiempo después se extendió el primer título conocido de encomienda de indios tobosos, a favor de Tomás del Río, el 26 de julio de 1600.[15] Tomás del Río era minero y debió utilizar al grupo en la explotación de las salinas que se encuentran en las cercanías del territorio antiguamente ocupado por aquellos indígenas; otros fueron asentados en San Buenaventura de Atotonilco. Los primeros contactos de tobosos y españoles no parecen haber sido particularmente cruentas pero las condiciones de vida a los que fueron sometidos debieron obligarlos a tomar las armas en 1617, para liberarse y seguramente para apoyar el gran levantamiento de los indios tepehuanes (1616-1618).[16]

A partir de aquella fecha, los levantamientos tobosos fueron muy frecuentes, a veces eran vencidos o pedían la paz y se les asentaba en su pueblo, sin embargo, los indios eran demasiado levantiscos y frecuentemente rompían los tratos pactados y se convertían nuevamente en rebeldes. Los habitantes de la región en el siglo XVII vieron también los ataques que hacían a los convoyes que transitaban por el Camino Real, que pasaba por el área habitada por los tobosos. Al principio, estos ataques se organizaban solo para disuadir la entrada de los españoles a Chihuahua, pero a medida que los indios se fueron aculturando, se buscaba también arrebatar algunos bienes de los viajeros, como alimentos, ropas y caballos. Cabe señalar que al paso del tiempo los tobosos se convirtieron en excelentes jinetes.

Muchos de sus ataques ocurrieron en el camino real, donde atacaban los convoyes, como se narra en una relación de la época: "…en uno de los aguajes que llaman Las Cruces, embistieron a una cuadrilla de carros, y aunque los dueños iban con guarnición y prevenidos, eran tantos los enemigos que mataron…".[17] En la época de mayor expansión, sus correrías se dejaron sentir en territorios tan alejados como Tamaulipas y Nuevo León, lo que nos habla de su gran movilidad.

Los tobosos fueron grandes líderes y se aliaban con otros grupos que se sumaban a sus alzamientos, por la cercanía que desde mucho antes habían tenido con el territorio

---

14 BPEJ, ff, V. 30, 1693. pp. 63-73. Carta de fray Antonio Baga al provincial franciscano fray Antonio de Avellaneda sobre los estragos de los tobosos en la misión de Nadadores, desprotegida de los soldados.

15 Salvador Alvarez, "Agricultores de paz y cazadores recolectores de guerra: Los tobosos de la Cuenca del río Conchos en la Nueva Vizcaya". *Nómadas y sedentarios en el norte de México. Homenaje a Beatriz Braniff,* México, Instituto de Investigaciones Antropológicas, Instituto de investigaciones Estéticas e Instituto de Investigaciones Históricas, UNAM, 2000, p. 317.

16 Guillermo Porras Muñoz, *La frontera con los indios de Nueva Vizcaya en el siglo XVII.* Chihuahua, Secretaría de Educación y Cultura del Gobierno del Estado de Chihuahua, 2006, pp. 165-187.

17 Nicolás de Zepeda, Relación de lo sucedido en este reino de la Nueva Vizcaya, 1645, En: *Documentos para la Historia de México.* México, Imprenta de Vicente García Torres, 1857.

de los conchos, y muchos de estos los apoyaron con las armas. Es indudable que a pesar de que tenían lenguas distintas, podían entenderse; esto era muy común en la región, muchos indígenas hablaban otras lenguas e incluso había algunos que eran parlantes del náhuatl.[18]

Los tobosos fueron tan hábiles en la guerra que resultaron muy difíciles de someter, así que a fines del siglo los europeos solicitaron autorización a la Corona española para exterminarlos. Debido a la crueldad que esto implicaba, el rey tuvo algunas dudas y fue necesario reiterar la petición, finalmente cedió a los deseos de las autoridades del virreinato y autorizó el exterminio en la Cédula Real del 3 de mayo de 1722.[19] A partir de entonces, los españoles encerraban a todo toboso que cayera en sus manos, sin distinguir sexo ni edad, para luego, periódicamente, enviarlos a las costas del país y a las islas del Caribe para colaborar en la construcción de los presidios.

Cabe señalar que en aquella época las costas eran muy insalubres y los viajeros, y otras personas que no estuvieran acostumbrados al clima, eran diezmados por distintas enfermedades, como la malaria, el vómito negro y otras. Enviar a los indios a dichas regiones resultó una sentencia de muerte. Debido a la falta de registros, nadie sabe del fin que tuvieron aquellos deportados. Nosotros preferimos creer que algunos indios se aclimataron, pagaron sus condenas y se quedaron en la costa disfrutando de las delicias del mar y viviendo de los dones del Caribe.

Otro grupo, también particularmente hábil para la guerra y que produjo también muchas bajas en las filas españolas, fue el de los salineros. Este grupo debió ser también de origen atapascano, que por lo mismo estaba emparentado con los apaches. Los salineros habitaban en las cercanías de lagunas salobres, que aprovecharon de forma rudimentaria y que en la época virreinal fueron codiciadas por los mineros europeos, lo que provocó que se hostilizara a los indígenas. Porque proveían de aves y de otros bienes, las lagunas debieron ser sacralizadas por los salineros, de quienes no conocemos el nombre que se daban a sí mismos. La sociedad de los salineros fue muy belicosa y, apoyada por los tobosos, se defendió intensamente, causando serios problemas a los europeos.

A mediados del siglo XVII los europeos lograron someter a los salineros y los asentaron en paz en el pueblo de El Tizonazo. El estudio de los hechos de guerra nos permite suponer que desde mediados del siglo se buscaba ya hacer el exterminio de este grupo; hacia 1653 los salineros estaban en paz en San José del Tizonazo, cuando de manera inesperada el gobernador Diego Guajardo Fajardo ordenó a los soldados que mataran a todos, incluyendo a los niños de dos y tres meses de edad.[20]

Parte del grupo debió sobrevivir de alguna manera, ya que se sabe que hacia 1661 se decretó el exterminio de los salineros, sin embargo, es evidente que debieron escapar

18 En Durango, que también era parte de la Nueva Vizcaya, habitaba el grupo de los mexicaneros, que era de habla náhuatl. Esto y el comercio con el centro de México, explican la presencia de topónimos de dicha lengua. NdA.

19 William B. Griffen. *Culture Change & Shifting Population in Central Northern Mexico.* (Anthropological Papers 33), Tucson, The University of Arizona Press, 1969, p. 63.

20 AGI. Guadalajara 63, Evia y Valdés al Rey, Durango, 3 de marzo de 1653. Al parecer, los europeos nunca aceptaron que los indígenas controlaran la producción de sal, que era tan necesaria a los mineros. NdA.



FV



FV

algunos, ya que 1665 varios indígenas, entre los que había salineros que ya se habían convertido al catolicismo, se acercaron al presidio de San Miguel de Cerro Gordo y, aprovechando que un obispo visitaba el sitio,[21] pidieron que se les diera el sacramento de la confirmación. Posteriormente, empujados por las circunstancias, algunos salineros se levantaron en armas hacia 1666.[22] De acuerdo a William B. Griffen, los últimos miembros de este grupo, seguramente maltrechos y discriminados, sobrevivieron hasta 1690,[23] luego se acabaron calladamente.

En el occidente de Chihuahua habitó el grupo de los guazapares, que tuvo una filiación yutoazteca. Se sabe de esta sociedad poco conocida por las referencias que hicieron los primeros misioneros que incursionaron en la Sierra Madre Occidental. Hacia 1632, este grupo participó en un levantamiento contra el dominio de los españoles; la represión que se les dio fue muy dura y se llegó a decir que los guazapares "resultaron casi exterminados por los soldados del presidio de Sinaloa".[24] De aquellas masacres hubo algunos sobrevivientes, que quedaron muy vulnerables y expuestos a los ataques de gente belicosa, y ahora suponemos que solo algunos pocos buscaron refugio al integrarse a otros grupos con los que tenían pactos de unión.

La Sierra Tarahumara fue el hábitat de varios grupos indígenas que llamamos menores solo por el corto número de sus miembros, entre ellos estaban los tubares, así como los warijó, ahora conocidos como los guarojíos, los chínipas y los guazapares. Eran grupos tranquilos que se habían concentrado en una región que tiene un acceso sumamente dificultoso. Esto debió facilitar que algunos de ellos sobrevivieran incluso hasta la época actual, que practicaban una agricultura incipiente y que se surtían de agua en los arroyos y aguajes de la región.[25]

A finales del siglo XIX y principios del XX, Carl Lumholtz pudo observar al grupo de los tubares, y en sus minuciosos trabajos escritos informa que para entonces solo quedaban alrededor de dos docenas de indígenas, e incluso presentó algunas fotografías de aquellos grupos, una de ellas de una pareja de indios tubares, en la que puede verse que su aspecto tenía semejanza con la de los grupos rarámuris.[26] Posiblemente los tubares fueron de filiación yutoazteca y ahora suponemos que, al igual que otras sociedades de la sierra, debieron ser exógamos y que, en tal caso, los últimos varones debieron buscar pareja en las poblaciones de otros grupos. Indudablemente esto debió disminuir los rasgos propios de la cultura de los matrimonios.

Todavía hacia 1968, el profesor Francisco R. Almada informa de la presencia en la sierra de algunos miembros de los tubares,[27] de los que ahora no hemos podido

21 El obispo que visitaba la región era don Juan de Gorospe y Aguirre. Véase Guillermo Porras Muñoz, *Iglesia y Estado.* México, Instituto de Investigaciones Jurídicas, UNAM, 1980, p. 462.
22 Guillermo Porras Muñoz. *La Frontera con los Indios de Nueva Vizcaya*... p. 178.
23 William B. Griffen. *Culture Change*... p. 39.
24 José Neumann. "Introducción". *Historia de las sublevaciones Indias en la Tarahumara.* Introducción y notas de Bohumir Roedl. Praga, Universidad Carolina, 1994, p. 63.
25 Entre los grupos de esta región se creía en la presencia de una serpiente mítica, el paisori, que vivía en los aguajes y que podía ser muy peligrosa para las mujeres que estaban amamantando. Véase Eugeni Porras Carrillo. *Los Warijó de Chihuahua.* Chihuahua, ENAH Chihuahua, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, 2002, pp. 99.
26 Carl Lumholtz. *El México desconocido.* Chihuahua, Ayuntamiento de Chihuahua, 1994, pp. 430-431.
27 Francisco R. Almada. *Diccionario de Historia, Geografía y Biografía Chihuahuenses.* Ciudad Juárez,



Tres Castillos, en este lugar en el municipio de Coyame, el coronel Joaquín Terrazas derrotó a un grupo de apaches en 1880 encabezados por el indio Victorio, en donde murio este último, provocando así la extinción definitiva de este grupo indigena.

encontrar noticias más recientes. Suponemos que, al igual que otros grupos disminuidos, los últimos tubares vieron diluirse su propia cultura cuando se asociaron a otros grupos. También es probable que no se tenga noticia de los últimos miembros de esta cultura debido a que muchos indios transculturados evitan hablar de sus propios orígenes, tratando de algún modo de evitar la posibilidad de ser discriminados.

La extinción de los grupos pequeños normalmente se dio en silencio, como debió ocurrir cuando eran atacados por una epidemia, ya que los españoles los abandonaban a su suerte en sus lejanos asentamientos y no quedaban registros del evento. Casi excepcionalmente sabemos del grupo de los bibit de Coahuila, también de Nueva Vizcaya, cuyo jefe habló a las autoridades y pidió el agua del bautismo para su pueblo en 1675, atacado por la viruela. No sabemos la respuesta que se le dio, pero después de aquella fecha no se vuelve a mencionar a los bibit.[28]

De estas simples y duras formas se extinguieron la mayor parte de las antiguas sociedades que, de un modo u otro, debieron aportar rasgos para que los chihuahuenses de ahora pensemos, hablemos y tengamos algunas preferencias aprendidas; ahora solo nos queda conservar cuantos datos y rasgos sea posible, revisar archivos y escritos antiguos que han sobrevivido, a veces casi inexplicablemente. Tendremos que reconocer que solo mediante una clara identidad cultural podremos afrontar las crisis de nuestro siglo.


FV

Monumento al indio Victorio, ciudad de Chihuahua.

Departamento de Investigaciones Sociales, Sección de Historia, Universidad de Chihuahua, 1968, p. 543.

28 Carlos Manuel Valdés. *La gente del mezquite. Historia de los pueblos indígenas de México.* México, CIESAS, INI, 1995, p. 192.



Capítulo II.
Caracterización de la cuenca

Patricia Ochoa Tovar y Víctor M. Ortiz Franco

El río Conchos es la corriente principal en el estado de Chihuahua, fluye en dirección este-noreste, recorriendo 749 km desde su nacimiento en la Sierra Madre Occidental hasta desembocar al río Bravo en el municipio de Ojinaga. Es considerado el sistema fluvial más importante del territorio estatal. Su cuenca –entendiéndose por este concepto a la depresión del terreno por donde escurre el único sistema de drenaje natural, es decir los escurrimientos producidos por la precipitación forman arroyos que desembocan en una misma corriente o río que a su vez fluye hasta un mar u océano– comprende una extensión total de 68 527 km^2, abarca 42 entidades municipales, de las cuales 37 municipios (93%) se ubican en Chihuahua y solo 5 municipios (7%) –correspondiente a 5051 km^2– pertenecen a Durango.

Para la administración y manejo de las cuencas, la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) ha dividido el país en 13 regiones hidrológicas. También se han creado los Consejos de Cuenca[1], quienes coordinan la participación institucional (federal, estatal, municipal) así como a los usuarios, para implementar el desarrollo de programas de uso sustentable del agua de cada cuenca.

El río Conchos pertenece a la vertiente del Golfo de México[2], forma parte de la región hidrológica 24 Río Bravo (RH24Río Bravo) y es el principal tributario en México del río Bravo[3]. Su cuenca fluye desde las cumbres de la región montañosa hacia

1 Los Consejos de Cuenca sostienen un diálogo con sus homólogos en Estados Unidos para la atención a los problemas comunes de la frontera, denominándose Junta Ambiental del Buen Vecino (GNEB por sus siglas en inglés).

2 La Vertiente del Golfo es la vertiente principal de la entidad, drena más de la mitad de la superficie estatal. A ella pertenecen dos importantes ríos del estado: el Bravo y su afluente el Conchos.

3 El río Bravo conforma una gran cuenca de más de 3000 km desde las montañas de Colorado hasta desembocar en el Golfo de México, marcando una frontera natural entre México y Estados Unidos. Los ríos Conchos, Salado y San Juan en México y Pecos, Devils, Chama y Puerco en Estados Unidos son sus principales tributarios.

el oriente cruzando las dos grandes regiones fisiográficas en que, según Schmidt (1992), se divide el estado: la Sierra Madre Occidental[4] y las cuencas y sierras del Desierto Chihuahuense[5], abasteciendo alrededor del 18 por ciento de los depósitos forestales y minerales y una gran porción de la riqueza agrícola en Chihuahua (*op. cit.*).

En su recorrido cruza las cuatro zonas climáticas principales en la entidad: árida, semiárida, tropical húmeda y subtropical húmeda y seca (Schmidt, 1975), captando las aguas de todos los ríos de la región centro y sur del territorio estatal. En el estado de Chihuahua la cuenca del Conchos se divide en cinco regiones hidrológicas o subcuencas: Alto río Conchos, Medio río Conchos, Bajo río Conchos, río Florido y río San Pedro.

Alto río Conchos

El río Conchos nace en el municipio de Bocoyna en las cumbres de la Sierra Madre Occidental, que en el estado de Chihuahua se le conoce como Sierra Tarahumara. Se origina en el cerro de Rumurachi con aportes de los manantiales de Huirinima y Cebadilla a 2700 msnm, en una zona boscosa de coníferas con precipitación media anual de 700 mm. Durante el primer tramo de su recorrido desde la sierra a la planicie se le unen importantes corrientes, como el arroyo Bocoyna, río Sisoguichi y el arroyo Bacochi, cuyas aguas forman la presa Sitúriachi ubicada en San Juanito, Bocoyna, la cual satisface necesidades domésticas, agrícolas y turísticas a la región.

Próximo a Nonoava, el Conchos recibe las aguas de los ríos Nonoava, Humariza y el arroyo Aguacaliente; más adelante se une al río Balleza formado por la confluencia de los ríos San Juan y Agujas y varios arroyos: Grande, El Muerto, La Cuchilla y San Agustín. A la altura de los poblados de Huejotitán y el Tule confluyen los arroyos de Huejotitán, la Ciénega y del Cañón hasta llegar a Valle de Zaragoza, donde la corriente del río Conchos desemboca en la presa La Boquilla, ubicada en una zona de llanura desértica con precipitación media anual de 400 mm.

Los municipios Bocoyna, Carichí, Nonoava, Balleza, Rosario, El Tule, Huejotitán y Valle de Zaragoza forman parte de la subcuenca Alto río Conchos. La variación de relieve en dicha subcuenca genera diversificación climática que va desde el clima templado semihúmedo de la región serrana –donde nace–, hasta el clima seco (tipo BW y BS) en las llanuras desérticas de Valle de Zaragoza. La mayoría de la población que habita esta zona vive en comunidades rurales. La ganadería, la explotación forestal, en menor medida la agricultura y la pesca y más recientemente el turismo, son actividades importantes en la economía de la región que destaca, según INEGI (2010) por tener comunidades con alto índice de rezago social.

Medio río Conchos

La subcuenca media inicia en la parte baja de la presa La Boquilla, municipio de San Francisco de Conchos, corriendo en dirección oeste-este rumbo a Camargo, donde el Conchos se une al río Florido orientándose en dirección sur-norte, pasa por los

4 La región Sierra Madre Occidental está constituida por sierras altas con laderas escarpadas y barrancas profundas, algunas cimas superan los 2000 msnm. Las condiciones climáticas varían desde clima templado en las cumbres, hasta tropical húmedo en las barrancas.

5 La región Sierras y Llanuras del Desierto Chihuahuense tiene características climáticas áridas y semiáridas, con sierras bajas y abruptas y llanuras con relleno aluvial tradicionalmente conocidas como "bolsones".



municipios de La Cruz, Saucillo, Julimes, donde confluye con los ríos Chuvíscar[6] y Sacramento provenientes de la ciudad de Chihuahua. La corriente continúa hacia Aldama hasta la presa Luis L. León conocida también como El Granero. En su curso el río recibe además escurrimientos menores, en el primer tramo los arroyos Terrazas, El Foreño, Las Cañadas, La Colorada y El Cacahuate, rumbo a Saucillo, El Ermitaño y Las Ánimas, de las proximidades de Chihuahua los arroyos Torreón, Majalca, Los Nogales y El Mimbre y en el último tramo, cerca de la presa El Granero destaca sobre todo el arroyo Las Víboras.

La subcuenca Medio río Conchos tiene clima semidesértico con grandes áreas de topografía plana y precipitación media anual de 320 a 350 mm. La presa Boquilla, junto con la presa Francisco I. Madero, que es alimentada con las aguas del río San Pedro, juegan un papel de suma importancia para la región, ya que son las principales fuentes de abastecimiento del Distrito de Riego 005 Delicias[7], que con una serie de presas almacenadoras menores (Colina, Rosetilla, Andrew Weiss) dan vida a una de las zonas agropecuarias más productivas del estado, la cual destaca en forrajes, hortalizas y nueces.

Chihuahua y Camargo son los mayores centros urbanos en la subcuenca media, cuya población se dedica principalmente a actividades industriales, comerciales, de servicios y agropecuarias. Otra actividad económica relevante conformada sobre esta cuenca, son los parques recreativos, balnearios, aguas termales y restaurantes ubicados en los municipios de Aldama, Julimes, San Francisco de Conchos y Camargo que han favorecido el desarrollo económico de la región.

Bajo río Conchos

La subcuenca baja comprende desde la presa El Granero (Luis L. León) en el municipio de Aldama y hacia el noreste cruza Coyame hasta desembocar al río Bravo en el municipio de Ojinaga. En su trayecto el río Conchos recorre la región más árida del estado, caracterizada por relieves planos con serranías de baja altitud y una precipitación media anual de 250 mm. En su cauce se integran algunos escurrimientos menores, como los arroyos Coyame, Galván, Los Gendarmes, El Todrillo, Boquilla de Quiñones y El Huérfano.

Un porcentaje importante del agua de la subcuenca baja se utiliza en irrigación del Distrito 090 Bajo Río Conchos ubicado en Ojinaga, para lo cual se han construido dos presas derivadoras: Fernando Foglio Miramontes (conocida como El Pegüis) y Toribio Ortega (también llamada Tarahumara), cuyas aguas están destinadas a actividades agropecuarias, destacando actualmente la producción de alfalfa, algodón y otros productos agrícolas. Esta región también sobresale por la calidad de su ganado, y cabe subrayar que en la presa El Granero se concentra el volumen hídrico destinado al cumplimiento del Tratado Internacional de Agua con Estados Unidos (1944).

---

6 El río Chuvíscar nace a 35 km de la ciudad de Chihuahua en la serranía Mesa Montosa. Es el último tributario importante del río Conchos y su corriente decidió la fundación de la capital del estado en sus márgenes. Sus aguas son captadas por las presas Chuvíscar, Chihuahua y El Rejón que durante muchos años suministraron H^20 a la ciudad capital. Actualmente estas tres presas conforman un circuito recreativo para esta población.

7 El Distrito de Riego 005 Delicias se localiza en la zona centro-sur del estado de Chihuahua, dentro de la cuenca del río Conchos, y tiene una superficie regable total de 80 102 ha con 9657 usuarios registrados con derecho de riego. Las fuentes de abastecimiento de agua del distrito son las presas La Boquilla y Francisco I. Madero, una batería de pequeñas presas almacenadoras, así como 850 pozos profundos de los cuales se extraen anualmente 250 hm^3 de agua para riego (Ortega, 2011).



Aldama, Coyame, Cuchillo Parado y Ojinaga son centros de población establecidos en este territorio con un antigua vocación agropecuaria y en menor medida minera, pero que ante los embates de la modernidad han implementado estrategias alternativas para complementar su economía, destacando el establecimiento de balnearios y áreas turísticas como las grutas de Coyame y la sierra del Pegüis, que han venido a resignificar la región.

Subcuenca río Florido

La subcuenca del Florido nace en la sierra Los Azules, municipio de Santa Bárbara, serpenteando en dirección sur-sureste desde la región montañosa (2880 msnm) rumbo a Parral; en este tramo se le unen los ríos Parral y Allende, el primero proveniente de la sierra de La Sauceda y el segundo de la sierra de Santa Bárbara. El río Florido continúa rumbo a Villa Ocampo y Las Nieves, ambas poblaciones del estado de Durango, y en su recorrido recibe varios tributarios menores, destacando el río La Ciénega.

Cerca de Villa Ocampo, Durango, la corriente del río Florido forma la presa Federalismo Mexicano, conocida como San Gabriel. Luego se adentra nuevamente en el estado de Chihuahua hacia Coronado donde el Florido es captado para formar la presa Pico de Águila. En este tramo se le une el río Primero proveniente de Rosario y continúa su curso pasando por Jiménez hasta Camargo. Próximo a esta población, el Florido desemboca en el río Conchos. En la subcuenca río Florido actualmente destaca una serie de pequeñas presas de reciente construcción cuya vocación de irrigación garantiza la producción agropecuaria, además la minería, la explotación de zonas salitreras, el comercio y, más reciente, el turismo, que principalmente en Parral y Camargo complementan la economía de esta región.

Parral, Jiménez y Camargo son las ciudades más importantes de esta subcuenca, cuyas características topográficas varían desde altitudes mayores de 2000 m en su origen, hasta zonas de planicie baja en los municipios de Jiménez y Camargo. La precipitación varía desde 500 mm en la zona alta hasta 300 mm en la región baja con características desérticas. La vegetación muestra también una diversidad que va desde bosque templado de pinos en la sierra, mientras que en los llanos bajos predominan especies xerófilas, además de las características de zonas desérticas como huizaches, mezquites y arbustos espinosos entre otros.

Subcuenca río San Pedro

El sistema fluvial San Pedro se forma con la confluencia de tres ríos: Satevó, Santa Isabel y Santa Cruz. El primero se origina por la confluencia de los arroyos San Bernabé, Buenos Aires y Cusihuiriachi, cerca de Carichí, luego avanza en dirección oeste-este, cruza San Francisco de Borja, donde se le unen los ríos de Carretas y el de Santa Isabel, proveniente del poblado de Santa Rosa, para continuar con rumbo noroeste-sureste, cruzar Riva Palacio y General Trías –en cuyo tramo recibe a los arroyos Salicia, San Gaspar y Carboneros– y se une al río Satevó, muy cerca del poblado del mismo nombre. Y es a partir de este sitio donde se conoce como río San Pedro. La corriente continúa en dirección noreste, pasa por Rosales –donde sus aguas forman la presa Francisco I. Madero, conocida como Las Vírgenes–, luego atraviesa Meoqui, y ahí es donde el San Pedro vierte sus aguas al río Conchos.

En la subcuenca San Pedro destacan una serie de poblaciones antiguas, como Riva Palacio, Satevó, Santa Isabel, Meoqui, Rosales, entre otros, cuya vocación principal son las actividades agropecuarias y, en las proximidades de Delicias, la producción nogalera y una importante industria lechera. En años recientes destaca un creciente polo turístico en torno a la presa Las Vírgenes y el lago Colina.

Potencial hídrico y disponibilidad

La variabilidad en el relieve del estado de Chihuahua propicia condiciones de altitud, humedad y climas distintos, desde el templado en la Sierra Tarahumara hasta condiciones climáticas secas y muy secas en las llanuras desérticas que se extienden en el centro-oriente del territorio de la entidad. Las temperaturas extremas alcanzan intervalos de -10 ˚C en invierno y hasta 40 ˚C en verano; así como la temporada de lluvias, frecuentemente torrenciales, que se concentra en los meses de verano (julio a septiembre).

Dichos parámetros dan como resultado altas probabilidades de baja precipitación[8], pues del volumen total del agua que se precipita la mayor cantidad se evapora, otro tanto escurre y solo una mínima parte se infiltra en el suelo. Además, el territorio estatal presenta periodos de sequía recurrentes que impactan de manera constante diferentes áreas de la entidad, entendiéndose por sequía el fenómeno climático provocado por una reducción en la precipitación pluvial que se manifiesta en forma lenta y afecta a personas, al ambiente y a las actividades económicas de un lugar (Drought Mitigation Center, 2002).

La multiplicidad de factores ambientales característicos de Chihuahua propició que las zonas próximas a las cuencas fueran lugares idóneos para albergar a los grupos humanos que habitaron la entidad. Antes de la llegada de los españoles en el siglo XVI paquimeítas, rarámuris, chínipas, tepehuanes, pimas y, sobre la cuenca del Conchos la llamada "conchería", conformada por conchos, chinarras, sumas, chisos, jumanos y tapacolmes, entre otros, establecieron los primeros asentamientos a orillas de las corrientes de agua, dedicándose a la caza, pesca y una agricultura incipiente que comprendía básicamente el cultivo de maíz, frijol, chile y calabaza, lo cual complementaban con la recolección de frutos y plantas silvestres, entre la que destaca una gran variedad de quelites.

En la actualidad, cuatro siglos después, la cuenca del Conchos, esta gran área con bajas probabilidades de precipitación que abarca aproximadamente 30% de la superficie estatal, asienta el 80% de la población que habita en el estado, así como el 90% de la industria y el 55% de la superficie agrícola. Además del uso doméstico, riego agrícola, fruticultura, ganadería, minería, comercio, industria, turismo y otras actividades productivas, el Conchos abastece tres distritos de riego: 005 Delicias (90 589 ha), 103 Río Florido (8306 ha) y 090 Ojinaga (10 733 ha) (PND, 2004).

8 Condiciones que expresadas en cifras refieren que de los 110 mil millones de metros cúbicos (Mm^3) de agua de lluvia, equivalentes al 100% de la precipitación, 97 mil Mm^3 -es decir, el 88%-, se evapora y solo 13 mil Mm^3, que representan el 12%, aproximadamente, se escurren. Además, del promedio anual estatal de volumen de escurrimiento, equivalente a 13 mil Mm^3, solo se aprovechan 5528 Mm^3, de los cuales 2400 Mm^3 son de agua superficial y 3328 Mm^3 de agua subterránea, que constituyen las fuentes de abastecimiento locales. (PED, 2004).



También aporta el volumen de agua requerido para el cumplimiento del Tratado Internacional de Agua (1944) que establece que de la totalidad de aguas que anualmente lleguen a la corriente principal del río Bravo procedentes del río Conchos y sus tributarios, se distribuirá en una tercera parte para Estados Unidos y el resto a las presas internacionales Amistad y Falcón para su regulación y uso en los estados de Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas (Ortega, 2011).

Una de las estrategias más utilizadas para disponer del agua suficiente que satisfaga las necesidades básicas de la población ha sido la construcción de presas y embalses artificiales que retienen el agua y permiten el suministro doméstico y de las diferentes actividades productivas. En el estado de Chihuahua la mayoría de los almacenamientos de agua superficial se localizan en la cuenca del río Conchos.

Sin embargo, cabe destacar que el crecimiento y concentración excesivos de la población sobre la cuenca, la precipitación anual baja y las sequías recurrentes son factores que impactan la disponibilidad hídrica[9] por habitante, dando como resultado una considerable reducción del recurso; además a la fecha permanecen ignoradas las necesidades y derechos hídricos del resto de especies de seres vivos (plantas y animales), es decir, hay una desatención evidente de las necesidades hídricas del hábitat.

Un ejemplo significativo es la alarmante disminución de especies acuáticas en el estado, evidencia del deterioro de la calidad del agua que han sufrido a consecuencia de su utilización como receptores de drenes de irrigación con sales, plaguicidas y aguas negras con alto contenido de microorganismos patógenos, detergentes y residuos orgánicos. También las áreas ribereñas están afectadas por la erosión del suelo, la tala, la sequía y el cambio climático, entendiéndose este como un cambio de los patrones locales o globales del clima, cuyas causas pueden ser naturales o antropogénicas (por influencia de las actividades humanas).

Acuerdos y tratados diplomáticos

En un informe preliminar en marzo de 2001 elaborado por el Centro de Estudios Políticos de Texas se presentó un diagnóstico del manejo del agua de la cuenca del río Conchos avalado por varias organizaciones de la sociedad civil y expertos en la materia, dándose a conocer detalles del tema; posteriormente se hizo la Declaración Binacional del Río Conchos, cuyo contenido incluye el plan de manejo de la sequía, el manejo sustentable de la cuenca, mejoramiento de la calidad del agua, reducción de la sobreexplotación de los acuíferos y dotación de agua para los ecosistemas.

Organizaciones mexicanas y estadounidenses dedicadas a la conservación del medio ambiente y la protección de los derechos humanos, suscribieron en 2001 la declaración "Descubriendo el Río Conchos", donde manifiestan a sus respectivos gobiernos que deben considerar y adherirse a los siguientes principios para desarrollar planes de manejo de sequía y de manejo sustentable del agua en las cuencas del río Conchos y del Bajo río Bravo/río Grande: Otorgar una alta prioridad al uso eficiente y

9 La disponibilidad hídrica anual por habitante en el estado de acuerdo a la CNA (2002) es en promedio de 1300 m3, equivalente a una tercera parte del promedio nacional. Un poco más de la mínima establecida por la Organización de las Naciones Unidas (ONU), que señala que cuando la disponibilidad es menor a los mil metros cúbicos por habitante al año se trata de una situación crítica que altera los ecosistemas, dificulta la producción de alimentos y obstruye el crecimiento económico de los países.

al mejoramiento de la calidad del agua, reducir la sobreexplotación de los acuíferos en la cuenca, cuidado y protección de la vegetación en las zonas de recarga, desarrollar un plan de ordenamiento ecológico para la Sierra Tarahumara y adoptar incentivos y programas para promover una silvicultura sustentable en la región, así como el establecimiento de un comité consultivo binacional de usuarios y organizaciones que ofrezcan perspectivas útiles que faciliten los procesos de negociación.



FV

10 La Carta de la Tierra es una declaración internacional de principios fundamentales publicada por la UNESCO en junio del año 2000 para la construcción de una sociedad global, sostenible y pacífica, buscando influir en todos los pueblos del mundo un sentido de interdependencia y responsabilidad compartida por el bienestar de la familia humana y del mundo en general.

Principales obras hidráulicas construidas en la cuenca del río Conchos:

Presa	Año inaug.	Río	Capacidad	Dimensiones	Destino	Municipio/ otros
Talaman-tes	1902	Allende	33 millones m^3	Altura de la cortina: 34 m	Riego	Talamantes
Búfalo	1912	Parral	13 millones m^3	Altura de la cortina: 34 m	Agrícola	
San Marcos	1918	Sacra-mento	9 millones m^3		Agrícolas	Chihuahua
La Boquilla	1916	Conchos	3 000 millones m^3	Altura de la cortina: 70 m 43 km de largo 9 km de ancho	Irrigación y generación de energía eléctrica	San Francisco de Conchos
Colina	1927	Conchos	27.4 millones m^3	A 5 km aguas debajo de La Boquilla	Hidroeléctrica, actualmente turismo	San Francisco de Conchos
Rosetilla	1930	Conchos	20 millones m^3	Disponía de turbina generadora	Originalmente energía eléctrica	Saucillo
Chuvíscar	1908		2.1 millones m^3	Altura de la cortina: 22 m 280 m de largo Base de cantera	Suministro de agua a Chihuahua	Chihuahua (fuera de servicio por asolvamiento)
Francisco I. Madero	1947 / 1952	San Pedro	425 millones m^3	Junto con Boquilla son los elementos principales del sistema de riego 05	Control de avenidas e irrigación	Rosales
Parral		Parral	10.2 millones m^3		Control de avenidas y suministro de agua a Parral	Parral (a partir de inundación de 1944)
Chih.		Chuvís-car	32.3 millones m^3		Control de avenidas y suministro de agua a Chihuahua	Chihuahua
Rejón	1965	Arroyo El Rejón	7.80 millones m^3		Control de avenidas y suministro de agua a Chihuahua	Chihuahua
Luis L. León (El Granero)	1968	Conchos	850 millones m^3	Altura de la cortina: 62 m	Control de avenidas; riego	Aldama (aguas abajo derivadoras Tarahumara y Pegüis)
Torreon-citos		Parral	6 millones m^3		Riego	Parral
Pico de Águila		Florido			Riego	Jiménez



Capítulo III.

El río Conchos, calidad del agua y sociedad

Mélida Gutiérrez Quiroz[1] y Luis Aboites Aguilar[2]

Este trabajo presenta un panorama general acerca de la calidad del agua, tanto superficial como subterránea, de la cuenca del río Conchos, haciendo énfasis en dos aspectos: la contaminación y la sobreexplotación de los acuíferos. Esos dos aspectos son parte de una historia mundial caracterizada por el uso más intensivo de los recursos naturales, a expensas del medio ambiente. A la vez que ha permitido grandes mejoras en la calidad de vida de la sociedad, esa historia ha traído consigo retos que las actuales generaciones tenemos que enfrentar con toda energía y conocimiento de causa. La situación actual del agua de la cuenca del río Conchos no puede entenderse fuera de esa historia; por tal razón iniciamos con un breve repaso del contexto general.

Contexto general

La preocupación por la calidad del agua es antigua. Desde tiempos remotos los humanos hemos sabido distinguir diversos tipos de aguas, que si gordas o delgadas, que si hediondas o inodoras, con mayor o menor calidad para beber, amasar o curar; con alto o bajo contenido de minerales, de mayor o menor temperatura, con o sin propiedades medicinales; de las aguas del subsuelo distinguimos las someras de las profundas. En el siglo XIX apareció un nuevo tipo, el agua potable, definida mediante los análisis bacteriológicos. Fijarse en tal diversidad era, es y será importante simplemente porque el agua es esencial para la vida vegetal y animal (humana); también lo es por las propiedades que posee para conducir y disolver otras sustancias, para limpiar, mover y enfriar.

El agua superficial y subterránea dista de ser la misma a lo largo de la historia. Su composición química se ha alterado y sus formas de uso han cambiado notablemente en todo el planeta, especialmente en los últimos 150 años. ¿Qué ha ocurrido en ese tiempo? Al menos tres cambios: a) la urbanización, b) el desarrollo agrícola, y c) la industrialización. Hace siglo y medio la mayor parte de la población vivía dispersa en el campo, en pequeñas localidades. Hoy día la mayoría vive en localidades que podemos

1 Missouri State University, Geography, Geology and Planning, USA. mgutierrez@missouristate.edu.
2 El Colegio de México, Centro de Estudios Históricos, México. D.F. laboites@colmex.mx.

considerar urbanas. En 1870 eran inimaginables localidades de más de 20 millones de habitantes, como ocurre hoy día con Tokio, Yakarta, Sao Paulo, Nueva York, Ciudad de México, entre otras. Proveer de agua potable a población tan numerosa es un gran reto y, como dice el sentido común, si se mete agua, hay que sacarla. Por ello, la producción de aguas de desecho, las llamadas "aguas negras", creció en la misma magnitud.

Pero el movimiento de la población hacia las ciudades no hubiera sido posible sin los cambios tecnológicos que elevaron la productividad de la tierra, sin el desarrollo industrial que dio paso a nuevas fuentes de energía (electricidad, petróleo) y a nuevos medios de transporte y comunicación. En la agricultura y la industria el agua jugó un papel primordial, no solo para el riego y la generación de electricidad sino también porque esas actividades implicaron la alteración de los escurrimientos naturales (por medio de las presas de almacenamiento) y por los desechos tóxicos que resultaron de las propias industrias y ciudades.

Esos cambios han influido decisivamente en la situación contemporánea de las aguas del planeta. Una cosa lleva a la otra, es decir, la urbanización y la revolución industrial crearon sus propias posibilidades civilizatorias pero también sus propias dificultades, contradicciones y riesgos. Desde esa perspectiva debe abordarse la cuestión de la calidad del agua, entendida no como antiguo (como se mencionó arriba) sino como resultado del desarrollo de las actividades económicas en el último siglo y medio.

De entrada debe desterrarse la creencia errónea de que el planeta puede absorber contaminantes y regresar por sí mismo a su condición original. Lo anterior significa que el gigantesco aumento de la producción agrícola e industrial, así como la urbanización han tenido un alto costo ambiental, que dista de ser un daño menor o "daño colateral". El planeta no es el mismo. La grave cuestión ambiental es parte de la condición humana de nuestros días. No en balde desde hace 30 o 40 años cada vez son más potentes las voces que llaman a hacer conciencia y a detener la grave afectación que ha sufrido el medio ambiente.

La cuenca del río Conchos

El río Conchos narra a su modo la historia general que acabamos de resumir. Por suerte no tiene una aglomeración metropolitana del tamaño de las mencionadas antes, ni tampoco posee una industria de gran potencial contaminante, como una planta química. Por eso, podría pensarse que los habitantes de las riberas del río Conchos están a salvo, que han sabido evadir los grandes problemas del agua moderna o que estos, por la buena fortuna, han pasado de largo hacia otras áreas geográficas.

Pero por desgracia no es así. Dos datos son importantes en este diagnóstico: por un lado, el evidente deterioro del río; y por otro, la sobreexplotación de los acuíferos, que ha llegado niveles críticos. Para entender mejor la situación actual deben considerarse varios antecedentes. En la década de 1930 nació el distrito de riego 005, con cabecera en la, también nueva, ciudad de Delicias. Este distrito de riego revolucionó los usos del agua de la cuenca, principalmente por la incorporación de miles de hectáreas al cultivo.

En principio el proyecto contemplaba la apertura de 58 000 hectáreas, mismas que empezaron a regarse con aguas superficiales provenientes del lago Toronto, el cuerpo de agua que se formó a raíz de la construcción de la planta hidroeléctrica de La Boquilla (1916). Más tarde, luego de la inauguración de la presa Luis L. León (1967), construida


YAMAHA
CF 6314 PW
WaveRunner

en la porción baja de la cuenca, se formó el distrito de riego del Bajo Conchos (090). En este caso la superficie cultivada alcanzó las 10 000 hectáreas.[3]

En muy pocos años las explotaciones agrícolas situadas en la cuenca del Conchos se ampliaron y requirieron de mayores volúmenes de agua, ya no superficial sino subterránea. En la zona de Jiménez, en la ribera del río Florido, uno de los afluentes del río Conchos, el auge algodonero de la década de 1950 propició la apertura de nuevas tierras al riego mediante la extracción de crecientes volúmenes de agua subterránea. Con el tiempo se formó en ese lugar el distrito de riego 103, con una extensión de 8 000 hectáreas. Otra zona de bombeo, de menor tamaño, surgió al sur de Camargo, también vinculada al mencionado auge algodonero.

Por su parte, en el distrito de riego de Delicias las presiones políticas y las demandas de tierra de la década de 1970 obligaron a ampliar la superficie regada hasta las 80 000 hectáreas. Para ello fue necesario recurrir cada vez más al agua subterránea mediante la perforación de numerosos pozos profundos. El propósito era completar el volumen extraído, tanto de La Boquilla como de la presa Las Vírgenes. Esta última, inaugurada en 1949, había sido construida para almacenar los escurrimientos del río San Pedro, otro de los numerosos afluentes del río Conchos.

Como se podrá apreciar, en menos de 50 años (de 1933 a 1980 aproximadamente) la frontera agrícola de riego del centro-sureste del estado de Chihuahua se amplió en poco más de 100 000 hectáreas. Su explotación requirió del aprovechamiento más intenso de las aguas superficiales y subterráneas de la cuenca del Conchos. Tal es la huella local de una tendencia mundial prototípica del siglo XX.

La expansión agrícola propició un crecimiento demográfico notable, especialmente en la zona del distrito de riego de Delicias. Las cifras son ilustrativas. Si sumamos los habitantes de los ocho municipios que forman ese distrito de riego (San Francisco de Conchos, Camargo, La Cruz, Saucillo, Delicias, Meoqui, Rosales y Julimes), tenemos que entre 1930 y 2010 la población se incrementó de 39 611 a 291 544 habitantes (7.3 veces), un crecimiento más acentuado que el del estado de Chihuahua en el mismo periodo (6.9 veces).

En particular, destaca el surgimiento y florecimiento de Ciudad Delicias, una localidad fundada en 1933 y que con el tiempo llegaría a ser la cuarta ciudad del estado, después de Ciudad Juárez, Chihuahua y Cuauhtémoc. En 1940 Delicias apenas rebasaba los 6000 habitantes, mientras que en 2010 se acercaban a la cifra de 120 000, es decir, un crecimiento de casi 20 veces.[4] Ya se verá el impacto de este crecimiento poblacional en la situación ambiental de la cuenca del Conchos.

De la contaminación

Las zonas agrícolas chihuahuenses mencionadas no impresionan al buen conocedor de la agricultura mexicana. Hablamos de que esas tres zonas en conjunto significan poco más de 100 000 hectáreas, una extensión modesta comparada con los gigantes agrícolas del norte de México (La Laguna, Yaqui, Culiacán, Mexicali, Bajo Bravo).

3 Véase Gerardo Jiménez González, "El valle de Ojinaga: en la junta del Bajo Conchos y Bravo", Durango-Austin, Universidad Juárez del Estado de Durango y Environmental Defense, diciembre de 2004 (http://www.edf.org/sites/default/files/3_El_Vallede_Ojinaga.pdf).

4 Estimaciones elaboradas a partir de Luis Aboites Aguilar, *Delicias. Una ciudad algodonera que dejó de serlo 1933-2013*. Delicias, Ayuntamiento de Delicias, 2013. Cuadro A1.



Pero lo que vale subrayar ahora es que a lo largo del siglo XX en todos esos distritos de riego tuvo lugar un impresionante aumento de la productividad de la tierra, como resultado en gran medida de la adopción de un paquete tecnológico caracterizado por el alto consumo de energía, en su mayoría de origen fósil (tractores, bombas eléctricas), y el empleo generalizado de sustancias químicas, como fertilizantes y plaguicidas. Un ejemplo es el algodón. En 1930 el rendimiento por hectárea de algodón pluma como promedio nacional no rebasaba los 245 kilos, mientras que en 1980 tal rendimiento alcanzaba los 1050 kilos, 4.3 veces más.

En Delicias, a los pocos años de iniciada la explotación agrícola, se comenzó a emplearse sustancias derivadas del arsénico para combatir las plagas. A inicios de la década de 1950 tales sustancias fueron sustituidas por los insecticidas "clorados" (DDT), en particular el muy popular Aldrín. Estos compuestos, de gran toxicidad, eran vendidos por empresas distribuidoras y por las mismas compañías algodoneras que buscaban asegurar las cosechas para recuperar los préstamos otorgados a los agricultores. En esos años se recomendaba usar entre 12 y 15 kilos de insecticida en polvo por hectárea y aplicarlo, según fuera la gravedad de la afectación, cada siete o diez días: en su mayor parte el insecticida se aplicaba por la vía aérea mediante aviones fumigadores.

Si consideramos que en la década de 1950 la superficie sembrada con algodón cubría más del 90% de la superficie irrigada (unas 60 000 hectáreas) y que cada sembradío de algodón necesitaba al menos cuatro o cinco aplicaciones por ciclo, podemos calcular la cantidad de plaguicida empleado en la zona. Más tarde, en la década de 1960, conforme las críticas al DDT subían de tono, las sustancias derivadas del fósforo ocuparon su lugar, tanto en polvo como en líquido.[5] Aunque el DDT, el Aldrín y otros plaguicidas similares ya no se utilizan, los nuevos compuestos siguen siendo tóxicos y persistentes en el medio ambiente, es decir, que tardan años en perder su toxicidad.

Los insecticidas conllevan un alto riesgo no solo ambiental sino de salud de los trabajadores agrícolas y de sus familias. Un ejemplo de este daño ambiental es el que resulta de los residuos tóxicos que los drenes agrícolas arrojan al río. Esos residuos no solo contaminan el río aguas abajo, afectando flora y fauna por igual, sino que permanecen en los suelos y llegan al cuerpo humano. Casos de contaminación en el río Conchos, como mortandad de peces, se reportan con frecuencia. Con respecto a los compuestos tóxicos, se han detectado rastros de esta clase de sustancias incluso en fetos y en la leche materna.

Algunos de estos compuestos tóxicos, como el arsénico y el flúor, tienen su origen en la erosión de roca volcánica y por lo tanto la fuente de contaminación es de origen natural. El problema se agrava cuando se extrae agua de lugares del subsuelo que registran altas cantidades de esos mismos compuestos. Por lo que se refiere a las aguas de desecho de la creciente población urbana, salvo contadas excepciones, se vierten a los ríos.[6] La contaminación del río por descargas de aguas negras es inconfundible. Estos desechos despiden mal olor y reducen la cantidad de oxígeno en las aguas receptoras, lo que afecta directamente a los organismos acuáticos.[7]

---

5 Entrevistas con el ingeniero Arturo Espinoza de los Monteros. Delicias, enero y junio de 2010.
6 Gutiérrez Quiroz, Mélida y Patricia Borrego. "Water quality assessment of the Rio Conchos, Chihuahua, Mexico", *Environmental International*, 25:5 (1999), pp. 573-583.
7 De la Maza-Benignos M. editor. 2009. *Los Peces del rio Conchos*. Alianza WWF-FGRA y Gobierno del Estado de Chihuahua.







Además, las aguas contaminadas con aguas de desecho doméstico contienen gran cantidad de organismos patógenos que constituyen un riesgo para la salud. Más recientemente, otras sustancias se han sumado a los contaminantes convencionales mencionados arriba, entre ellos los restos o vestigios de medicamentos que se emplean en un número creciente de personas. Nos referimos a sustancias para controlar la presión sanguínea, hormonas, males nerviosos, entre otros.

De las aguas subterráneas

El siglo XX en el mundo, y en México de igual modo, es el tiempo de la explotación generalizada y a gran escala de las aguas subterráneas, no solo para el riego de amplias superficies agrícolas, sino también para las ciudades cada vez más populosas. Ya dimos antes algunas referencias sobre los antecedentes de esa explotación en el caso de la cuenca del Conchos, y ahora conviene ahondar en esta cuestión. El punto es que en muy pocos años, menos de 50 en el caso que nos ocupa, tres de los 14 acuíferos que integran la cuenca del río Conchos pasaron de subexplotados a una condición de sobreexplotación, y nueve a una condición de equilibrio.[8]

Cabe llamar la atención en estos últimos. Las condiciones de equilibrio son particularmente reveladoras de la grave situación, porque entre 2011 y 2014 las lluvias han sido abundantes y aun así estos acuíferos apenas alcanzaron a cubrir la cantidad extraída. La sobreexplotación, es decir, la diferencia existente entre el volumen de la recarga natural anual, y el monto de la extracción, en el mismo lapso, tiene al menos dos repercusiones severas: por un lado, el mayor consumo de energía y la consiguiente alza de costos en el equipo de bombeo, dada la necesidad de extraer agua cada vez más profunda; y por otro, la presencia de altas cantidades de minerales que resultan de la extracción de agua a mayor profundidad, lo que a su vez puede generar daños a la salud humana y de igual modo a los propios cultivos, en caso de usarse esta agua para riego.

Pero hay más daños. El abatimiento del nivel freático causa sequedad del suelo, lo que estresa a árboles y arbustos, cuyas raíces no alcanzan el agua. Un aspecto adicional, más grave aún, son los hundimientos que resultan de la extracción súbita de agua subterránea, que provoca a su vez el reacomodo del material rocoso acompañado de temblores de magnitud considerable y pérdida irreversible de la capacidad de almacenamiento del acuífero.[9]

Comparada con el agua superficial, la composición del agua subterránea cambia menos drásticamente con el tiempo, aunque la composición del agua difiere según el lugar donde se extraiga. La calidad se mide comúnmente con base en la presencia de sólidos totales disueltos y de compuestos tóxicos de interés, en este caso nitratos, hidrocarburos y arsénico. A excepción de dos acuíferos, los cinco restantes presentan buena calidad del agua, con valores de sólidos totales disueltos que corresponden al agua dulce.

Con respecto a la presencia de sustancias tóxicas, en los acuíferos más cercanos a la ciudad de Chihuahua (Chihuahua-Sacramento y Tabalaopa-Aldama) se han detectado trazas de hidrocarburos y nitratos, que son resultado de actividades propias

8 *Diario Oficial de la Federación*, lunes 20 de abril de 2015: Comisión Nacional del Agua. Disponibilidad del Agua Subterránea (http://www.conagua.gob.mx/disponibilidad.aspx?n1=3&n2=62&n3=112).
9 Sobre esta pérdida, en verdad alarmante, véase L.D. Fellows, "Ground-Water Pumping Casuses Arizona to Sink", *Arizona Geology. Arizona Geological Survey Newsletter*, 29:3 (1999), pp. 1-4.

de los grandes centros urbanos y de desechos industriales. Por su parte, en el acuífero Meoqui-Delicias la presencia de metales pesados y nitratos indican el predominio de actividades agrícolas. Un contaminante de origen natural que se encuentra en algunos pozos (aunque en la mayoría de los acuíferos) es el arsénico.[10] Una vez detectado, es sometido a un tratamiento de ósmosis inversa para eliminarlo del agua que se suministra a la población.

En cuanto a la salinidad, debe tomare en cuenta que los acuíferos ubicados en zonas áridas contienen un mayor contenido de sales. Estas se reportan como sólidos totales disueltos en mg/l con valores de hasta 1000 mg/l, que corresponden a agua dulce; en el rango 1000-10 000, se considera agua salobre, y los registros superiores a 10 000 mg/l corresponden a agua salina. En un estudio realizado en 1999 se consignan los siguientes resultados: los acuíferos con mayor contenido de sales son el de Camargo-Jiménez (hasta 5000 mg/l, según una muestra recogida de un pozo ubicado cerca de la ciudad de Jiménez) y el de Meoqui-Delicias, con valores de hasta 2000 mg/l.[11] El primero debe su salinidad a depósitos de yeso y anhidrita que forman parte del acuífero, cuya disolución libera a su vez un alto contenido de sulfatos. En el segundo acuífero, los valores obtenidos son producto de actividades agrícolas intensivas, incluyendo infiltraciones de áreas de cultivo y drenes.

Es evidente que los principales acuíferos, desde el punto de vista de la agricultura y de la provisión a las zonas urbanas de mayor población, han alcanzado un punto crítico en cuanto a su capacidad de suministro. Lo anterior se desprende del hecho de que esos acuíferos muestran ya déficit o bien que la recarga apenas alcanza a cubrir la cantidad extraída por los diversos aprovechamientos (estado de equilibrio), no dejando excedentes para cubrir imprevistos, por ejemplo una temporada de sequía, tan comunes en esta zona.

¿Qué hacer?

Desde el punto de vista económico, la prevención de la contaminación es la manera más eficaz de asegurar la disponibilidad de un mejor producto, en este caso agua limpia, con un menor costo y esfuerzo. La prevención consiste en seguir un plan específico que permita la reducción en el uso de compuestos químicos persistentes, es decir, de difícil degradación, utilizando cada vez más los tratamientos naturales en el control de plagas.

En esa misma dirección, se trata de aumentar el uso de fertilizantes naturales altamente biodegradables y tratamientos de tipo natural para el mejoramiento de suelos y cultivos. Ambas opciones son dignas de tomarse en cuenta, por ejemplo la adopción de la llamada "labranza de conservación" o "labranza cero", que consiste en sembrar en un terreno que no ha sido arado previamente. Se ha demostrado que este tipo de labranza retiene más agua, nutrientes y materia orgánica en el suelo, además de que reduce su erosión. Este método ha sido utilizado con éxito en Argentina y Chile.[12]

---

10 Espino-Valdés M. S., Yaravi Barrera-Prieto y Eduardo Herrera-Peraza. 2009: "Presencia de arsénico en la sección norte del acuífero Meoqui-Delicias del estado de Chihuahua, México", *Tecnociencia Chihuahua*, 3:1, pp. 8-18.

11 INEGI y Gobierno del Estado de Chihuahua, *Estudio hidrológico del estado de Chihuahua*, Chihuahua, 1999.

12 Acevedo, Edmundo y Paola Silva. *Agronomía de la cero labranza*, Santiago, Universidad de Chile, 2003 (Serie Ciencias Agronómicas, 10).



FV

Por otro lado, la concentración de sales en drenes de retorno también puede controlarse reduciendo la evaporación del agua de riego. Para tal propósito pueden emplearse diversos métodos para dar sombra a los cuerpos de agua (ríos, lagos, canales de riego), o mediante la instalación de sistemas de riego altamente ahorradores de agua como el goteo, o bien, cambiando prácticas como la de evitar regar durante el día, así como dar preferencia a cultivos de bajos requerimientos de humedad. En general, una buena planeación consiste en alcanzar una combinación de las medidas mencionadas para asegurar que el agua se mantenga con la calidad adecuada y favorecer al mismo tiempo la recarga de los acuíferos.

Para contrarrestar el efecto dañino de las descargas de tipo orgánico (industrial y doméstico) de las localidades urbanas, la mejor opción son las plantas de tratamiento, como las que ya operan en las ciudades de Chihuahua y Parral. Sin embargo, en la parte central de la cuenca (Delicias) su construcción se ha tardado más de una década.

Se tienen noticias de que finalmente se construirán en el año de 2016.[13] Del mismo modo, conviene involucrar a la población en el conocimiento y seguimiento de las medidas descritas arriba para lograr una mejor adopción y vigencia. En ese sentido, son imprescindibles las campañas reiteradas de educación ambiental y de conservación de agua, así como instrucciones precisas sobre la mejor manera de deshacerse de residuos y envases vacíos de plaguicidas, de medicamentos caducos y de otros residuos peligrosos y altamente contaminantes como pinturas y solventes.

Cada vez es mayor el avance de la llamada tecnología verde, es decir, de métodos accesibles que promueven el uso sustentable de recursos (energía, agua). Un método de tratamiento de agua que ha cobrado un auge inusitado, debido a que sus resultados han excedido las más exigentes expectativas y mediciones, es el uso de humedales, es decir, de cuerpos de agua someros que generalmente se crean en las riberas de los ríos o en zonas bajas, donde casi siempre crece la vegetación nativa de manera abundante. Se ha comprobado que los procesos naturales que operan en estos humedales dosifican el agua, atenuando inundaciones; también mejoran la calidad del agua, proporcionan hábitat para fauna y flora silvestre y proveen beneficios de tipo estético que mejoran la calidad de vida de los habitantes.

Cada vez es mayor el consenso en torno a la necesidad de encarar con toda energía el deterioro ambiental. Pero no faltan las voces que se oponen, que califican al ambientalismo como alarmista. No falta quien lo denuncie como un nuevo obstáculo al desarrollo económico y por ende al bienestar de la población. Esta forma de pensar es común entre los grupos con intereses primordialmente económicos, cuya preocupación por obtener lucro en el corto plazo los hace incapaces de percibir los beneficios que a mediano y largo plazo traería consigo una postura favorable a la sustentabilidad, tanto del gobierno como de la propia sociedad.

Como se vio, en este breve estudio estamos proponiendo prevenir la pérdida del recurso, ya sea por evaporación o por contaminación, con medidas que seguramente serán difíciles de adoptar, entre ellas la de dar preferencia a los cultivos de baja exigencia de agua, cuando sabemos que los cultivos más rentables en esta época son precisamente aquellos que la demandan en mayor medida (alfalfa, nogales, hortalizas). Y sí, de ese tamaño es el reto, pero considérese que lo más costoso es lo que no existe o que existe en muy pequeñas cantidades. El agua puede llegar a ser el bien más costoso, por escaso o por inexistente. Sería una catástrofe que además de escasa el agua de la cuenca del Conchos no pudiera consumirse por contaminada.

En resumen –afirma un viajero–, el río Conchos, además de sustentar la flora y fauna de sus riberas, detona importantes actividades económicas como la agricultura, la ganadería, la pesca, el turismo, la explotación de la arena… Por lo tanto, si reconocemos su gran potencial económico, nos preguntamos: ¿Qué política ambiental existe para preservarlo y protegerlo? ¿Qué estamos haciendo los chihuahuenses por el río Conchos? ¿No será acaso momento de valorar en toda su magnitud a este río que es fuente de vida?[14]

---

13 *El Diario de Delicias*, jueves 24 de septiembre de 2015, "Positiva la construcción de plantas tratadoras para el 2016".

14 Luis Guerrero Rubio Nájera. *El Conchos: río de vida. Testimonio de un caminante*, Gómez Palacio, Celsa Impresos, 2012, p. 207.





Capítulo IV.

Escenarios del agua ante el cambio climático

Dr. J. Alfredo Rodríguez Pineda

Introducción

En el verano del año 2015, en la ciudad de Chihuahua, moderna urbe enclavada en la parte noroeste del gran Desierto Chihuahuense, Dana, una niña de cinco años de edad, juega despreocupadamente en el jardín de su casa mientras que en el horizonte se elevan oscuros nubarrones pronosticando una típica tormenta de verano. Pocos minutos después, la lluvia empieza a caer y la niña rápidamente ingresa a su hogar dirigiéndose al ventanal para observar el maravilloso espectáculo que ofrece la naturaleza. Afuera, el agua se acumula en pequeñas depresiones formando charcos con geometrías irregulares. Un poco después el agua fluye lentamente por la pendiente del terreno.

Con admiración, Dana observa cómo cada gota de lluvia, con una trayectoria diagonal, golpea el agua encharcada dispersándola en todas direcciones. En su imaginación infantil, Dana configura la formación de "barquitos". Entre más intensa es la lluvia, más son los "barquitos" que se forman y que rápidamente se integran al flujo de agua. Sin embargo, a pesar de su corta edad, sobre Dana se cierne uno de los mayores problemas que enfrentarán los habitantes de la cuenca del río Conchos en los próximos años: la nula disponibilidad de agua superficial para mantener el desarrollo y crecimiento socioeconómico que se ha tenido históricamente.

Desde hace varios años, el uso del agua en la cuenca alcanzó el límite superior de su capacidad hídrica; esto es, anualmente se distribuye el total del volumen medio captado para su aplicación en los diversos usos. Otro factor en contra del escaso recurso es el impacto negativo que tendrá el cambio climático a escala de la cuenca, estrechando aún más su disponibilidad. Con la incertidumbre que el tema tiene para investigadores y científicos, pero sustentados en la experiencia y trabajo desarrollado por WWF en la cuenca en los últimos 10 años, este capítulo intenta plasmar algunos de los escenarios asociados con el agua de la cuenca del río Conchos, la más importante para el estado de Chihuahua ante el ineludible cambio climático.



Condición actual: Clima, hidrología y ecosistemas

De acuerdo al Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) la modificación de los patrones climáticos, resultado del cambio climático, tendrá un gran impacto en los recursos hidrológicos del planeta. El IPCC menciona que "Los registros observacionales y las proyecciones climáticas aportan abundante evidencia de que los recursos de agua dulce son vulnerables y podrían recibir un fuerte impacto del cambio climático, que tendría todo tipo de consecuencias en las sociedades humanas y en los ecosistemas" (IPCC, 2008).

En la cuenca del río Conchos, por su condición mayoritariamente árida, el cambio climático tendrá un impacto significativo en los ya escasos recursos hídricos, en sus ecosistemas y por lo tanto en los grupos sociales. Para construir los posibles escenarios potenciales es necesario conocer el balance hidrológico y el estado físico y biológico actual de dichos ecosistemas.

Un clima árido acompañado de sequías

Una gran extensión de la cuenca forma parte del gran Desierto Chihuahuense y solamente una estrecha franja se ubica en la Sierra Madre Occidental, o Sierra Tarahumara. El clima de la zona alta se clasifica como templado, mientras que la cuenca media y la cuenca baja presentan un clima desértico. Resultado de su descenso altitudinal, la temperatura presenta un amplio rango desde los -15 ° centígrados en el invierno de la Sierra Tarahumara hasta los casi 45 ° centígrados en el verano del desierto. La temporada de lluvias se concentra en los meses del verano cuando precipita el 95% del total y solamente un 5% durante el invierno, en ocasiones en forma de nieve en la cuenca alta. La precipitación media anual se distribuye desde los 700 mm en la cuenca alta para descender rápidamente hasta los 300 mm en su punto de cierre en la confluencia con el río Bravo en la ciudad de Ojinaga.

Además de su aridez, la cuenca está sujeta a eventos de sequía que se presentan de manera cíclica, aproximadamente cada 10 años (CONAGUA, 2011), afectando significativamente el valor de la precipitación y su patrón temporal. La condición en la cuenca se torna crítica cuando se acumulan varios años con sequía. El déficit hídrico se acumula al momento en que cada gota de lluvia es "sujetada" por el suelo, eso reduce los escurrimientos y el agua no llega a la red hidrológica principal. Como consecuencia, presas y acuíferos no recargan satisfactoriamente los volúmenes extraídos por las actividades socioeconómicas. Además, el incremento de la demanda del vital líquido, gobernada por el crecimiento y el desarrollo social, hace que los impactos económicos de la sequía sean cada vez más severos.

El crecimiento socioeconómico en la cuenca requiere de la naturaleza un mayor volumen de agua, pero en términos prácticos, el valor de precipitación es el mismo desde hace millones de años. Esta condición natural ha obligado históricamente a la sociedad chihuahuense a desarrollar procesos de adaptación adecuados al volumen disponible de agua que la cuenca provee, como el tandeo urbano de agua o la tecnificación de sus distritos de riego. En el año 2011, la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) lo sintetizó en el siguiente párrafo: "En la cuenca del Río Bravo-Conchos, hay escasez de agua en las zonas de mayor desarrollo económico y dinámica demográfica, lo que conduce a que, en la medida en la que el consumo aumenta, la ocurrencia de agua per cápita tienda a disminuir". (CONAGUA, 2011). Por lo tanto, el volumen limitado de

agua y la afirmación de los técnicos de CONAGUA son indicadores de que la sociedad presenta una condición de alta vulnerabilidad hídrica ante el cambio climático.

El desbalance hidrológico

Desde hace varios años los límites hidrológicos superiores de la cuenca ya fueron alcanzados. La CONAGUA afirma que "la Región Hidrológica número 24 Bravo-Conchos, muestra evidencias de deterioro de la calidad del agua, desequilibrio hidrológico y sobreexplotación". (CONAGUA, 2011). En términos de agua superficial, en la gran cuenca binacional río Bravo-Conchos su déficit anual es de 737.8 millones de metros cúbicos –Hm^3– (CONAGUA, 2011). Para el principal afluente del río Bravo, el río Conchos, el balance hidrológico oficial contabiliza un déficit medio anual de 65.31 Hm^3.

Sin embargo, la CONAGUA declara que para poder cumplir con el volumen de agua comprometido en el Tratado Internacional de Aguas de 1944 entre México y los Estados Unidos de América, para el río Conchos y otros cinco ríos tributarios del Bravo (San Diego, San Rodrigo, Escondido, Sabinas, Nadadores y Salado) se tiene calculado un déficit de 437.6 Hm^3 (CONAGUA, 2011). Además, el mismo tratado estipula que el agua proveniente de los afluentes del río Bravo del lado mexicano se repartirá en un tercio para EUA y dos tercios para México; dicha fórmula obliga al río Conchos, que por sí mismo ha de proveer volúmenes de agua en el rango de los 500 a los 1500 Hm^3 por año. Dicho volumen dependerá del nivel de captación en la presa Luis L. León.

Para satisfacer las necesidades y compromisos de abastecimiento de agua en la cuenca, la extracción total del sistema es de 4143.7 Hm^3, de los cuales 3534.8 Hm^3 (85.3%) es agua superficial y 608.8 Hm^3 (14.7%) es agua que proviene de la sobreexplotación de sus acuíferos. Al año 2010, la CONAGUA contabilizaba cinco de sus principales acuíferos sobrexplotados: Chihuahua-Sacramento, Meoqui-Delicias, Jiménez-Camargo, Parral-Valle de Verano y Tabalaopa-Aldama.

La gran pregunta del ciudadano de la cuenca podría ser: ¿por qué preocuparnos por el agua, si contamos con un volumen anual de 3534.8 millones de metros cúbicos de agua para 1.3 millones de habitantes en la cuenca? Sin embargo, el gran usuario del agua en la cuenca es el sector agrícola de riego, el cual consume el 90% del agua disponible (CONAGUA, 2006; Jiménez, 2002; Kelly, 2002). El sistema agrícola de riego lo constituyen cuatro distritos con un área de 108 223 hectáreas (ha), quienes obtienen los beneficios que otorga el agua que precipita en un área de 6.57 millones de hectáreas. Cada hectárea de riego se beneficia con la lluvia que precipita en 60.7 ha de cuenca.

El sector agrícola de riego lo componen el Distrito 005 Delicias con 82 234 ha, el 103 río Florido con 8964 ha, el 090 Bajo río Conchos con 13 313 ha y el recientemente creado 113 Zona de Riego Labores Viejas con 3712 ha (CONAGUA, 2012). Sin embargo, un análisis muestra que el uso agrícola del agua en la cuenca puede llegar a ser hasta del 98% considerando las 26 000 ha que conforman las unidades de riego (Silva-Hidalgo y Moreno-Lara, 2011) localizadas en los márgenes de los principales ríos. El agua restante se divide para su uso entre el abastecimiento de agua potable urbano, industrial y pecuario.







FV

FV



El significativo volumen de agua asignado al sector agrícola coloca a la cuenca en una situación de alta vulnerabilidad hídrica[1] para el futuro cercano y crítica para el resto del siglo. Las características desérticas de la región agrícola se asocian con el elevado consumo de agua de cosechas de alto rendimiento económico como la alfalfa y el nogal, ocasionando una alta huella hídrica[2] del sector. Esta situación coloca en la balanza el buen retorno económico de cosechas, en su mayoría para exportación, y en el otro extremo el valor del extraordinario volumen de agua de buena calidad química con potencial para desarrollar la cuenca en los años por venir.

El agua que fluye desde los bosques de la Sierra Tarahumara presenta una buena calidad hidrogeoquímica con bajos valores de salinidad (>5 miliequivalentes), ello le confiere la etiqueta de ser el agua superficial con la mejor calidad en el estado de Chihuahua. Por lo tanto, su gran volumen y calidad química del agua proveniente de la Sierra Tarahumara es la mejor reserva que tiene el estado de Chihuahua para su futuro desarrollo socioeconómico, especialmente cuando el cambio climático impacte de con la severidad pronosticada los escasos recursos hídricos del Desierto Chihuahuense.

Pronóstico del Panel Intergubernamental del Cambio Climático

Para evaluar el futuro hídrico de la cuenca es necesario evaluar el pronóstico relacionado con el cambio climático y asociarlo a las condiciones actuales de aridez y baja disponibilidad de agua. De acuerdo al Panel Intergubernamental del Cambio Climático[3] (IPCC, por sus siglas en inglés) para mediados del siglo XXI:

> La escorrentía fluvial promedio anual y la disponibilidad de agua disminuirían en algunas regiones secas de latitudes medias y en regiones tropicales secas. Muchas áreas semiáridas y áridas (por ejemplo, la cuenca mediterránea, el oeste de Estados Unidos de América, el sur de África o el nordeste de Brasil) están particularmente expuestas a los efectos del cambio climático, y experimentarían una disminución de sus recursos hídricos como consecuencia del cambio climático (nivel de confianza alto). (Bates *et al.*, 2008)

La referencia geográfica del IPCC incluye a la cuenca del río Conchos y al resto del Desierto Chihuahuense, o sea dos tercios del territorio de México. En uno de sus últimos documentos el IPCC menciona que las expectativas del cambio de clima en las latitudes medias serán de veranos con tendencia de una condición seca e incremento de las precipitaciones extremas, así como mayor frecuencia de lluvias intensas y de sequías, con periodos más largos entre eventos de lluvias (IPCC, 2013).

Los pronósticos del IPCC permiten visualizar en la cuenca la acumulación de impactos sobre los escasos recursos hídricos. A los elevados valores de evaporación

1 Vulnerabilidad hídrica: probabilidad de sufrir algún daño por exposición, sensibilidad o capacidad adaptativa al exceso o escasez de agua.
2 Huella hídrica: concepto que se refiere al agua utilizada en la creación de un producto (WWF, 2012).
3 Panel Intergubernamental de Cambio Climático: El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) es el principal órgano internacional encargado de evaluar el cambio climático. Se creó en 1988 a iniciativa del Programa de Las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la Organización Metereológica Mundial (OMM) para ofrecer al mundo una visión científica clara del estado actual de los conocimientos sobre el cambio climático y sus posibles repercusiones medioambientales y socioeconómicas. (http://www.ipcc.ch/home_languages_main_spanish.shtml).

potencial actual se sumarán los efectos del incremento de la temperatura del aire por efecto del cambio climático. Estudios realizados por WWF determinaron que en la cuenca se espera tener una condición extrema cuando la temperatura del aire suba en 3 ˚C con respecto a la temperatura del aire actual, ya que habrá un requerimiento de agua del orden del 20% adicional, dividida entre un 10% de agua adicional que requerirán los cultivos y otro 10% de agua que adicionalmente se estará evaporando de las presas de almacenamiento que surten de agua a los distritos de riego existentes en esta cuenca hidrológica (Raynal *et al.*, 2009).

Lo anterior se traduciría en la disminución de la disponibilidad de agua y reducción de la humedad del suelo requerida por la vegetación natural y los cultivos agrícolas. El tener un panorama de posibles deficiencias en el contenido de humedad del suelo, cuyos valores fluctúan entre el 20% y el 41% menos del agua que habitualmente estamos acostumbrados a disponer, impondrá cambios radicales en nuestro estilo de vida a finales del siglo XXI (Raynal *et al.*, 2009). Estos cambios de estilo de vida estarán marcados por la escasez de alimentos y por fuertes restricciones en el abastecimiento de agua potable a las ciudades y a las comunidades rurales (Raynal *et al.*, 2009).

Además, la mayor intensidad de eventos de lluvias pronosticadas por el IPCC no significa mayor volumen precipitado, sino el incremento de la probabilidad de inundaciones y una mayor taza de erosión de suelo, lo cual tendría un alto impacto en los escasos suelos de la cuenca alta. Por su parte, en la cuenca media la irregularidad de las lluvias afectaría la ancestral práctica de la agricultura de temporal, dependiente de una buena distribución de las lluvias de verano para un productivo crecimiento vegetativo. Ello impactará un área aproximada a las 1.27 millones de hectáreas de agricultura de temporal existentes en el estado de Chihuahua (CONAGUA, 2006).

En el caso de los sistemas acuíferos del Desierto Chihuahuense, el escenario del IPCC nos facilita entender el gran riesgo del incremento de su sobreexplotación debido a la enorme dependencia que como sociedad se tiene del agua subterránea. Ante el incremento de la evapotranspiración, el sector agrícola de riego tendrá la necesidad de bombear un volumen mayor de agua de los estratégicos acuíferos que subyacen los campos agrícolas. Igualmente, el incremento poblacional y económico en los centros urbanos demandará un mayor volumen de agua potable forzando a incrementar el bombeo del agua subterránea. Ambos bombeos tendrían un impacto significativo en el número de acuíferos sobreexplotados y en la degradación geoquímica del agua. Las altas concentraciones de arsénico y flúor en el agua subterránea de la cuenca media es un indicador de dicha disminución de su calidad.

El IPCC menciona que "Las prácticas de gestión hídrica actuales pueden no ser suficientemente sólidas para contrarrestar los efectos del cambio climático sobre la fiabilidad del abastecimiento". La aseveración del IPCC se ajusta a la condición actual de la cuenca donde la gestión del agua está dirigida en un 90% a un solo uso: el sector agrícola de riego. Dicha gestión no permite que en la actualidad se cuente con un volumen de agua disponible para promover el crecimiento socioeconómico que requieren las nuevas generaciones sin que ello impacte el desbalance hidrológico de la cuenca.

Por lo tanto, en el futuro cercano, bajo condiciones de mayor temperatura y menor humedad ambiental, será necesaria una agresiva política hídrica para lograr



el anhelado balance hidrológico de la cuenca. Para poder mantener su productividad agrícola actual, los agricultores tendrán que alcanzar un nivel de excelencia en el uso del agua. Se deberá establecer una nueva y estricta reglamentación en el uso, manejo y medición del agua. En el tema del agua subterránea, la meta es lograr el balance hidrológico en cada uno de los acuíferos. Para lograrlo sería necesario reducir el bombeo agrícola actual y fomentar la captura, inducción y recarga de acuíferos con agua de lluvia como una práctica cotidiana en la cuenca.

Afortunadamente, la geología de los amplios valles del Desierto Chihuahuense tienen el potencial para recargar grandes volúmenes de agua a los acuíferos, y para ello se requiere una amplia capacidad en infraestructura. Ello reduciría las enormes pérdidas por evaporación que se tienen en los embalses actualmente de más los 300 Hm^3; aunque, el impedimento principal sería la necesidad de seguir cumpliendo con la trasferencias de agua de acuerdo al Tratado de 1944 entre México y los Estados Unidos de América.

La importancia de la condición ecosistémica

El bienestar de la sociedad depende de la condición de sus ecosistemas (Lubchenco, 1998), por ello la importancia de su aprovechamiento sustentable y su conservación. Por su parte, el IPCC sintetiza que "la información sobre los efectos del cambio climático en relación con el agua es inadecuada –especialmente en lo que respecta a la calidad del agua, a los ecosistemas acuáticos y al agua subterránea–, particularmente en sus dimensiones socioeconómicas" (Bates *et al.*, 2008). Ambas aseveraciones son críticas para los grupos sociales que habitan la cuenca.

En el año 2005, la Alianza WWF-Fundación Gonzalo Rio Arronte, consciente del valor de los ecosistemas para mantener una buena disponibilidad de agua en volumen y calidad, inició el mayor esfuerzo realizado a la fecha para caracterizar la condición biofísica e hidrológica de la cuenca del Conchos, resultando en una sólida base técnica y científica que ayuda a sustentar las acciones de conservación. De manera coordinada con el Grupo de Trabajo Interinstitucional (GIT), integrado por los sectores gubernamentales académicos y sociales, se desarrolló e implementó el Plan de Manejo Integrado de la Cuenca del Río Conchos. De las acciones implementadas destaca una serie de estudios muy significativos, tales como:

- Determinación del caudal ecológico del río Conchos.- Donde se asignó el valor de caudal ecológico requerido para nueve sitios estratégicamente seleccionados considerando entre otros elementos la integridad del hábitat ribereño. Para ello se aplicó la Metodología de Bloques (King & Tharme, 1994; King & Louw, 1998; King *et al.*, 2000). Dicho estudio fue el primero en su tipo en México.

- Cambio de uso del suelo del Desierto Chihuahuense.- Se obtuvieron las tazas de cambio de la vegetación en un periodo de treinta años (1970-2000) con un enfoque muy particular en la cuenca del Conchos. Sus resultados muestran tendencias negativas en los cambios de las coberturas del suelo, cambios que aceleran el ciclo hidrológico en las cuencas y facilitan la erosión del suelo.

- Identificación de sitios críticos para la salud de ecosistemas dulceacuícolas.- Se evaluó y determinó la funcionalidad ecológica de 21 sitios distribuidos estratégicamente en la cuenca.

- Escenarios del agua 2015-2030 en la cuenca del río Conchos: Acciones para un desarrollo ambientalmente sostenible.- En el documento se analizan las acciones a desarrollar para compensar el desbalance hidrológico de la cuenca.

Los resultados de dichos estudios revelan que la cuenca alta mantiene aún una condición aceptable de su ecosistema ribereño por la presencia de ríos libres[4] que mantienen una excelente distribución anual de flujos de agua con buena calidad química y la conservación de su fauna acuática. Su ecosistema forestal presenta aún una condición aceptable, aunque con un acelerado cambio de uso de suelo de su cobertura primaria forestal, por ejemplo la reducción de la cobertura de pino en un 34.5% en un periodo de aproximadamente 30 años con reemplazos por vegetación secundaria, inclusive por matorral desértico (WWF, 2009).

En la cuenca media, aguas abajo de las presas La Boquilla y Francisco I. Madero hasta la presa Luis L. León, la condición ecosistémica e integridad del hábitat ribereño de los ríos Conchos y San Pedro presenta actualmente una modificación crítica, con pérdida casi total del hábitat natural y de su biota. Sus reducidos flujos presentan una alta contaminación (Gutierrez y Borrego, 1999) por descargas de aguas residuales, agua de retorno agrícola y por la explotación exhaustiva y sin control de materiales pétreos en cauces. El cambio de uso de suelo de su zona de pastizal es acelerado, a nivel de la cuenca se contabiliza una reducción del 18% (WWF, 2008). Su fauna acuática está dominada por especies invasoras, como la tilapia (De la Maza, 2009).

En la cuenca baja, aguas abajo de la presa Luis L. León, la naturaleza intenta reconfigurar la condición ecosistémica del río, la integridad de su hábitat reinicia su recuperación como resultado de la disminución de la densidad poblacional y de la transferencia de aguas del Tratado Internacional de Aguas de 1944 entre México y los Estados Unidos de América. A nivel de la subcuenca, los cambios de uso de suelo no son significativos, o al menos en los treinta años del estudio (1970-2000) no se observaron cambios estadísticamente significativos.

Para entender la condición futura del agua en términos de cantidad y calidad en el futuro cercano, es necesario visualizar la condición de los ecosistemas en la cuenca, lo cual presenta un mayor grado de dificultad. En este caso, únicamente planteamos dos escenarios básicos que la sociedad necesita definir:

- Mantener el esquema de poca valoración hacia sus ecosistemas por la prevalencia del criterio económico, o sea "*bussines as usual*", con claras tendencias a un proceso de desertificación de la cuenca, acelerado por efecto del cambio climático con la consiguiente afectación del bienestar y desarrollo socioeconómico de sus habitantes.

- Revalorizar, usar sustentablemente y favorecer la conservación de los ecosistemas como parte vital del bienestar socioeconómico. En la cuenca se aplicaría el manejo integrado y sustentable de sus recursos, con la protección y recuperación de sus paisajes de bosque templado, de sus pastizales en el

4 Río libre: un río o tramo de río que fluye libremente, donde sus funciones riparias y servicios ecosistémicos ocurren de manera natural, sin gran afectación en su conectividad fluvial por cambios antropogénicos, permitiendo un intercambio, sin obstrucciones de materiales, de especies y de energía dentro del sistema hídrico y fuera de este. La conectividad fluvial se logra de manera longitudinal (cauce del río), lateral (llanuras de inundación), vertical (aguas subterráneas y atmósfera) y temporal (intermitencia). (WWF, 2016).

desierto y de sus ecosistemas ribereños, entre otros. Con ello se favorecería la conservación del suelo, la conservación de la vegetación y la permanencia de humedad en el suelo y flujos en cauces donde habitaría su fauna acuática nativa.

Adaptación al cambio climático

Para los sectores dependientes de una buena temporada de lluvia es más fácil entender las consecuencias del cambio climático. Los eventos de sequía extrema, así como sus impactos históricamente padecidos, han creado una cultura de sociedad parcialmente adaptada al desierto, sin embargo en la cuenca falta mucho por hacer ante el cambio climático. Por ejemplo, la precipitación de la sequía del periodo 1993 al 2003 llegó a reducirse hasta un 40% de su valor medio anual, lo cual demostró que como sociedad no estamos preparados para enfrentar tal disminución.

Para paliar sus efectos, las acciones gubernamentales implementadas fueron principalmente acciones de reacción, no estructuradas en un plan de acción. La distribución de despensas a las comunidades indígenas es quizá la clásica respuesta actual. Hoy en día, los expertos a nivel nacional e internacional proponen esquemas de adaptación a las nuevas condiciones climáticas y a un nuevo entorno ambiental que deberán de ser tomadas en cuenta (Mistakis Institute, 2015; Landa *et al.*, 2008); sobre todo debemos considerar que la habilidad para enfrentarse a la variabilidad del clima y adaptarse al cambio climático está determinada por la capacidad de coordinar acciones entre sociedad y gobierno (Landa *et al.*, 2008).

Conclusiones

Los habitantes del desierto tendremos que adaptarnos a un nivel superior de aridez. En términos del volumen de agua, los límites superiores de la cuenca fueron alcanzados y rebasados desde hace varios años. El volumen medio anual de agua superficial disponible está concesionado en su totalidad. La actual desbalanceada distribución del agua coloca a la cuenca bajo una condición de estrés hídrico permanente, ya no contamos con reservas de agua superficial disponible para el desarrollo socioeconómico en la cuenca. Dicha condición hace que cada vez más necesitemos hacer uso de las reservas estratégicas que representan los acuíferos, lo que ocasiona su sobreexplotación.

Ante los efectos ineludibles del cambio climático, la revaloración del agua dictará los lineamientos y estrategias a seguir para que como sociedad podamos seguir avanzando. El sector agrícola de riego, el gran usuario del agua, estará obligado a producir solamente cosechas de alto rendimiento económico pero con mucha menos agua. Para ello, su cambio tendrá que ser muy radical, los que no cambien desaparecerán del mercado. Las estrategias del manejo del agua para disminuir los impactos del cambio climático son ampliamente difundidas en la literatura (Pahl-Wostl, 2007).

Ahora, más que nunca, el agua y la imprescindible humedad del suelo dependerán del futuro de la condición de sus ecosistemas. En el año 2005, WWF inició el manejo integrado de la cuenca como estrategia para la resolución de la problemática hídrica, la experiencia demostró que la misma tiene potencial como proceso de adaptación a las nuevas condiciones climáticas que impondrá el cambio climático. Conservar la

naturaleza es la mejor estrategia para enfrentar la variabilidad y el cambio climático.

Los habitantes de la cuenca, especialmente los del desierto, somos gente que ha vivido largas temporadas de sequía extrema, y sabemos lo que eso significa, ya contamos con esa experiencia. Ahora tendremos que adaptarnos a un nuevo nivel de aridez; en nosotros está hasta dónde permitimos que llegue ese nuevo nivel.





Capítulo V.

¿De qué se visten los ríos?

Luis Guerrero Rubio Nájera

Los seres humanos amamos los ríos. Son parte de nuestra vida. Son un elemento principal del entorno rural, pero también son actores protagónicos en ciudades emblemáticas del mundo como París –el río Sena–, Viena –el Danubio–, Londres –el Támesis–, entre muchas otras. Los ríos nos cautivan. Su corriente inspira canciones, películas, pinturas, fotografías… Nos evocan recuerdos de infancia y juventud… Son parte del imaginario colectivo.

¿Cuánto embrujo perderían los ríos si fueran solamente un torrente que se abre paso sobre la tierra? ¿Cuánta magia se apagaría si nada más fueran las arterias vivas del mundo? ¿Cuánta belleza se extingue al convertirlos en canales, desnudos de la vida que bulle en sus riberas? Porque los ríos, nos queda claro, son lo que son, además de su cauce, también por el entorno de vida que generan. Los amamos porque rebasan el significado de corriente sinuosa que avanza hacia el mar. Nos cautivan porque arrastran consigo un panorama cambiante en su aventurado trayecto. Nos embrujan porque a su paso resaltan la belleza de rocas, cuevas y cañadas del paisaje. Nos inspiran porque mudan su vestuario con las estaciones del año a través del tiempo y el espacio.

El Conchos, nuestro río de las conchas, es así también. Necesita de ese gran abrigo para ser lo que es. Y desde su génesis en la Sierra Tarahumara se va rodeando de pinos, encinos, táscates y madroños. Se va vistiendo de un verde ropaje que a la vez es cobijo de una variada fauna silvestre, compuesta de aves, reptiles y mamíferos. Por eso en Bocoyna, con sus pináceas, el Conchos es siempre verde, aunque en otoño se impregne de ocre con las hojas de fresnos y alamillos. Pero además, en la sierra, el río Conchos retoca su belleza con majestuosas formaciones rocosas, acantilados y altos monolitos que son como guardianes del río, una especie de atlantes que sobresalen del bosque.

Al dejar la sierra y sus pinos, el Conchos se adentra en Carichí. Y entonces el río serpentea por entre lomas de encinos y táscates, en un paisaje más yermo, con rocas abundantes. Junto a San José Baqueachi, al borde del Conchos, se erigen unos fresnos,





como si alguien por equivocación los hubiera plantado en esos parajes, como seres vivos ajenos al ecosistema imperante.

Los sauces, amos del Conchos

Los sauces, con las jarillas, constituyen la flora predominante a lo largo del río Conchos. Y aun en los parajes de álamos, aparecen los sauces, como el árbol preponderante del río. Hacen acto de presencia desde el municipio de Carichí, pero en Nonoava serán los sauces los compañeros del Conchos, aunque en algunos tramos salgan de escena, sobre todo en la región de cañadas. Sus largas y rugosas ramas crecen en todas direcciones. Algunos de ellos tratan de imitar a los álamos y se elevan hacia el cielo, aunque a menos altura. Pero generalmente los sauces del río crecen hacia los lados. Unas ramas se prolongan hacia la corriente, como si desearan cruzar el río, mientras otras se extienden sobre la tierra, como reptiles gigantescos.

Los viejos Sauces de Pahuirachi, un pueblo fantasma de Nonoava, presentan ese espectáculo de ramas retorcidas, como si alguien les hubiera prohibido elevarse. En el municipio de Rosario son unos viejos sauces en un paraje solitario ubicado muy lejos de la vida humana los que atestiguan la unión del portentoso río Balleza con el Conchos. Son esos árboles los que despiden esas aguas embebidas de sierra que enfilan rumbo a Satevó, hacia la vastedad de la llanura, al desafío del desierto.

Los sauces están presentes en gran parte del trayecto del río Conchos, en la mayoría de los municipios del estado. Desde Valle de Zaragoza, San Francisco de Conchos, Camargo, La Cruz y Saucillo, aunque en estos tres últimos municipios prácticamente fueron eliminados por la mano del hombre, en un ecocidio que exterminó toda la flora, junto con sus álamos, muchos milenarios. El río Conchos, en ese trayecto, ya nos es el que disfrutaron nuestros abuelos. De la algarabía de aves que revoloteaban entre los árboles, hoy solamente hay una palabra que resume el aspecto de ese paisaje: la nostalgia.

Si esos álamos hablaran…

Desde antes de Valle de Zaragoza, los álamos empiezan a acompañar al Conchos. Están presentes río arriba, en la represa que deriva las aguas de la acequia que atraviesa el pueblo de Valle de Zaragoza. Y allí, junto al río, está la tradicional alameda, sitio de recreo típico del pueblo que fuera en un tiempo llamado Nuestra Señora del Pilar del Conchos, donde se dan jugosas sandías a la vera del río. Son viejos álamos de rugosos y robustos troncos que han pervivido al paso del tiempo, gracias al cuidado y respeto de su gente. Uno de los troncos de estos árboles mide nada menos que ¡seis metros de circunferencia! Esperamos que perdure al paso del tiempo y se mantenga alejado de la amenaza: una mano asesina.

Después de la presa La Colina en el municipio de San Francisco de Conchos, por varios kilómetros el río es un espacio de ensueño, plagado de altos álamos. Es un paraje con presencia predominante de álamos que pintan un paisaje paradisiaco, de añoranza, de esas imágenes del río que se han esfumado debido a la inconsciente devastación de la obra humana.

En ese espacio de álamos también crece una tupida vegetación que anida una intensa vida silvestre. Los pájaros carpinteros, incansables de picotear sus troncos,





esparcen por el bosque el sonido inconfundible del toc toc. Las garzas grises y blancas, como las auras vestidas de luto que despliegan sus alas al sol, prefieren posarse en las ramas más altas. Las palomas y chanates son también parte de esa vida que crece entre el paisaje de álamos y sauces.

Hoy nos queda el recuerdo de aquel río de antaño, donde crecía una tupida maleza en el verano, cuando los troncos de álamos eran puentes peatonales muy efectivos. El río Conchos se estrechaba tanto en algunas partes que bastaba un tronco de cuatro o cinco metros de largo para cruzarlo. Los más temerosos de caer al agua se montaban sobre él, como a caballo. Hoy esos puentes de álamo ya son parte de la historia del Conchos.

Pero los álamos también tienen otra historia. En otros tiempos, eran de gran utilidad para los lugareños de los pueblos del río Conchos. Además de servir como combustible para las estufas de leña, con sus largos y rectos troncos se hacían vigas para los techos de las viviendas de adobe. Y todas las casas tenían esas vigas de álamos y encima rajas de sauce o carrizos. Y recubrimiento de tierra. Para cortar un álamo necesitaban el permiso del comisariado ejidal. Y a nadie se le negaba si se usaban para el techo de su vivienda. Se sacrificaban solamente los necesarios y así los ríos seguían vestidos de álamos. Porque las personas los protegían. Y nadie quiso hacer riqueza a costa de su exterminio, como lamentablemente ha sucedido en la actualidad.

Hoy, en gran parte del trayecto del río Conchos ya no hay más álamos. En los municipios de Camargo, La Cruz y Saucillo han sido masacrados por la mano del hombre. Y el río Conchos ha quedado desnudo. Aunque en algunos tramos se ha ido revistiendo de vegetación, principalmente de tules y de árbol de palo verde que alegra su ribera con sus flores de amarillo intenso. Esos álamos milenarios que eran parte del Conchos ya no están más, con toda la vida silvestre que crecía bajo su amparo. Se acabaron cuando algunos los vieron como mercancía que producía dinero. ¿Cómo justificar ese crimen ecológico?

De mezquites, tules y otras especies

Pero el río Conchos no se viste solamente de sauces y álamos. A lo largo de su trayecto crecen muchas otras especies de vegetación. Algunas en tramos muy cortos. Por ejemplo, los mezquites tan resistentes a la sequía, los encontramos en tramos del municipio de Valle de Zaragoza, Nonoava, Saucillo, Aldama y Coyame. La mayoría de las veces estos árboles no se acercan tanto al cauce como los sauces y álamos, como si presumieran de su alta resistencia a la sed. Los tules, en cambio, crecen entre el agua, como una verde cortina que contrasta con la claridad del líquido y son el refugio de peces, cangrejos y patos.

La parte del Conchos donde los tules dominan el paisaje del río es en La Boquilla, después de la cortina de acero de esa presa gigantesca que es como nuestro mar de Chihuahua. En el corto trayecto entre la presa de La Boquilla y el llamado Lago Colina, domina ese espeso verdor de tules. Y para aderezar esa belleza, en ese mismo tramo se alzan enhiestas palmeras, como la única parte del trayecto que gozan de su presencia. No por nada en su ribera se erigen casas de campo de personajes cuyos bolsillos tienen la solvencia económica para darse ese lujo, como las residencias de famosos en las playas de nuestro país.




RM

Pero hay muchos otros árboles a lo largo del Conchos. Por ejemplo, en largos trayectos de las regiones agrícolas solamente se observan huertas nogaleras de nuez pecanera. En la última década estos árboles han ido poblando las parcelas que en otra época producían una variedad de productos como trigo, chile, sorgo, frijol y maíz. Los agricultores han ido comprobando que este cultivo es muy rentable, ya que en los últimos años el precio de la nuez pecanera ha ido en aumento. Pero la vida de estos árboles depende del Conchos. Y es este nogal, precisamente, el cultivo que consume más agua. Si a alguien en particular debería interesarle la preservación del Conchos, es al productor de nuez pecanera.

Hay otros árboles que encontramos a lo largo del Conchos. Los tamarices, con su espeso follaje, son el refugio predilecto de lechuzas para su descanso diurno. Los moros, de amplias hojas, pueblan el Conchos a la altura de la cordillera de Julimes. El árbol de palo verde, con sus vistosas flores amarillas, predomina en donde el barco El Colibrí realiza sus paseos en la presa Rosetilla.

En el último tramo del trayecto, antes de unirse al Bravo en la frontera de Ojinaga, sobre la ribera del Conchos crecen unos árboles muy parecidos a los tamarices, que los lugareños llaman sabinos.

Corolario

Como vemos, nuestra concepción de río rebasa con mucho el mero flujo de agua. El follaje y los árboles de sus riberas lo complementan en muchos sentidos. Por una parte son el atractivo estético que hace a las familias, durante el verano, disfrutar los días de campo. Por la otra, son el nido que acoge a una variedad de especies de animales. Por eso podemos decir que el río, para seguir siendo río, necesita de ese vestido como la misma agua de su cauce. Y por lo tanto, preservar esa flora es tan indispensable como mantener libre de contaminación sus aguas.

Sin embargo, vemos que no estamos cuidando ni el cuerpo ni el vestido del río Conchos. Los llamados ya son muchos. Las instituciones encargadas de preservarlo son rebasadas. ¿Por qué? Porque el río Conchos genera riqueza y, como tal, es fácil caer presa de la ambición humana. Principalmente, porque la responsabilidad de cuidar del río Conchos es más que una designación burocrática. Cuidar de ese nuestro gran río de vida debe ser fundamentalmente un acto de amor. No puede concebirse de otra manera.






FV



RL



Capítulo VI.

Desierto Chihuahuense

Héctor Gadsden

Origen del Desierto Chihuahuense

No obstante que se admite que la extensión y la distribución de los desiertos de Norteamérica fueron distintas en el pasado, existe un fuerte debate acerca de la antigüedad de estos, incluido el Desierto Chihuahuense, debido a que para algunos autores se remonta su antigüedad a decenas de millones de años y para otros son un fenómeno postglacial, con alrededor de solo 10 000 años de antigüedad.

Shmida (1985) resumió en tres posiciones los planteamientos que se han hecho al respecto: 1) las condiciones desérticas y la flora xérica, que habita zonas con un suministro bajo de humedad, han existido en el mundo a través del tiempo geológico y al menos algunos de los desiertos actuales han existido desde un tiempo anterior al surgimiento de las angiospermas (plantas con flores que surgieron a principios del periodo Cretácico hace unos 130 Ma); 2) las zonas áridas pudieron haber existido en distintas épocas a través del tiempo geológico, pero todos los desiertos actuales son comparativamente modernos; y 3) las condiciones desérticas se han desarrollado solo recientemente y no estuvieron presentes durante la historia de las angiospermas, anterior al periodo Plio-Pleistoceno (5 Ma a 11 000 años). Los principales argumentos de estas posturas son los siguientes:

1) Origen antiguo de los desiertos

La gran diversidad de formas de vida y número elevado de elementos endémicos de la flora vascular (la cual posee tallo aéreo, raíz subterránea y un sistema de conducción vascular) presente en las zonas áridas de México, apoyan la posibilidad de que los desiertos mexicanos y los del sur de los Estados Unidos posean una larga historia (Challenger, 1998). Según Rzedowsky (1978, 1991a), los números elevados de especies y de géneros compartidos por la flora xérica de las distintas zonas áridas de México reflejan su temprana unidad en el pasado.



FV



FV


RM

En general, las zonas áridas de México muestran mayor afinidad florística con la flora neotropical (región biogeográfica que incluye casi toda América del Sur, Centroamérica, Antillas, una parte de Estados Unidos y una parte de México), así como una relativa independencia florística entre sí. En un análisis de geografía vegetal de los pastizales semiáridos y templados de México, Rzedowski (1975) postuló que la existencia de estas comunidades puede remontarse desde el Terciario Medio o incluso Terciario Temprano (hace 65 Ma) y que los pastizales semiáridos y gipsófilos (que habitan suelos con yeso) tienen un origen autóctono, así como una larga historia evolutiva (quizá finales del Cretácico, hace 70 Ma). También existen casos que han recibido gran atención, por ejemplo a pesar de que las zonas áridas y semiáridas de Sudamérica están separadas por miles de kilómetros, comparten muchos géneros de flora con las de México, como *Larrea* spp, y *Prosopis spp*, entre otros.

Se piensa que son originarios de Sudamérica y que de ahí migraron hacia el norte. No obstante, existen controversias de cuándo y cómo se dio la migración de especies. Algunos investigadores suponen que en el pasado los ecosistemas de las zonas áridas de Norte y Sudamérica formaron casi un continuo, particularmente a finales del Cretácico y principios del Terciario, hace cerca de 60-70 Ma (Raven y Axelrod, 1974). Además, Rzedowski (1991b) cita el descubrimiento de restos fósiles de *Agave*, *Prosopis* y *Vauquelinia* en depósitos del Eoceno (40 a 50 Ma).

2) Origen reciente de los desiertos

Otros investigadores proponen un origen más reciente, situándolo hace unos 23 Ma, durante fines del Oligoceno y el Mioceno. Se supone que esa flora xérica ocupaba pequeñas áreas, como resultado de los fenómenos geológicos y climatológicos subsiguientes (formación de cordilleras, enfriamientos y desecación global), especialmente los sucedidos en los últimos cinco millones de años. En el Mioceno (23 a 5 Ma) ocurrió la llegada de un clima global más frío y seco, acentuándose en Norteamérica debido al levantamiento de la altiplanicie mexicana (donde se sitúa el Desierto Chihuahuense) y de la Sierra Madre Occidental mediante procesos de plegamiento de la corteza terrestre ocasionados por la deriva continental. La combinación de esos acontecimientos aumentó el área a disposición de las plantas y los animales adaptados a la aridez, cuya diversidad fue en aumento conforme fueron extendiendo su distribución hacia áreas nuevas y hacia la mayor parte del centro y oeste de Estados Unidos (Axerold, 1983; Morafka *et al.*, 1992).

En el Plioceno (5 a 1.8 Ma) ocurrieron intensos procesos orogénicos como los de la Sierra Madre Oriental y la formación de las porciones centrales de la Faja Volcánica Transmexicana (conjunto de cordilleras de volcanes alineados sobre una franja que cruza el territorio mexicano de oeste a este), que ocasionó la expansión de los climas áridos hacia el sur del altiplano debido al efecto de sombra orográfica, ocasionando que llegara poca humedad hacia esa zona, al mismo tiempo que formó una barrera entre esa región y la flora que quedó en el Valle de Tehuacán en el sureste del estado de Puebla. Hacia finales del Plioceno (3 a 2 Ma), los hábitats de las zonas áridas ya tenían en Norteamérica una distribución similar a la actual, y el registro fósil reveló la existencia de una flora angiosperma, una herpetofauna (anfibios y reptiles), y una fauna de roedores compuesta por linajes modernos (Morafka, *et al.,* 1992).

Según los principales exponentes de esta teoría, esa flora original sería un subgrupo derivado de una "Geoflora Madro-Terciaria" (con plantas de hojas duras y





pequeñas) adaptada a la sequía. Se supone que los pastizales semidesérticos tuvieron un origen similar, si bien cierta parte de su flora se habría derivado de una "Geoflora Arcto-Terciaria" (con plantas que pierden las hojas una vez al año) que provenía de la región templada del norte de Norteamérica. Como resultado de los fenómenos geológicos y climatológicos ya indicados, principalmente los ocurridos en los últimos cinco millones de años (Plioceno y Pleistoceno), se cree que la flora de las zonas áridas evolucionó rápidamente, formando nuevas especies, y se diferenció dando origen a las agrupaciones regionales modernas, lo que explicaría la gran diversidad y el alto grado de endemismo que se observa actualmente (Gentry, 1982). Los semidesiertos tuvieron su máxima duración en el Plioceno temprano (5-4 Ma) y se redujeron en área durante los intervalos pluviales del Pleistoceno.

Los desiertos actuales se formaron durante los periodos interglaciales y alcanzaron su máxima extensión durante el intervalo cálido después del periodo glacial wisconsiniano (hace 11 mil años), que es el último periodo hasta nuestros días (Axelrod, 1983). También se ha señalado que al menos durante el Pleistoceno hubo áreas que funcionaron como refugios para la biota desértica de Norteamérica durante las glaciaciones. Se ha destacado que algunas zonas en la porción sur de los desiertos Chihuahuense y Sonorense funcionaron como refugios para la vegetación desértica durante los periodos húmedos del Cuaternario (Van Devender y Burgess, 1985). Otros indican que deben considerarse como zonas de refugio de la flora xérica a las áreas del desierto Hidalguense en Hidalgo y del Valle de Tehuacán-Cuicatlán en Puebla.

Los autores que postulan un origen más reciente de las comunidades bióticas de las zonas áridas, argumentan que a pesar de que el clima actual de Norteamérica es, en general, más cálido y húmedo que a finales del Pleistoceno, las condiciones climáticas del suroeste de Estados Unidos y del norte de México son de hecho más inhóspitas que en aquel entonces. Este incremento de la aridez regional ocasionó, hace unos 9000 años, la contracción de la vegetación más mésica (de hábitats húmedos) de afinidades boreales (como los bosques de pino y encino) que existió durante el Último Máximo Glacial hace aproximadamente 20 000 años, y que se retiró de lo que hoy es la parte norte del desierto Sonorense, en Arizona (Van Devender y Spaulding, 1979).

Esta contracción de los bosques de pino hacia el norte a principios del Holoceno (hace 11 000 años) fue sincrónica en los desiertos Chihuahuense, Sonorense y de Mojave y se debió a una reducción de la precipitación pluvial cuando la trayectoria de las lluvias invernales se desplazó hacia el norte (Turner y Brown, 1982). Conforme fueron retirándose las biotas mésicas, los ecosistemas de zonas áridas se expandieron lentamente hacia los territorios que aquellas ocupaban, adoptando así su patrón de distribución actual (Van Devender y Spaulding, 1979). Y para el Holoceno tardío (hace alrededor de 4000 a 2000 años), la insolación de verano y la intensidad de las lluvias de tipo monzónico disminuyeron hacia las condiciones actuales semiáridas y de aridez en las regiones mencionadas. La vegetación del desierto fue desarrollando cambios conforme iba migrando hacia nuevas regiones, lo que se tradujo en nuevas agrupaciones de especies derivadas de la vegetación xerófila original, y de ahí surgieron los principales biomas desérticos de la actualidad (Anderson y Van Devender, 1991).

A pesar de los diferentes puntos de vista, lo que parece incuestionable es que independientemente del momento de su origen, la distribución de la vegetación de las zonas áridas de México ha fluctuado mucho en el transcurso del tiempo geológico, y en

un pasado relativamente reciente estuvo confinada a áreas de Norteamérica mucho más reducidas que las actuales.

Características globales y biodiversidad del Desierto Chihuahuense

Este desierto incluido en la región biogeográfica neotropical es una de las tres ecorregiones desérticas más ricas y biodiversas del mundo, rivalizado solo por el desierto de Tanami en Australia y el de Namib-Karoo en África. De hecho, esta región es prioritaria para la conservación a nivel mundial (Dinerstein *et al.*, 1999). De acuerdo con Shreve (1951) y Rzedowsky (1978) el Desierto Chihuahuense se extiende entre las sierras Madre Oriental y Madre Occidental, y comprende desde el sureste de Arizona, el sur de Nuevo México y el oeste de Texas, en Estados Unidos, y en México en los estados de Chihuahua, Coahuila, Durango, Zacatecas, San Luis Potosí, Nuevo León, una pequeña área en Tamaulipas y relictos del mismo en Querétaro e Hidalgo. Tiene una superficie aproximada de 641 000 km^2 (el más extenso de Norteamérica), un índice de aridez de De Martone entre 5 y 10 correspondiente a un semidesierto, conformado por valles entre 800 y 1500 m de elevación, interrumpido por cadenas montañosas entre los 2000 y hasta más de 3000 m.

El Desierto Chihuahuense presenta veranos calientes, inviernos fríos y secos y lluvia intermitente, principalmente de origen monzónico (viento estacional que sopla de sur a norte, cargado de lluvias). La vegetación de esta ecorregión es típicamente matorral y pastizal desértico, con áreas de bosques en las laderas de las montañas, bandas estrechas de vegetación riparia y matorrales a lo largo de los ríos y arroyos. Con la notable excepción del río Bravo, la mayoría de los sistemas hidrológicos que presenta son cuencas cerradas y muchos son arroyos aislados (Hernández-Macías, 2006).

Aproximadamente habitan 3500 especies de plantas en este desierto, y algunas estimaciones indican que existen alrededor de 1000 especies (29%) y al menos 16 géneros que son endémicos (Toledo, 1988). En el caso de cactáceas presenta 350 de las 1500 especies de cactus conocidas en el mundo. Así mismo, esta ecorregión contiene una gran cantidad de diversidad nativa de fauna y alberga 500 especies de aves, 130 especies de mamíferos, 100 especies de peces y 180 especies de anfibios y reptiles. En el caso de mariposas presenta 250 especies conocidas. Debido a este inusual número de especies endémicas, es de suma importancia evaluar los efectos que están teniendo el cambio climático global, la desertización y la desertificación sobre esta región, así como el futuro que le depara a su rica flora y fauna.

La vegetación está compuesta esencialmente por matorral denominado micrófilo (hojas pequeñas), crasicaule (tallos carnosos) y rosetófilo (hojas en forma de roseta), así como de pastizales, los cuales tienen una afinidad bien determinada por tipos particulares de suelo. Por ejemplo, en la "playa" de los lagos salados se presentan comunidades vegetales halófitas (características de suelos salinos) con pastos como la sabaneta *Hilaria mutica* y *Hilaria berlandieri*, y arbustos como el chamiso *Atriplex canescens*. En lomeríos de rocas sedimentarias se encuentra el matorral rosetófilo de lechuguilla *Agave lechuguilla*, yuca *Yucca treculeana* o *Y. carnerosana* y el nopal cegador *Opuntia microdasys.*

Sobre los lomeríos de origen ígneo se desarrolla el matorral crasicaule formado por cardenches como *Cylindropuntia imbricata*, nopales *Opuntia* spp., y sangregrado *Jatropha dioica*. El matorral desértico micrófilo está representado por la gobernadora



Larrea tridentata, la cual suele asociarse con cactáceas *Opuntia* spp., y con gramíneas como *Scleropogon brevifolius*, *Bouteloua* spp., y *Sporobolus* spp., entre otras. También se encuentran bosques espinosos de mezquites *Prosopis* spp., la candelilla *Euphorbia antysiphilitica*, y el guayule *Parthenium argeatum.*

Entre la fauna se encuentran las siguientes especies: el conejo del desierto (*Sylvilagus audubonii*), la liebre de California (*Lepus californicus*), el ratón de cactus (*Peromyscus eremicus*), el zorro veloz (*Vulpes velox*), la matraca desértica (*Campylorhynchos brunneicapillus*), el correcaminos norteño (*Geococcyx californianus*), la rata de maderas (*Neotoma albigula*), el murciélago pálido (*Antrozous pallidus*), el bisonte americano (*Bison bison*), el coyote (*Canis latrans*), el zorrillo encapuchado (*Mephitis macroura*), el león americano o puma (*Puma concolor*), el gato montés (*Lynx rufus*), y el venado bura (*Odocoileus hemionus*).

Los reptiles de este desierto están representados por especies como el gecko bandeado de Texas (*Coleonyx brevis*) y las lagartijas cola de látigo del género *Aspidoscelis*. De particular interés son las especies *A. neomexicana*, *A. tesselata* y *A. uniparens*, las cuales son clones de hembras partenogenéticas (se reproducen a través de un mecanismo en el cual las hembras producen descendientes genéticamente idénticos a ellas) y habitan lugares con presencia de disturbio (Wrigth y Lowe, 1968). Algunas especies de víboras de cascabel como *Crotalus scutulatus* y *C. atrox* son comunes en este desierto. Tres especies paradigmáticas de la conservación y en peligro de extinción son: la tortuga terrestre *Gopherus flavomarginatus*, y las lagartijas arenícolas *Uma exsul* y *U. paraphygas.*

Particularmente la Reserva de Biósfera de Mapimí (fundada por el Instituto de Ecología, A. C., en 1978), situada en el vértice donde coinciden los estados de Chihuahua, Durango y Coahuila, se ubica dentro del Bolsón de Mapimí en el centro del Desierto Chihuahuense. En esta reserva se han registrado 192 especies de animales, de las cuales 121 son aves, 36 reptiles, 5 anfibios y 30 mamíferos. En el caso de vegetales se han registrado 303 especies.

Por otra parte, en el Ordenamiento Ecológico Territorial de los Médanos de Samalayuca de 1997 (localizados en el norte del Desierto Chihuahuense), se registraron 45 especies de reptiles en el área, entre los cuales destaca la lagartija de costado manchado (*Uta stansburiana*), la lagartija cola de látigo (*Aspidoscelis tigris*) y la lagartija sorda (*Holbrookia maculata*).

La ictiofauna (peces) del Desierto Chihuahuense está representada por alrededor de unas 100 especies nativas de peces (Miller, 1984; Brown, 1984). En el caso específico de la cuenca del río Conchos se han registrado 48 especies de peces, de las cuales al menos 10 se consideran como endémicas y alrededor de 12 son exóticas (De la Maza Benignos, 2009). Por ejemplo, el cachorrito de Julimes (*Cyprinodon julimes*) fue descrito en el año 2009 (De la Maza Benignos y Vela-Valladares, 2009) como una especie microendémica que habita en un manantial de agua termal que llega hasta 47 °C, de modo que es considerado el vertebrado que desarrolla su ciclo de vida a más alta temperatura en el planeta.

Biodiversidad herpetológica en la cuenca del río Conchos

En el estado de Chihuahua se tienen registradas hasta el momento 170 especies de anfibios y reptiles (Lemos-Espinal y Smith, 2007a). En un estudio que evaluó la

biodiversidad de reptiles y anfibios en la ribera del río Chuvíscar (subsidiario intermitente de la cuenca baja del río Conchos) en el estado de Chihuahua, se registraron un total de 34 especies: 10 especies de anfibios representaron un 29% de la herpetofauna de la zona y 24 especies de reptiles el 71%.

De este último grupo taxonómico se encontraron 11 especies de lagartijas, 12 especies de serpientes, y una especie de tortuga. Entre las especies de lagartijas se registraron por ejemplo: *Cophosaurus texanus* y *Aspidoscelis uniparens*. Entre otras especies de serpientes se registraron las siguientes: *Masticophis flagellum* y *Crotalus atrox*. De anfibios se registraron: *Anaxyrus cognatus* y *Lithobates catesbeiana*. En el caso de tortugas se encontró la especie *Kinosternon hirtipes* (Gadsden *et al.*, 2005).

Biodiversidad herpetológica en el bolsón de la Comarca Lagunera

En los estados de Coahuila y Durango se tienen registradas hasta el momento 129 y 157 especies de anfibios y reptiles, respectivamente (Lemos-Espinal y Smith, 2007b; Valdez-Lares *et al.*, 2013). Las cuencas hidrogeográficas, que incluyen los ríos Nazas y Aguanaval en el noreste del estado de Durango y suroeste del estado de Coahuila, constituyen parte esencial del bolsón (un área en la que el agua de los ríos no tiene salida hacia el océano) más biodiverso y sureño del Desierto Chihuahuense, con 67 especies y subespecies de anfibios y reptiles dispersos en la denominada "Comarca Lagunera" en un área de alrededor de 4900 km^2, incluyendo ocho ranas y sapos, cuatro tortugas, 27 lagartijas y 28 serpientes (Gadsden *et al.*, 2006; Valdez-Lares *et al.*, 2013).

En este bolsón se han registrado hasta el presente 10 especies de reptiles microendémicos (exclusivos de esta pequeña región): ocho lagartijas insulares que habitan cerros rocosos y médanos y dos tortugas (Gadsden, *et al.*, 2006). Lo cual es significativamente mayor que lo registrado en el bolsón de "Cuatro Ciénegas", Coahuila, en el cual se han registrado dos especies endémicas de tortugas (*Apalone ater* y *Terrapene coahuila*) y dos especies endémicas de lagartijas (*Gerrhonotus lugoi* y *Scincella kikaapoa*), –ver Mendoza-Quijano *et al.* (2006) y García-Vázquez *et al.* (2010)–. No obstante, este último bolsón (localizado en el centro del Desierto Chihuahuense) es el único lugar del planeta donde los caracoles y los peces comen directamente de los estromatolitos, que son comunidades complejas de microorganismos (típicamente dominadas por la actividad de poblaciones de cianobacterias) que se dividen en capas y producen carbonato de calcio, por lo que se endurecen hasta adquirir un aspecto de piedra y estos se remontan a hace unos 3800 millones de años.

Por otro lado, la especie de lagartija endémica de Coahuila *Uma exsul*, llamada "dedos de peine" (por sus modificaciones particulares en algunas escamas de sus dedos para poder desplazarse con rapidez en la arena), es un especie "bandera" emblemática de la particular biota diversa de los médanos del bolsón de la "Comarca Lagunera" (Morafka, 1977; Morafka *et al.*, 1992). Los médanos de esta zona deben ser colocados en un contexto ambiental que enfatice el amplio endemismo y recursos silvestres de los hábitats amenazados de este bolsón. De hecho, esta cuenca presenta la mayor concentración de reptiles endémicos en zonas templadas de Norteamérica (Barrows *et al.*, 2013).

Hasta el momento, las ocho especies de lagartijas microndémicas registradas en esta área son: la lagartija arenícola (*U. exsul*), las lagartijas saxícolas (hábitats de cerros

rocosos) (*Crotaphytus antiquus*, *Sceloporus cyanostictus*, *S. maculosus*, *S. lineolateralis*, *S. ornatus*, *Xantusia bolsone*, y *X. extorris*) (Morafka, 1977; Morafka *et al.*, 1992; Gadsden *et al.*, 2006). Las dos tortugas endémicas de este bolsón son *Kinosternon durangoense* y *Gopherus flavomarginatus* (esta última actualmente más restringida a la Reserva de Biósfera de Mapimí). Las lagartijas saxícolas de esta zona se restringen a "islas" de hábitats con rocas calizas del periodo cretácico (Lehmann *et al.*, 1999) que sobresalen a través de un "mar" de arena eólica (acumulada por el desgaste de las rocas o la remoción del suelo debido a la acción del viento) y los sedimentos depositados por los ríos en los lagos salados de la parte baja de este bolsón.

Como es sabido, para las especies aisladas con requerimientos de hábitats restringidos, las modificaciones de su hábitat o su perturbación pueden ser devastadoras. Actualmente, tanto el calentamiento global, como la degradación antropogénica de los hábitats de estas y otras especies que habitan esta zona son muy acelerados (Gadsden *et al.*, 2001; Gadsden *et al.*, 2006; Sinervo *et al.*, 2010).

Comparando la biodiversidad riparia del río Conchos y del río Nazas

Si se establece una comparación entre la herpetofauna riparia del río Conchos de Chihuahua y del río Nazas de Durango, la similitud de especies es muy grande, lo cual hace suponer que al menos la fauna ribereña de ambas cuencas hidrográficas quedó separada en tiempos geológicos muy recientes dentro del Desierto Chihuahuense, y por lo tanto presenta escenarios ecológicos actuales e históricos similares. De manera análoga, los problemas ecológicos y amenazas antropogénicas que presentan y enfrentan actualmente las comunidades que habitan ambas cuencas son muy similares.

Cuenca media y baja del río Conchos

Esta cuenca presenta: a) 40 especies de herpetofauna registradas (la mayoría localmente amenazadas), b) una mayor riqueza herpetológica en los extremos del río Chuvíscar (usualmente secos) que en la ribera intermedia (usualmente con agua), c) abatimiento de la biodiversidad riparia en los corredores agrícolas de Camargo-Delicias y Chihuahua-Aldama, d) abundancia baja de la mayoría de las especies registradas, y e) abundancia elevada de algunas especies de lagartijas (*Aspidoscelis gularis* y *A. uniparens*) que habitan zonas con fragmentación y reducción drástica de su hábitat.

Cuenca media y baja del río Nazas

Esta cuenca presenta: a) 42 especies de herpetofauna registradas, b) mayor riqueza herpetológica en el cañón Fernández, ubicado en el municipio de Lerdo, Durango; c) escasa biodiversidad riparia en el corredor agrícola La Goma-Ciudad Lerdo, d) densidad elevada de una especie de lagartija (*Aspidoscelis gularis*) que habita áreas sujetas a múltiples perturbaciones antropogénicas (fragmentación y destrucción masiva de sus hábitats naturales).

Como conclusión, hay que enfatizar que esta región desértica del norte de México se está calentando aceleradamente, afectando negativamente la estructura y dinámica de la basta biodiversidad que ahí cohabita. De modo que urge incrementar el apoyo para la investigación de este desierto, para tener herramientas más sólidas que nos ayuden a comprenderlo en diferentes ángulos de su realidad y de esta forma

tener acceso a un uso realmente sustentable de los múltiples recursos naturales que nos ofrece. Esta ecorregión se ha constituido a lo largo de millones de años y las diversas actividades antrópicas la han debilitado sobremanera en muy poco tiempo. Todos tenemos la responsabilidad y el deber de cohabitar en armonía con esta enorme y bella región desértica del altiplano mexicano.



FV



Capítulo VII.

Biodiversidad del Desierto Chihuahuense

Actividad agropecuaria, servicios ambientales y acciones de protección y conservación para legado de las generaciones futuras

Biol. Iris Banda Villanueva[1]
MSc. Jesús Manuel Ochoa Rivero[2]
PhD. Enrique Sánchez Granillo[3]

El estado de Chihuahua cuenta con una sorprendente serie de climas, suelos y ecosistemas, los cuales abarcan desde montañas, bosques, planicies altas, pastizales, humedales, ciénagas y desiertos que proveen valiosos servicios ambientales desde el punto de vista social, económico y ambiental. Constituyen un nicho para cientos de miles de cabezas de ganado bovino, equino y otras especies domésticas, así como para la fauna silvestre, que en conjunto definen su espléndido paisaje. Por lo tanto, Chihuahua tiene un lugar especial en el corazón y en la mente de sus pobladores.

De esa riqueza de ecosistemas destaca el Desierto Chihuahuense, del cual nuestro estado forma parte. Su franco clima semiárido tiene la mayor influencia sobre los cambios dramáticos en los patrones de lluvia de la entidad, particularmente en periodos de sequía prolongada, haciendo que la región sea considerada como uno de

1 Líder de sitio, Chihuahua. Pronatura Noreste, A.C.
2 Campo Exp. Delicias/Sitio La Campana, INIFAP Chihuahua.
3 Consultor internacional en ganadería.



los ecosistemas más vulnerables de México ante el cambio climático. No obstante, aun dentro del Desierto Chihuahuense es posible encontrar ríos, arroyos y cuerpos de agua que permiten el desarrollo de diversas y únicas formas de vida, que a su vez coinciden con actividades agropecuarias y forestales. Un claro ejemplo de esto es la cuenca del Conchos, que da sustento a más de 1.3 millones de habitantes. Además, cuenta con el principal afluente del río Bravo/río Grande que sirve como frontera natural entre los Estados Unidos de América y México.

El aprovechamiento de los recursos naturales de la cuenca del Conchos ha implicado la alteración y, en muchos casos, la destrucción del patrimonio natural. Hoy en día se conocen serios problemas de contaminación que se concentran en los distritos de riego, donde la intensa actividad agrícola e indiscriminado uso de fertilizantes y pesticidas ponen en riesgo la salud del ecosistema y la biodiversidad del río y sus afluentes. El número de habitantes crece de forma continua y con gran rapidez, originando presiones extraordinarias sobre estos recursos, especialmente por el agua, cuyo nivel disponible a lo largo de la cuenca es cada vez más bajo. En consecuencia, lo anterior resulta crítico cuando los ríos se consideran como los ecosistemas más productivos en el mundo, lo que demanda identificar e implementar acciones de conservación que integren tecnologías adecuadas sobre uso y eficiencia del agua.

Este capítulo refiere a los aspectos económicos más importantes que han tenido impactos sobre los ecosistemas de la cuenca del Conchos a través del tiempo, y de cómo estos han transformado la historia, la geografía regional y a sus habitantes en su relación con el medio y sus recursos.

La actividad ganadera

El estado de Chihuahua, a juzgar por su florecimiento y tradición, ha sido referido siempre como una tierra de profunda cultura ganadera que lo coloca como el primer estado exportador de ganado, con más de 400 mil cabezas anuales que generan divisas por cerca de 4000 millones de pesos. En general, esta sola actividad aporta 11 mil millones del sector primario agropecuario estatal.

Esto se debe a que, desde su origen, sus ecosistemas provistos de vastos recursos naturales ofrecieron la rica diversidad de tipos de vegetación, climas y topografía que sustentan la oriunda actividad y vocación ganadera que identifica a sus habitantes. Es así como se puede explicar el proceso de establecimiento, desarrollo y transformación de la geografía regional y sus etnias a lo largo de los más de cuatro siglos de existencia de la ganadería en la entidad.

La introducción del ganado al territorio de la entonces Nueva Vizcaya en 1572 no tuvo impactos sobresalientes en un inicio, sino que fue hasta el siglo XIX, con la aparición de los latifundios, las grandes haciendas y la presencia de cercos para la división de predios, cuando comenzó la alteración de los pastizales nativos. Posteriormente, en la primera mitad del siglo XX, como resultado de los movimientos sociales y políticos ocurridos surgieron nuevas formas de tenencia de la tierra, dando paso a las áreas comunales y a los ejidos.

En la actualidad la actividad ganadera se desarrolla principalmente en la faja de los valles centrales del estado que está dominada por pastizales abiertos y presencia de fuentes de agua, que se entrelazan con los matorrales desérticos de la entidad.

Desafortunadamente, estas grandes extensiones de agostadero manifiestan ahora gran deterioro causado por un manejo inadecuado.

El sobrepastoreo tiene grandes repercusiones en la estructura de los pastizales y los servicios ambientales que prestan, tales como la retención de suelo, infiltración de agua de lluvia y recarga de acuíferos, captura de carbono, hábitat para la fauna silvestre y el potencial forrajero del recurso. La aparición de plantas invasoras en sustitución de especies deseables con mayor valor forrajero confirma la profunda interacción sociocultural con los dramáticos cambios causados a la frágil biodiversidad productiva del ecosistema.

Si se quiere mantener la actividad productiva de manera sustentable habrá entonces que mejorar sustancialmente las prácticas de manejo ganaderas mediante una visión integral, que incluya inicialmente la cuantificación y condición de los recursos naturales para monitorear los cambios ocurridos a lo largo del tiempo y, en base a resultados, tomar las mejores decisiones.

Para ello, se han establecido diversas iniciativas y alianzas estratégicas entre productores, instituciones de investigación y de la sociedad civil, así como autoridades del gobierno para asegurar la conservación del agua, el suelo y la biodiversidad. Por ejemplo, se han implementado programas en conjunto para la rehabilitación de agostaderos que contienen además la transferencia de tecnología y la capacitación de productores. Esto es de suma importancia, ya que la recuperación de esos terrenos en forma natural es muy lenta y errática.

Las prácticas de descompactación de suelo favorecen la infiltración de aguas superficiales. No obstante, lo más significativo desde el punto de vista de conservación en estas áreas tratadas es la recuperación de la cobertura vegetal, que eventualmente favorece la condición para el establecimiento de especies nativas, en un proceso de "sucesión regresiva".

La expectativa para los años venideros en la cuenca del río Conchos es que los habitantes de la región tendrán que enfrentar muchos desafíos, mientras que el paisaje en su entorno continuará cambiando en cualquier dirección. Conforme más personas emigren a las áreas urbanas, un número mayor de usuarios potenciales de los recursos estarán cada vez más alejados de cualquier conexión significativa con la naturaleza y, por consecuencia, serán poco sensibles a la fragilidad del ecosistema. Entonces, será esencial que los propietarios de los predios privados y del sector social, junto con otros beneficiarios, trabajen de manera coordinada y cooperativa para atender estos desafíos.

La actividad agrícola

Chihuahua destaca a nivel nacional e internacional por su productividad agrícola, gracias al río Conchos que es el principal abastecedor de agua que permite alcanzar altos rendimientos de cultivo por hectárea. La región centro-sur del estado, entre la confluencia del río Florido y Parral, hasta la unión con el río San Pedro es la zona donde se produce la mayor cantidad de productos agrícolas debido a la presencia de cinco presas, que son: La Boquilla (también conocida como Lago Toronto), Francisco I. Madero "Las Vírgenes", Luis L. León "El Granero", San Gabriel y Pico del Águila, que aportan agua a miles de unidades agrícolas de riego en la región.

La actividad agrícola en Chihuahua se remonta a tiempos ancestrales, pero no fue sino



FV

hasta finales del siglo XIX e inicios del siglo XX que la región centro-sur detonó su potencial. La entonces recién construida presa La Boquilla, la más grande del estado, fue el parteaguas para constituir el Distrito de Riego 005 (DR 005) en el año 1932, y desde entonces significa el principal sustento para la agricultura de la región. En la actualidad, dentro de la cuenca del río Conchos existen otros dos distritos de riego, que son el Distrito de Riego 103 (DR 103)-Río Florido y el Distrito de Riego 090 (DR 090)-Bajo Conchos. Sin embargo, por su extensión es el DR 005 el más importante, ya que comprende los municipios de Camargo, Delicias, Julimes, La Cruz, Meoqui, Rosales y Saucillo.

En dicho distrito para el ciclo otoño-invierno sobresalen los cultivos de avena, cebada y trigo, así como la producción de forrajes que respaldan la actividad pecuaria del estado, particularmente la producción de leche. Para el ciclo primavera-verano sobresalen la avena, chile, frijol, maíz y sorgo. Los cultivos perennes que se producen en esa misma región del centro-sur/centro-oeste de Chihuahua son la alfalfa y el nogal pecanero. Estos dos últimos cultivos merecen un reconocimiento especial debido a que la alfalfa utilizada como forraje por la industria láctea de la región ubica a Chihuahua como el cuarto productor nacional de leche, y en el caso del nogal como primer lugar

en producción de nuez.

La región baja de la cuenca del río Conchos igualmente se distingue por el desarrollo de actividades agrícolas, aunque en menor medida. Sin embargo, en esta región árida y semiárida se ha optado por darle un valor agregado a especies no maderables, como la candelilla, la lechuguilla y el orégano, cuyos subproductos actualmente son utilizados por la industria energética, cosmética y farmacéutica en la elaboración de gomas, resinas, látex, almidón, granos y diversas fuentes de proteínas, entre otros valiosos productos. De igual manera, en la parte alta y media del río Conchos el aprovechamiento de estas plantas se da gracias a las bondades ecológicas de este sistema lótico.

Sin duda, el río Conchos es la fuente principal de agua para el desarrollo de la agricultura en el estado de Chihuahua, que a su vez consume más del 90% del agua de la cuenca. Desafortunadamente, el progreso agrícola ha traído consigo múltiples efectos adversos al ambiente. Hoy en día los pobladores de la cuenca se enfrentan a graves problemas de contaminación en el agua por el uso excesivo de agroquímicos, sobreexplotación de acuíferos, mal sistema de drenaje y la fragmentación del ecosistema, entre otros, que en suma han forzado al área más productiva en el estado a que entre en un proceso de desertificación. En el caso de la región del DR 005, la necesidad de obtener más agua para riego ha desencadenado la perforación de pozos profundos, trayendo consigo que el agua extraída contenga altas concentraciones de arsénico y flúor, que son sumamente nocivos para la salud.

El agua superficial se ha visto afectada por el uso excesivo de fertilizantes, pesticidas y herbicidas que han propiciado principalmente la creciente presencia de nitratos y fosfatos, lo cual fomenta la contaminación orgánica del agua, que se conoce como "eutrofización". De manera semejante, otro problema aun de mayores consecuencias que los anteriores es el cambio climático, que traerá consigo en ciertas ocasiones mayores temperaturas y en algunos otros casos temperaturas más bajas, lo que afectará de manera directa o indirecta a la zona agrícola.

Asimismo, se corre el peligro de presentarse en la región mayores índices de plagas en cultivos tradicionales. Mientras tanto, en la parte baja del Conchos se podrían



RL

presentar mayores tasas de salinidad en el agua por los efectos que se tendrán en la parte alta y media de la cuenca. Este escenario para la región podría traer como resultado tierras infértiles para el desarrollo de cultivos de alta rentabilidad, otros vegetales y de especies no maderables, que en la actualidad representan una gran riqueza ecológica y comercial.

Conclusiones

Frecuentemente se ha debatido acerca del impacto de la ganadería y la agricultura sobre la conservación del paisaje y la biodiversidad en la cuenca del río Conchos. Existen veredictos muy contrastantes, que van desde señalar a dichos sectores como la mayor amenaza para los sistemas ecológicos, hasta evidencias que indican que esa actividad es clave para conservar el ecosistema a largo plazo.

La clave para el mantenimiento a largo plazo de los servicios ambientales que presta la cuenca del Conchos es el manejo sustentable, es decir, la conciliación entre las necesidades para mantener el desarrollo de la sociedad y la economía, sin comprometer la salud del ambiente para las futuras generaciones. Un manejo racional de los recursos naturales de la cuenca del Conchos deberá coincidir con los planes y programas elaborados conjuntamente en las coaliciones formadas por productores, instituciones de enseñanza e investigación, de la sociedad civil y de gobierno, que apuntan a metas y objetivos comunes.



RL

Las adversidades también son oportunidades de colaboración. Desde el punto de vista social, económico y ambiental, a nivel nacional e internacional, la sustentabilidad de la cuenca del Conchos es un tema de común interés y que cada vez está más presente en las decisiones que se toman como entidad. En la cuenca del Conchos se han aplicado modelos de manejo integral que integran tres ejes prioritarios: 1) generación de conocimiento, 2) gobernanza y políticas públicas, y 3) manejo y restauración. A través de estas líneas se pretende crear más oportunidades para mantener y salvaguardar los servicios y bondades que la cuenca del río Conchos otorga a la población.



Capítulo VIII.

Conservación *in situ* del pez cachorrito de Julimes

Mauricio de la Maza-Benignos[1]

Los ecosistemas acuáticos epicontinentales de América del Norte, es decir, todas aquellas áreas del subcontinente norteamericano donde se distribuye agua superficial, son el hogar de algunos de los ensamblajes bióticos más diversos e interesantes del mundo. Los intervalos latitudinal y altitudinal, junto con la intrincada historia geológica y climática han forjado un sinnúmero de hábitats dulceacuícolas que albergan criaturas fascinantes y extraordinarias; algunas de las cuales se encuentran restringidas a ciertos lagos, humedales, tramos de ríos y sistemas de manantiales que presentan condiciones ecológicas muy particulares. También el agua potable y para riego que utilizamos diariamente se obtiene de estos ecosistemas. Desafortunadamente, muchos de ellos han sido dañados, por factores antropogénicos tales como, por ejemplo, descargas de desechos urbanos y/o agrícolas, o bien, por el uso irracional de sus aguas, principalmente para la agricultura y la industria.

En Norteamérica se localiza el Desierto Chihuahuense. Paradójicamente, la abundancia y diversidad ecológica y biótica de los sistemas dulceacuícolas que se localizan dentro de este ecosistema son inusualmente elevados para una región árida (De la Maza-Benignos *et al.*, 2014). Su elevado número de organismos acuáticos endémicos –es decir, que tiene un intervalo de distribución único y limitado– ha sido reconocido internacionalmente por su importancia global (Olson & Dinerstein 1998, Dinerstein *et al.*, 2001).

El Desierto Chihuahuense es la ecorregión desértica más grande de México, el ecosistema de desierto más grande de Norteamérica, y uno de los desiertos más biodiversos del planeta (De la Maza-Benignos *et al.*, 2009). No obstante, su sobreconcesión y

1 Pronatura Noreste, A.C.

sobreexplotación del agua ya desencadenaron una grave crisis ecológica (Williams *et al.*, 1985; Edwards *et al.*, 2002) que revela cambios sustantivos en el paisaje, entendido este como el resultado de todos los procesos ecológicos, sociales y económicos que inciden sobre la fisonomía del territorio y que está sujeto a una evolución continúa, que conlleva a su degradación, conservación o mejora, así como una pérdida irremediable de importantes elementos de su fauna, tanto nativa como endémica.

El río Conchos, por su parte, es el sistema tributario biológica y económicamente más importante del Desierto Chihuahuense en el norte de México. Se trata de la subcuenca hidrológica más significativa por volumen de agua que forma parte de la cuenca del río Bravo. Cubre aproximadamente el 30% del área total de captación (Kim & Valdés, 2002) y aporta aproximadamente un tercio del volumen total anual que escurre por el río Bravo (Barrios *et al.*, 2009, De la Maza-Benignos *et al.*, 2009).

El desarrollo económico de la cuenca del río Conchos en las últimas décadas generó una demanda insostenible y cada vez mayor de recursos naturales (De la Maza-Benignos *et al.*, 2012). El principal desafío para la cuenca del río Conchos es poder equilibrar las necesidades humanas inmediatas y futuras con el aprovechamiento sostenible de sus aguas y recursos naturales con la conservación de la biodiversidad a una escala de paisaje.

Los peces del río Conchos

En la actualidad los peces se encuentran entre los organismos en mayor peligro de desaparecer en el estado de Chihuahua. Por ejemplo, la ictiofauna del río Conchos está representada por 28 especies nativas y 10 endémicas. De las formas endémicas, la mitad está restringida a un solo manantial o sistema de manantiales (De la Maza-Benignos *et al.*, 2009). En el río Conchos también están presentes al menos 11 especies no nativas, algunas de las cuales han provocado la disminución de las especies nativas y endémicas (Contreras-Balderas, 2000; De la Maza-Benignos *et al.*, 2009).

Uno de los grupos principales de especies nativas y endémicas en el estado son los peces cachorritos (Ciprinodóntidos) que se ubican entre los más vulnerables a la extinción debido a que la mayoría de las especies de este grupo cuentan con una distribución geográfica sumamente reducida. Los peces icónicos cachorritos y los guayacones de Chihuahua representan más del 10% de las especies descritas en sus respectivos géneros.

Entre las especies endémicas del río Conchos existen cinco especies de pez cachorrito (*Cyprinodon* spp.) y cuatro de guayacón (*Gambusia* spp.). Además, se tienen documentadas varias formas –principalmente de guayacón–, así como la trucha del río Conchos (*Oncorhynchus* sp.), que aguardan una formal descripción.

Manantiales del río Conchos que contienen especies microendémicas

La mayor parte de los cachorritos endémicos del río Conchos habitan en alguno de los siguientes manantiales: el Ojo de San Gregorio, donde habita el *Gambusia alverezi*; el Ojo de Dolores, donde habitan los *Cyprinodon macrolepis* y *Gambusia hurtadoi*; San Diego de Alcalá, donde habitan *Cyprinodon pachycephalus* y *Gambusia zarskei*; Las Sombrillas en Santa Isabel, donde habita el *Gambusia* sp.; y El Pandeño en Julimes, donde habitan el *Cyprinodon julimes* y un guayacón a la fecha no descrito: *Gambusia* sp.






FV

De igual forma, en la cuenca del río Conchos sobreviven algunas formas de peces cachorrito de río en algunas localidades como Bacochi, donde se localiza el *Cyprinodon salvadori*; y Meoqui, Satevó, San Francisco de Borja y Belisario Domínguez, donde se encuentran formas del cachorrito del Conchos, *Cyprinodon eximius*. Por su parte, en el municipio de Bocoyna, en el arroyo Ureyna del ejido Panalachi, se localiza la última población (se estima que no más de 500 ejemplares) de trucha del río Conchos o Aparique *(Oncorhynchus* sp.).

El Cachorrito de Julimes

Los peces cachorritos ostentan niveles altos de plasticidad genética y fenotípica. Muchas de las especies del grupo han desarrollado niveles elevados de tolerancia a fluctuaciones de temperatura, salinidad, pH y oxígeno disuelto entre otros parámetros fisicoquímicos (De la Maza-Benignos *et al.*, 2009). En particular los peces cachorrito de Julimes (*Cyprinodon julimes*) y cachorrito de San Diego de Alcalá (*Cyprinodon pachycephalus*) poseen la mayor tolerancia por espacios de tiempo prolongados al estrés hipertermal conocida entre los peces teleósteos (Minckley & Minckley, 1986; De la Maza-Benignos, 2009). El cachorrito de Julimes habita y se reproduce en secciones del manantial "El Pandeño" con temperaturas que superan los 44 °C (De la Maza-Benignos, 2009; Lozano-Vilano, 2010; Carson *et al.*, 2013; De la Maza-Benignos *et al.*, 2014).

Los manantiales geotermales de Julimes

En el municipio de Julimes, en la cuenca media del río Conchos, se encuentra un refugio ecológico con características muy especiales que han regido la evolución y adaptación del cachorrito de Julimes (*Cyprinodon julimes*) (De la Maza-Benignos y Vela-Valladares, 2009); los caracoles *Tryonia julimensis* Hershler, Liu y Landye, 2011 y *Tryonia minckleyi* (Hershler *et al.*, 2011); y el anfípodo de Julimes (*Thermosphaeroma macrura*) (Bowman, 1985), dentro de la zona de manantiales geotermales de Julimes. Todas estas especies son endémicas y de elevado valor científico por las adaptaciones evolutivas a condiciones extremas de temperatura alta y bajo oxígeno disuelto que presenta su hábitat, considerado único en el mundo.

El sistema hidrológico corresponde a un conjunto de manantiales geotermales asociados a cuerpos magmáticos profundos en procesos de enfriamiento que transmiten calor al agua que circula por las profundidades antes de emerger y que son escasos en la superficie de la tierra. Las manifestaciones superficiales del sistema termal, incluyendo la descarga del agua caliente son afectadas fuertemente por las condiciones hidrológicas y topográficas de la zona. Los rasgos superficiales, como la orografía y la hidrografía, así como los atributos físicos de la roca, tales como la permeabilidad y transmisibilidad de las capas que forman al acuífero son los parámetros que definen la recarga potencial del sistema hidrotermal acuífero (De la Maza-Benignos *et al.*, 2014).

Biológicamente, los manantiales geotermales en general corresponden a ecosistemas únicos en los que el factor limitante para la vida es la temperatura, que aunada a otras características, como pH limítrofe, baja concentración de oxígeno o salinidad elevada, pueden presentar situaciones extremas para la vida. Sin embargo, en los manantiales geotermales de Julimes, con pH circumneutral y salinidades moderadas, podemos encontrar una alta gama de manifestaciones de vida en un amplio intervalo de temperatura (De la Maza-Benignos *et al.*, 2013).

En la actualidad, los escurrimientos de los manantiales geotermales de Julimes se aprovechan para actividades recreativas y posteriormente para el riego parcelario (De la Maza-Benignos *et al.*, 2013). Los lugareños agricultores, integrantes de la Sociedad Agrícola y Ganadera San José de Pandos, constituidos a partir de 2008 como Amigos del Pandeño, A.C., acordaron proteger la zona de manantiales, y en particular el manantial El Pandeño mediante la reglamentación de su uso, así como su establecimiento como área protegida y Unidad de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (UMA) en su modalidad de conservación. A este esfuerzo se han sumado la Sociedad de Riego Ojos de Julimes, los balnearios de la localidad, así como el municipio de Julimes (De la Maza-Benignos *et al.*, 2013). El 30 de octubre de 2013 los manantiales geotermales de Julimes fueron designados sitio Ramsar 2201 por la Convención Internacional para la Conservación de Humedales.

Así, a partir del año 2008, bajo un modelo innovador, los agricultores y pobladores de Julimes, junto con otras ONG, se unieron para aplicar de forma independiente un modelo para la gestión integral del manantial El Pandeño bajo un programa de monitoreo de signos vitales. Dicho programa busca monitorear las condiciones ambientales y los componentes bióticos del ecosistema, con un enfoque en la especie microendémica de pez cachorrito de Julimes como indicador biológico de sostenibilidad en el uso del agua, demostrando cómo el aprovechamiento sustentable de los humedales en las zonas áridas puede contribuir a la seguridad hídrica de las regiones, manteniendo la provisión de servicios ambientales; al tiempo que para las comunidades humanas, mejora la calidad de vida y fomenta el desarrollo económico sustentable.

El caso de los manantiales geotermales de Julimes es un ejemplo de iniciativa de gestión adaptativa de los recursos naturales que favorece la conservación del medio ambiente a través de la reducción en la extracción de agua por medio de la tecnificación. Ello se logró a través de la conjugación de esfuerzos que derivó en investigaciones científicas para el cálculo de las necesidades hídricas para la agricultura y el ambiente; así como el involucramiento directo de los habitantes de Julimes y la tutela ambiental por parte de las autoridades locales.



Capítulo IX.

Administración sustentable del agua en el contexto binacional México-Estados Unidos de Norteamérica

Dr. Concepción Luján Álvarez

Introducción

El agua constituye uno de los recursos fundamentales del crecimiento y desarrollo en el planeta; sin embargo, la demanda de este vital líquido y la cantidad disponible muestran a nivel global signos alarmantes debido a la escasez que se ha presentado en los últimos años. La escasez del agua se debe fundamentalmente a los siguientes factores, entre otros: a) La explosión demográfica: competencia por los diferentes usos, b) La contaminación: la humanidad obtiene la mayor cantidad de agua de los ríos, pero muchos de ellos se encuentran inservibles a causa de la contaminación; y c) Incremento de las concentraciones urbanas: incremento de la demanda de agua.

En referencia a la condición binacional entre México y EUA, para una mejor administración de este recurso existen entre estos dos países acuerdos binacionales para el uso y distribución de los recursos hidráulicos superficiales a lo largo de la línea fronteriza común. Con estos acuerdos se establece la posibilidad de llevar a buen término proyectos de administración y desarrollo sustentable en el tiempo. Esto significa que en el transcurso de la historia ambos gobiernos han acordado establecer mecanismos para abordar la problemática territorial y la competencia por el agua entre usuarios, considerando los límites geográficos entre los dos países, haciendo énfasis en la distribución, aprovechamiento, administración y calidad de las aguas de los ríos internacionales en la frontera común.

Por lo tanto, frente a la posibilidad de conflictos globales y regionales ocasionados por la escasez del agua, esto da lugar a diferentes posturas políticas y soluciones estratégicas. La característica común entre estos mecanismos es la preocupación

por el medio ambiente fronterizo; sin embargo, la falta de recursos económicos y de conocimiento hacia estos acuerdos han puesto en tela de juicio la eficacia, la eficiencia y la efectividad de estas buenas intenciones.

En relación al espacio binacional, el norte de México tiene vínculos muy estrechos aunque diferenciados con el oeste de Estados Unidos como efecto directo de la colindancia geográfica, siendo elementos fundamentales en esta relación los ríos internacionales y las cuencas que se forman a partir de ellos. Estos ríos son el Bravo, Colorado y Tijuana (Figura 1), mismos que tienen un particular significado para varios estados del norte de México, así como para los del suroeste de Estados Unidos (Samaniego, 2012).

Dimensión de las cuencas internacionales: río Bravo/Grande, Colorado y Tijuana

En el caso particular del río Bravo/Grande, tiene una longitud de 3034 km, desde su nacimiento en las montañas del San Juan al sur de Colorado, EUA, hasta su desembocadura en el Golfo de México; por lo que 2019 km marcan la frontera entre los dos países. En la parte mexicana hay 12 presas de almacenamiento, de las cuales dos son internacionales. Además, la cuenca cubre una superficie total de aproximadamente 455 000 km^2; poco más de la mitad de esta superficie corresponde a Estados Unidos (230 427 km^2) y la otra parte (225 242 km^2) corresponde a México (CONAGUA, 2010).

Además, la cuenca del río Bravo/Grande incluye en total ocho estados, tres del lado estadounidense: Colorado, Nuevo México y Texas; y cinco del lado mexicano: Durango, Chihuahua, Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas. Además de las ocho entidades federativas, del lado estadounidense se localizan once grupos indígenas conocidos como "pueblos," los cuales suelen tener derechos preferenciales sobre el agua (WET, 2001). En la cuenca habitan cerca de 13 millones de personas, de los cuales más de 9 millones están del lado mexicano (Figura 2).

Por otra parte, el río Colorado tiene una longitud de 2300 km, 10 presas de almacenamiento, una de ellas internacional y ninguna en México, y abastece de agua a cerca de 30 millones de personas (Figura 3).

En consecuencia, la vida cotidiana de varios millones de personas está condicionada por el manejo de los ríos internacionales, de tal manera que ha sido la transformación de los usos sociales del agua y la implementación de la tecnología hidráulica relacionada con discusiones y problemáticas de fines del siglo XIX y las primeras décadas del XX lo que condicionó la manera en que estas se distribuyen y se aprovechan hasta nuestros días. Los tratados internacionales son resultado de ello, y si bien la tecnología hidráulica ha tenido cambios, los tratados se efectuaron bajo marcos de referencia, ideas sobre el futuro y pronósticos de crecimiento que se tenían en las primeras décadas del siglo XX. Por ello, ante nuevas visiones de futuro y el uso y manejo sustentable del agua, los acuerdos parecen ser insuficientes, siendo entre ellos los expuestos en la siguiente figura (Figura 4).

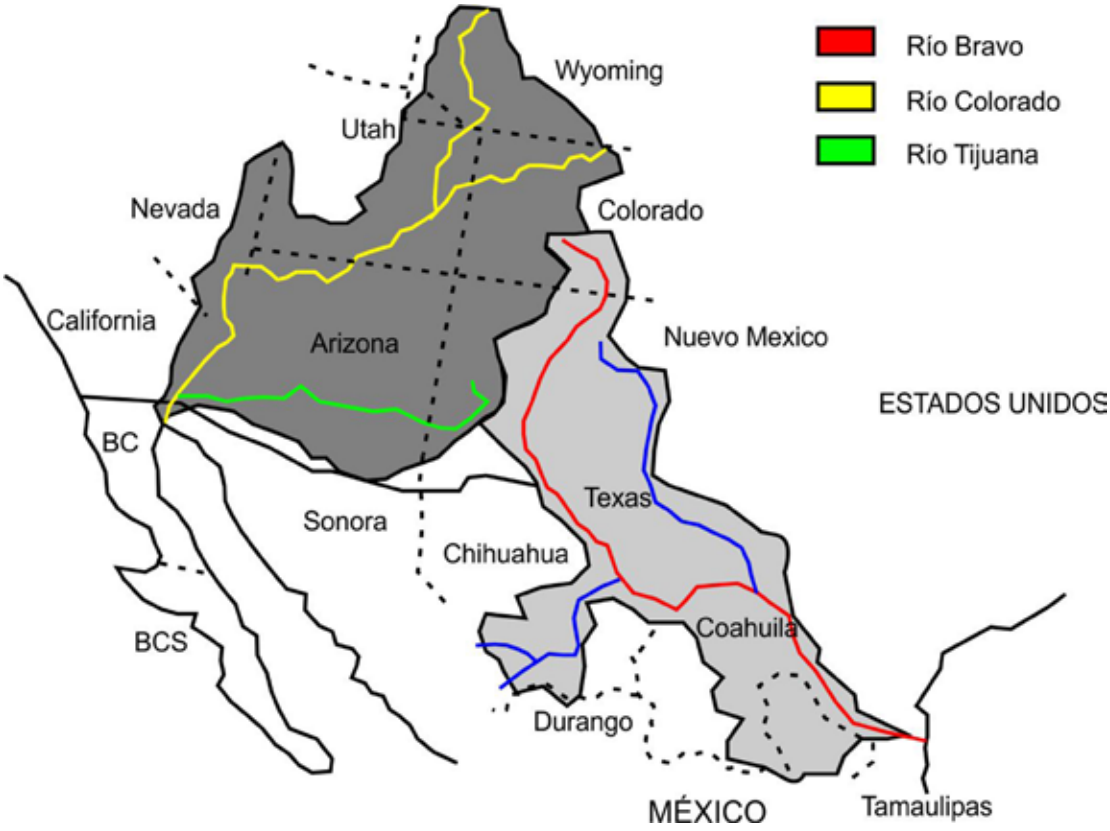


Figura 1. Cuencas transfronterizas México-EUA, ríos Colorado, Bravo y Tijuana.



Figura 1A. Cuencas transfronterizas México-EUA, ríos Colorado, Bravo y Tijuana.

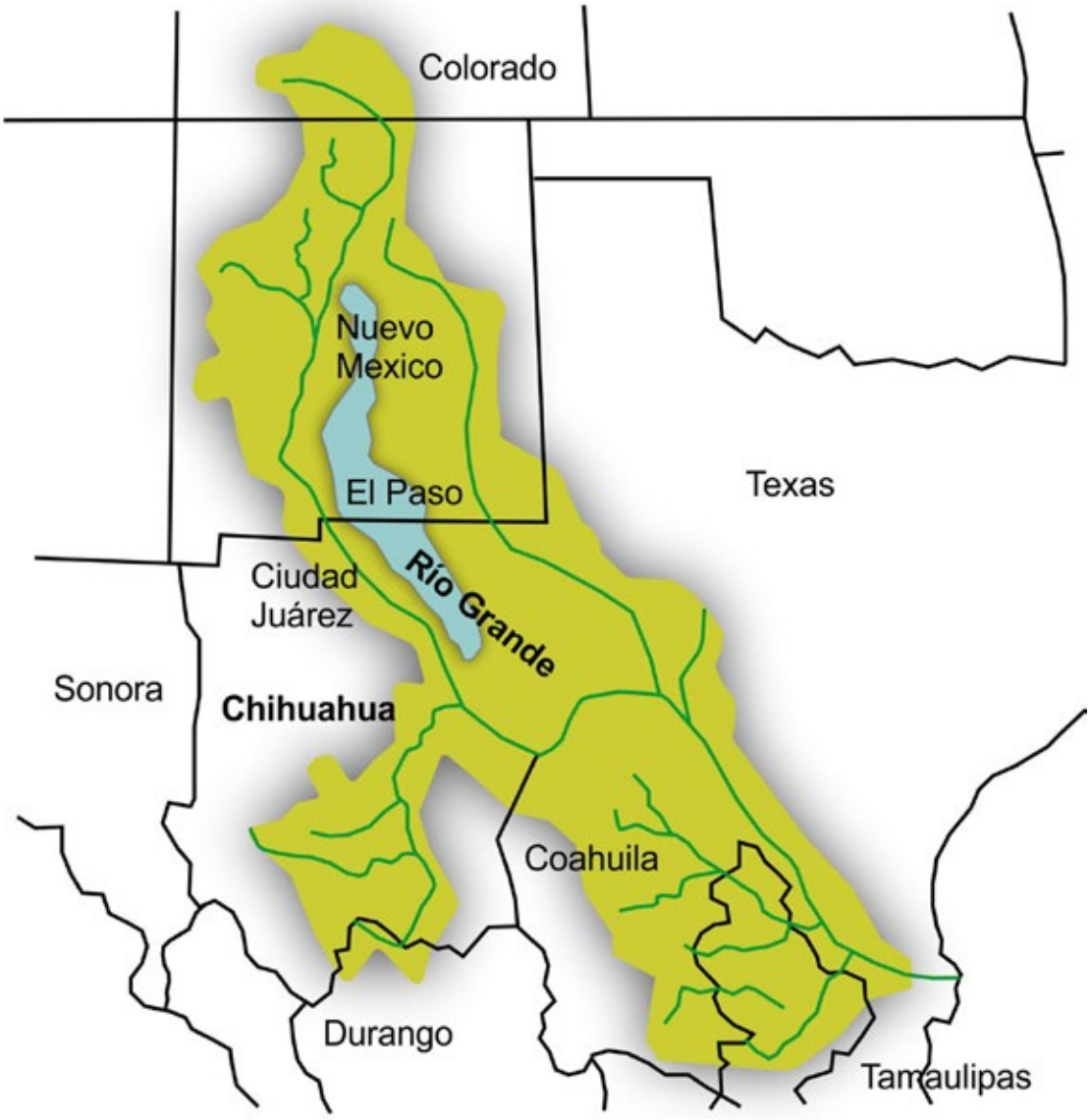


Figura 2. Cuenca del río Bravo y sus características básicas (Hoth Von Der Meden, *et al.*, 2010).



Figura 3. Cuenca del río Colorado y sus características básicas (Hoth Von Der Meden, *et al*., 2010). Imagen proporcionada por el autor.

Acuerdos de cooperación binacional México-Estados Unidos	
Tratado de Aguas para El Valle de Juárez	(1906)
Tratado de Aguas Internacionales	(1944)
Convenio de La Paz para el Medio Ambiente	(1983)
Plan Integral de Infraestructura Fronteriza	(1992)

Figura 4. Relación de acuerdos de cooperación binacional México-EUA, relacionados con el uso y distribución del agua. (Realizado por el autor).

Conservación y restauración ambiental

Ante los retos que plantean la conservación y restauración del medioambiente, ninguno de los intereses involucrados plantea ceder derechos permanentes de agua para esos fines. En términos legales, toda el agua le pertenece a algún país o entidad federativa y nadie considera la posibilidad de disminuir su cuota. Por el contrario, todos desean incrementar su derecho a perpetuidad. Sin embargo, al convertirse en límite internacional el río Bravo, los cambios de curso que antes tenían menor significado, en los años posteriores al tratado se tornaron un problema constante. Se generaron enfrentamientos entre los poblados fronterizos, como Reynosa, Tamaulipas. Por ello, de manera directa e indirecta, es posible afirmar que en la actualidad cerca de 50 000 000 de personas están involucradas en los diversos usos sociales que se desprenden de las cuencas internacionales entre México y Estados Unidos.

Por ello, la prevención de los conflictos y la construcción de la paz constituyen o deben constituir prioridades de las políticas de desarrollo tanto en el ámbito nacional como internacional, incluyendo la gestión sustentable y justa de los recursos naturales compartidos, como es el vital recurso agua (Avalos y Palerm, 2003).

Convención de 1906 entre México y Estados Unidos

La distribución del agua entre México y EUA se ha llevado a cabo en el marco de tratados y reglas internacionales. El Tratado de Aguas de 1906 se refiere a la distribución de las aguas del río Bravo en la región de Ciudad Juárez-El Paso hasta Fort Quitman. En el tratado de 1906 no se mencionan aspectos de desarrollo sustentable, solo agrega la distribución de estas aguas con un cumplimiento de entrega, sin considerar la administración del recurso hídrico en un futuro.

En este tratado solo se incluye el tema de la distribución del agua para la irrigación de cultivos. Estados Unidos de Norteamérica (EUA) entrega a México 74 Mm^3 al año del río Bravo para riego del Valle de Juárez (DR009). Esta agua proviene de las presas del Elefante y Caballo, que se encuentran aguas arriba de Ciudad Juárez, y generalmente se ha usado para el riego del valle que se ubica al sur de la ciudad. Debido al fuerte descenso de los mantos acuíferos locales, es probable que Ciudad Juárez busque pronto la manera de usar esta agua para las necesidades del municipio.

Tratado de Aguas Internacionales de 1944

El Tratado de Aguas Internacionales entre México y EUA, firmado el 3 de febrero de 1944, establece que México asigna agua a Estados Unidos del río Bravo, y Estados Unidos asigna agua a México del río Colorado. Con el objeto de garantizar el funcionamiento de dicho tratado fue necesaria la creación de la Comisión Internacional de Límites y Aguas (CILA), institución de naturaleza binacional cuyo propósito ha sido favorecer la cooperación para el desarrollo de obras de infraestructura hidráulica, así como en general para el manejo de las aguas de dichos ríos. Con respecto a este Tratado de 1944, México debe entregar a EUA 431.72 Mm^3 de agua al año (CONAGUA, 2010).

Por ello, las asignaciones a Estados Unidos se establecen en el Artículo 4° Río Bravo, en el cual México se compromete a asignar a los EUA una tercera parte del agua que llegue a la corriente principal del río Bravo, procedente de los ríos (afluentes aforados): Conchos, San Diego, San Rodrigo, Escondido, Salado y arroyo Las Vacas. El volumen no será menor en conjunto, en promedio y en ciclos de cinco años consecutivos, de los 432 Mm^3 anuales antes indicados. Además, a cada país le corresponde el 50% del volumen que llegue a la corriente principal de las corrientes no aforadas.

En caso de extraordinaria sequía o de serio accidente de los sistemas hidráulicos que hagan difícil para México cumplir con los 432 Mm^3 anuales, los faltantes que existieren al final del ciclo, se repondrán en el ciclo siguiente con agua procedente de los mismos tributarios; siempre que la capacidad útil asignada a los EUA de por lo menos dos de las presas internacionales se llenen con aguas pertenecientes a EUA, se considerará terminado un ciclo y todos los débitos totalmente pagados.

De manera particular, y como ejemplo, es importante mencionar que el ciclo 25 concluyó el 27 de septiembre de 1997 con un faltante de 1264 millones de metros cúbicos (Mm^3) que se fue acrecentando durante el ciclo 26, hasta alcanzar la suma de 1775 Mm^3 en el segundo año de este ciclo, lo que ocasionó negociaciones intensas entre ambos países, donde México argumentó que padecía sequía extraordinaria en la cuenca del río Bravo y que por dicha razón no podía cumplir con el tratado; en cambio Estados Unidos acusaba a México de hacer un manejo doloso en la operación de sus presas, reteniendo el agua en las mismas. Por lo tanto, la posición de Estados Unidos quedó expresada en una nota diplomática del Departamento de Estado, y la de México, en la respuesta de la Secretaría de Relaciones Exteriores, intercambiadas en 1999.

Adicionalmente, el río Conchos es el principal tributario mexicano del río Bravo, y desde 1944 su uso quedó integrado a la regulación binacional contenida en el Tratado Internacional de Límites y Aguas suscrito por los gobiernos de México y Estados Unidos. Desde entonces, el tratado obliga un manejo binacional de los escurrimientos del río Bravo, acordando ambos países implementar acciones conjuntas en la cuantificación de volúmenes, la creación de infraestructura hidráulica y de saneamiento, el monitoreo de la calidad del agua, el apoyo para la tecnificación del riego, entre otras.

Además, en el caso del Bajo Conchos las repercusiones de la sequía con la consecuente disminución de los volúmenes disponibles se han asociado a otros factores como la baja rentabilidad de los cultivos establecidos en el valle, la migración fronteriza y la demanda de los agricultores de mejorar la infraestructura de distribución del agua, tanto de los canales como de levantar la cortina de la presa El Pegüis Chico para retener un volumen manejable que les permita el riego de sus cultivos. Esta condición agrícola



FV



FV



Confluencia del Río Conchos con el Río Bravo
Ojinaga/Presidio

local, también limitada para cambiar sus cultivos a otros más rentables en la medida que hay dificultades en el acceso a los mercados atractivos para sus productos, tanto en México como en Estados Unidos, favorece la migración fronteriza de importantes sectores de la población, unos que se trasladan para ocuparse en algunas zonas agrícolas hortícolas ubicadas en lugares adentro de este último país.

Sin embargo, los agricultores que persisten en el valle consideran que si dispusieran de un volumen manejable de agua en un sitio más cercano a sus predios podrían programar y aprovechar mejor sus siembras, de ahí su demanda de almacenar agua en la presa del Pegüis Chico, la cual, sin embargo, no ha tenido eco oficial por el alto costo que representaría y en la medida que el manejo de estas aguas está relacionado con el tratado. Para evitar este tipo de conflictos entre los dos países es necesario considerar que si el asunto de los ríos internacionales no se atiende ni se entiende debidamente, los demás temas de la agenda internacional se verán enturbiados por las aguas compartidas.

En suma, de acuerdo con los términos del Tratado de 1944, se asigna a Estados Unidos excedentes (sobrantes) de aguas no controladas (broncas) de los seis afluentes mexicanos aforados del río Bravo, con una garantía mínima de 2158.605 millones de metros cúbicos (Mm^3) en un ciclo de cinco años consecutivos, y que México tiene derechos prioritarios de uso del agua de estos seis afluentes aforados, en un volumen de 9825 Mm^3, para ese mismo periodo.

Presión internacional para el uso y distribución del agua

La Comisión Internacional de Límites y Aguas, en su tiempo, entre otros conflictos, debió enfrentar el asunto de la falta de agua para Ciudad Juárez, Chihuahua, misma que afectaba tanto al poblado mexicano como a su vecino estadounidense, El Paso. El uso que se empezó a hacer en los estados de Colorado y Nuevo México, provocó la escasez. Los funcionarios de la comisión, así como los representantes de la comunidad, acudieron a uno de los principios que se consideró más adecuados: 300 años de aprovechamiento, es decir, lo que para ese momento era conocido como la primera apropiación: primero en uso, primero en derecho. Los representantes de El Paso, de Ciudad Juárez y de la Comisión Internacional de Límites afirmaron que desde hacía tres siglos Paso del Norte había utilizado las aguas del Bravo. Por tanto, tenía pleno derecho a su uso, por lo que parte del norte mexicano fue impactada por este principio que ha tenido diversas connotaciones en el nivel poblacional.

Por lo tanto, es importante hacer referencia a la soberanía limitada, la cual como principio implica que un país no es dueño absoluto de una corriente. Es decir, el ribereño superior no es el propietario y no puede tomar decisiones sin tomar en cuenta a los ribereños inferiores. Sin embargo, como ribereño superior, existen ventajas al momento de negociar. El argumento era el indicado para el alto Bravo y para el Colorado y en los años siguientes fue una presión constante en ambos lados de la frontera. Este principio es el que marca que los afluentes mexicanos del Bravo, particularmente el Conchos, cuyo surgimiento está muy lejos de la zona fronteriza, no pueda ser utilizado en su totalidad por los agricultores de nuestro país.

En buena medida, una de las críticas frecuentes –ya mencionada– al tratado de 1944 es que se entrega "agua mexicana" a Estados Unidos y se destaca como una muestra de debilidad. Sin embargo, en esos análisis no se menciona que el caso contrario es en el alto Bravo y en el Colorado. Por lo tanto, el tema de la soberanía limitada es



importante porque implica que el agua que cae a un territorio no es necesariamente del país en cuestión. Debe compartir los beneficios de su uso. La postura contraria, citada en múltiples ocasiones pero derrotada desde el principio, es la soberanía absoluta, que ha sido reconocida internacionalmente como "doctrina Harmon", misma que nace precisamente como parte de las negociaciones entre México y Estados Unidos en el alto Bravo.

Ante la controversia binacional, los gobiernos de México y Estados Unidos suscribieron las minutas 307, 308 y 309 en los años 2001, 2002 y 2003, respectivamente, mediante las cuales establecieron acuerdos que permitieran soluciones intermediarias al déficit acumulado. La minuta 308 del 2002 se centró principalmente en buscar obtener una mayor eficiencia en el uso de las aguas aplicadas en la agricultura a partir del Programa de Uso Sustentable del Agua del Río Conchos, que consiste en un ambicioso programa de rehabilitación y modernización de la infraestructura y la tecnificación del riego que permitiera recuperar volúmenes en los tres distritos que conforman la cuenca.

Finalmente, se puede afirmar que los acuerdos binacionales surgidos con la controversia del déficit de agua han derivado en programas y acciones conjuntas, las cuales, sin embargo se han centrado en recuperar volúmenes para cubrirlo, pero debe avanzarse en propuestas globales de manejo sustentable de la cuenca. Quizás este sea el sentido que debe señalarse para reducir la presión humana actual que se está ejerciendo sobre el agua y los demás recursos naturales.

Los usos sociales del agua, cooperación y conflicto: Dos culturas diferentes en lo binacional entre México y Estados Unidos

Desde la base de la dinámica social en ambas fronteras y áreas de cuencas de los ríos Colorado, Bravo y Tijuana, la producción de energía eléctrica y el abasto urbano fueron parte de las decisiones que se discutieron intensamente. Para generar energía se requería de presas con cortinas de cierta altura. Este uso, se afirmaba en dichos años, no generaba gasto de agua, aunque se modificaban las condiciones de los ríos. Por otra parte, en las grandes presas se consideraron como virtudes el que hubiera actividades económicas y recreativas como la pesca, y que se produjera energía limpia, se controlaba la corriente y se podía extraer el agua para trasladarla a grandes distancias.

Si bien estas virtudes fueron criticadas por ingenieros, conservacionistas y preservacionistas de Estados Unidos en las primeras décadas del siglo XX, las presiones políticas de agricultores, la ciudad de Los Ángeles, las pugnas por tener derechos sobre el agua a perpetuidad y la dependencia con respecto a México del Valle Imperial, California, generaron tensiones y conflictos entre diversas entidades federativas, empresas y grupos de poder que pensaban en el desarrollo futuro. En ese sentido, remarcamos que en muchos conflictos, si bien se atendía a la tecnología existente en ese momento, el tema de los derechos a perpetuidad marcaba de manera importante el cómo debía planearse el futuro de los involucrados.

Por otra parte, las decisiones sobre los usos sociales del agua y las cuencas internacionales condicionaron, cuando menos para el siglo XX y lo que va del XXI, la construcción de sistemas hidráulicos que generan una codependencia entre los dos países. Sin embargo, los usos sociales se han diversificado y el interés por conservar el medioambiente y las diferentes especies animales ha generado nuevas tensiones. Por ello, en las últimas décadas los grupos ecologistas y de protección de la vida animal


3
90
80
70
60
50
40
30
20

de ambos países han pugnado por buscar los mecanismos para mantener esta riqueza natural. Es importante destacar cómo en los años recientes vuelve a presentarse confluencia entre grupos u organizaciones no gubernamentales de ambos países. La National Environmental Protection Act (NEPA) fue el instrumento legal en el que se fundamentó la disputa judicial por actores sociales de nuestro país. Este tipo de alianzas entre agrupaciones de ambos países es generado por las dinámicas en las cuencas internacionales y la relación con los usos sociales.

En consecuencia, las cuencas internacionales han generado de manera permanente una relación de cooperación y conflicto. No es posible indicar que si existe conflicto no hay cooperación. Por el contrario, es necesario destacar que dada la alta dependencia de las corrientes internacionales en las entidades de ambos países, la relación está enmarcada por la necesidad de llegar a acuerdos que están profundamente vinculados con la actividad cotidiana. La cooperación es constante en todo el siglo XX y lo que va del XXI, a pesar de los momentos difíciles tanto por el tema de los ríos internacionales como por otros que surgen. Es decir, si bien existen temas de profundo enfrentamiento, eso no implica que la administración, el almacenamiento, el uso mancomunado en la producción de energía y la entrega del recurso se detenga de un país a otro.

Por lo tanto, temas como la soberanía estatal, la relación este-oeste, la intervención federal, las pugnas interestatales, los conflictos entre instituciones o las relaciones con México en la zona fronteriza no son homogéneos. Por tal motivo, el norte mexicano es impactado por las diferencias hacia el interior del país vecino, y para ello es necesario analizar las contradicciones, paradojas y conflictos que se generan hacia el interior de su territorio. Sin la relación con el interior del país, el norte mexicano no se entiende, lo mismo aplica sin el oeste estadounidense. Por ello, la cooperación y el conflicto generados por las cuencas internacionales son constantes.

Como resultado de esa controversia binacional, los gobiernos de ambos países han establecido acuerdos específicos que parcialmente y momentáneamente han venido solucionando esta problemática. También a la par de estos acuerdos oficiales se han realizado reportes o estudios independientes por investigadores académicos de universidades y de organizaciones no gubernamentales, mediante los cuales se complementa la visión oficial o se elabora una alterna. Tal es el caso, en el que en este contexto se realizó un estudio específico sobre el manejo social del agua en el Distrito de Riego 090 Bajo Río Conchos en la región de Ojinaga, Chihuahua, en colaboración con Environmental Defense con sede en Austin, Texas (Jiménez, 2004).

En México, particularmente en la región norte, la escasez de agua se ha venido agudizando debido a la falta de precipitaciones más regulares, por lo que esta problemática ha impactado a niveles en lo social, económico y ecológico. A la vez, ha generado una controversia muy importante con Estados Unidos, debido a un déficit acumulado durante los ciclos quinquenales 25 y 26 determinados por el Tratado Internacional de Límites y Aguas de 1944, en el cual se plantea por parte de México la aportación de cantidades determinadas de agua al Río Bravo (Jiménez, 2002).

Distribución social del agua

Estas tendencias convierten a la región fronteriza en la más dinámica de los Estados Unidos y México en términos demográficos. Como ejemplo, para el año 2001, alrededor de 12.4 millones de personas habitaban los municipios y condados fronterizos, y para

el año 2010 dicha cifra había alcanzado los 14.4 millones de habitantes, concentrados principalmente en ciudades hermanas metropolitanas binacionales.

Con esta variable se pretende identificar los usos y los usuarios del agua, así como la problemática asociada con ellos. Históricamente, el aprovechamiento de los escurrimientos del río Conchos que atraviesan el Valle de Ojinaga y desembocan en el río Bravo data de fechas anteriores a la separación de las dos naciones que convierten al río Bravo en una frontera geopolítica.

El primer tipo de aprovechamiento que se registra en el valle es para consumo humano y la agricultura, identificándose antecedentes de prácticas agrícolas primitivas realizadas por la etnia nativa de los Jumanos, quienes crearon asentamientos irregulares en las riberas. Sin embargo, las actividades agrícolas basadas en el aprovechamiento del agua para la irrigación de cultivos se convirtieron en la base de la economía local desde principios del siglo XVIII, cuando al iniciarse la colonización hispana se crearon asentamientos regulares que fueron continuamente amenazados por las avenidas del río Conchos, provocando inundaciones.

La presencia española se inicia en 1581 con las incursiones de los misioneros franciscanos, pero es hasta 1715 cuando se funda la Misión de San Francisco de La Junta de los Ríos (Alfaro *et al.*, 2000). A partir de 1759 se estableció el Presidio del Norte que en 1865 se convierte en la Villa de Ojinaga, misma que en 1948 adquiere el rango de ciudad (INE, 1997). Los Tratados de Guadalupe-Hidalgo de 1848 convirtieron al río Bravo en una frontera natural y separaron las poblaciones de ambos lados de la planicie, y con ello también realizaron un manejo separado del agua y de los otros recursos de este ecosistema enclavado en esta porción del Desierto Chihuahuense.

Desafíos y estrategias para el desarrollo de la frontera México-EUA

En contexto, existen varias características y rasgos que definen a la región fronteriza como un sitio fundamentalmente distinto de otras regiones de los Estados Unidos. La región fronteriza estadounidense se caracteriza por un acelerado crecimiento económico y poblacional, una acelerada urbanización, repercusiones por situaciones en México, asimetrías con comunidades mexicanas al otro lado de la frontera, intercambio comercial internacional, altos índices de pobreza y una identidad étnica distintiva. Cada una de dichas características genera retos que otras regiones ubicadas al interior de los Estados Unidos generalmente no tienen que enfrentar, sobre todo cuando ocurren de manera simultánea y en un mismo lugar.

Población y urbanización

Desde la década de 1940 la población de los estados fronterizos de México y de los Estados Unidos ha crecido a un ritmo más acelerado que sus respectivos promedios nacionales, y las poblaciones de los municipios y condados adyacentes a lo largo de la frontera han crecido más rápido que la de los estados en donde se ubican. Estas tendencias convierten a la región fronteriza en la más dinámica de los Estados Unidos y México en términos demográficos. Para el año 2001 alrededor de 12.4 millones de personas habitaban los municipios y condados fronterizos, y para el año 2010 dicha cifra había alcanzado los 14.4 millones de habitantes, concentrados principalmente en ciudades hermanas metropolitanas binacionales. Se proyecta que para el año 2020 la población fronteriza alcanzará los 19.5 millones de habitantes.





RM



El crecimiento urbano con frecuencia supera la capacidad del gobierno para brindar una infraestructura adecuada en estas ciudades fronterizas, particularmente del lado mexicano donde gran parte de la urbanización no ha sido planificada. En ciudades pujantes como Ciudad Juárez, Nuevo Laredo, Nogales y Tijuana, se crearon asentamientos y se construyeron viviendas años antes de que se instalara infraestructura de agua potable y alcantarillado. En zonas de la región fronteriza estadounidense, principalmente en Texas y Nuevo México, aunque también en Arizona y California, por ende, en ambos lados de la frontera, un gran número de habitantes no cuenta con una conexión de agua potable segura en sus hogares y carece de servicios adecuados de recolección y tratamiento de aguas residuales.

Cientos de miles de habitantes fronterizos estadounidenses no cuentan con la misma cobertura de servicios de agua potable y alcantarillado que tienen sus conciudadanos en otras partes de Estados Unidos. Ya en el año 2000, el déficit de infraestructura ambiental en comunidades fronterizas de México y Estados Unidos oscilaba entre $5.8 y $10.4 mil millones y para 2010 el déficit superaba los mil millones de dólares en proyectos de agua y aguas residuales en comunidades fronterizas mexicanas y estadounidenses.

Una de las mayores dificultades para lograr avances ambientales en la frontera México-EE.UU. es que, aunque la región fronteriza de Estados Unidos es una de las zonas más empobrecidas del país, la zona fronteriza de México es una de sus regiones más ricas, junto con la Ciudad de México, Guadalajara y Monterrey. Esta situación ha dificultado políticamente que las autoridades federales mexicanas inviertan fondos en la infraestructura ambiental en la frontera cuando existen necesidades más apremiantes en otras partes del país.

Conclusiones

El problema de la escasez de agua, así como la importancia de la preservación de las fuentes naturales del recurso son ampliamente reconocidos a nivel jurídico e institucional en México. Sin embargo, la instrumentación efectiva de una asignación de agua para el medio ambiente enfrenta inconsistencias jurídicas y una activa oposición de los usuarios agrícolas con derechos de agua para riego, con base en diversos argumentos técnicos y de derecho.

La disponibilidad de agua en México presenta una desigual distribución regional y estacional que dificulta su uso sustentable. En el norte del país la disponibilidad de agua por habitante alcanza niveles de escasez críticos, mientras que en el centro y en el sur es abundante. Esta condición indicada y por el propósito del presente análisis debe de atraer la atención de los tomadores de decisión, tanto en lo nacional como internacional, sobre todo al compartir una competencia binacional por el agua entre usuarios, el medio ambiente y el crecimiento poblacional, para lo cual se ejerce una presión internacional.

Por otra parte, los usos sociales se han diversificado y el interés por conservar el medioambiente y las diferentes especies animales ha generado nuevas tensiones. Por ello, en las últimas décadas los grupos ecologistas y de protección de la vida animal de ambos países han pugnado por buscar los mecanismos para mantener esta riqueza natural.

Además, dada la alta dependencia de las corrientes internacionales en las entidades de ambos países, la relación está enmarcada por la necesidad de acuerdos vinculados con la actividad cotidiana, de tal forma que aspectos como la soberanía estatal, la relación este-oeste, la intervención federal, las pugnas interestatales, los conflictos entre instituciones o las relaciones con México no son homogéneos en la zona fronteriza.

En México, la administración del agua es principalmente una responsabilidad federal, mientras que en EUA es estatal. Las diferencias en la legislación y niveles de desarrollo entre México y EUA han dificultado el desarrollo de estrategias integrales conjuntas de manejo de las cuencas en el contexto binacional.

En específico en relación con Chihuahua, el río Conchos es el principal cuerpo de agua de este estado mexicano, además del afluente más importante, en términos de volumen de agua aportado al cauce principal, del transfronterizo río Bravo/Grande, compartido por México y los Estados Unidos de Norteamérica. Este sistema hidrológico es la línea de vida que alimenta al Desierto Chihuahuense.

En suma, es necesaria una nueva visión que recupere la administración, conservación y racionalización sustentable del recurso a partir de un fortalecimiento, tanto de los tratados binacionales como de los actores participantes, donde la conservación, la búsqueda de nuevos incentivos y una nueva cultura del uso del agua privilegie el manejo sustentable, por lo que la relación bilateral entre México y Estados Unidos es considerada de suma importancia para los dos países, ya que están obligados a revisar de manera general la administración del agua con el propósito de construir una relación permanente y sistemática, ordenada y bajo normas claras que rigen la cooperación bilateral. Para esto, se requiere mayor participación de científicos, técnicos y grupos de interés en todos los aspectos relacionados con la administración sustentable del agua, la conservación y uso sustentable de la biodiversidad.



FV

FV




ON
OFF
PRECAUCION
DANGER
BOMBA DE SERVICIO

Capítulo X.

¿Cómo enfrentamos los retos? Modernización en el uso del agua

Dr. Ignacio Alfonso Reyes Cortés
Dr. Miguel Franco Rubio
Dra. Angélica Oviedo García
Dr. Octavio Hinojosa de la Garza[1]

Antes de iniciar con el tema se requiere describir una serie de conceptos para comprender la complejidad que abarca la problemática del agua en la región árida de la ciudad de Chihuahua y del mismo estado. Se deben traer a colación conceptos como permeabilidad, porosidad y transmisividad: permeabilidad es la capacidad que tienen las rocas que se encuentran debajo de la superficie del terreno para dejar pasar el agua y puede ser un material suelto, deleznable, no compactado o bien puede estar formado por rocas cementadas, compactadas, endurecidas, litificadas, o, en otras palabras, diagenitizadas (todos los procesos que ocurren para que un sedimento suelto se convierta en roca).

La porosidad corresponde a la cantidad de espacios vacíos que tiene la roca, es decir, a los huecos llenos con aire y agua. La porosidad según su origen puede ser granular (la que se forma por los espacios que hay entre los granos en un sedimento, material suelto o roca sedimentaria), o porosidad fracturada (la que se forma por los espacios generados cuando la roca se fractura, rompe o quiebra por procesos internos como temblores, volcanes, etc., o por procesos externos como impactos, alteración, disolución, colapsos, avalanchas, etc., y pueden formarse en rocas permeables o impermeables).

Entonces, la permeabilidad se relaciona con la propiedad de que los poros estén conectados entre sí, para que el agua pueda desplazarse a través de ellos. El paso del agua a través de los poros está sometido a las fuerzas de capilaridad, es decir, cuando los poros son demasiado pequeños la fuerza de capilaridad atrae las moléculas de agua, formando un menisco y prácticamente las inmoviliza. Así una arcilla saturada al 100% es prácticamente impermeable, es decir, no permite el paso del agua a pesar de tener

1. Doctores de la Facultad de Ingeniería, UACH.

niveles de porosidad por arriba del 45%, mientras que las arenas y areniscas tienen una porosidad de entre el 15 al 35 % y son los materiales que se buscan como acuíferos potenciales.

La transmisividad es el volumen de agua que puede pasar por un cuerpo de material poroso en un tiempo dado, es decir, es el gasto que pasa por un área determinada en un tiempo dado. Regularmente el gasto de un pozo se mide en tantas pulgadas de agua, en ocasiones se mide como litros por minuto o por segundo.

La geología de Chihuahua es diferente a la de otros desiertos del mundo, en Chihuahua se tiene la Provincia Fisiográfica de Sierras y Valles, la cual está constituida como una serie de sierras largas y angostas paralelas, orientadas NO-SE o en ocasiones casi N-S, separadas por amplios valles también alargados, generalmente la anchura es diez o más veces el ancho de las sierras. Los valles son fosas tectónicas o áreas que fueron hundidas por procesos tectónicos. Los hundimientos llegan a acumular más de dos mil metros de sedimentos, material acarreado por los arroyos y ríos a manera de aluviones de la periferia.

Los materiales son producto de la erosión de las sierras que la limitan y los acarreados desde la Sierra Madre Occidental. En las fosas tectónicas se desarrollaron las cuencas endorreicas (cuencas cerradas donde el agua de lluvia se acumula en la parte baja, sin salir al mar. Los sedimentos y el agua se acumulan en el centro de la cuenca, en condiciones áridas, el agua se evapora y los sedimentos rellenan la cuenca). Las cuencas de esta provincia fisiográfica son fosas profundas que acumulan grandes cantidades de materiales acarreados por las corrientes. En algunas ocasiones los aluviones rellenando las fosas tectónicas pueden llegar a medir más de los 3000 m.

Los aluviones tienen porosidades del orden del 15 al 40%, es decir que esos huecos debajo del nivel freático están saturados con agua. Pero en el centro de las cuencas endorreicas el nivel freático llega a cortar la superficie, formando lagos superficiales estacionales. El agua subterránea en las fosas tectónicas ha estado ahí por miles o quizá cientos de miles de años, interactuando con los granos del aluvión, agua a la que se le llama agua fósil.

Las cuencas de Chihuahua están saturadas con ese tipo de agua fósil, en particular las partes más profundas. El tamaño del volumen de agua acumulada en una sola cuenca, como la de Chihuahua-Sacramento-Encinillas que tiene una longitud de 100 km –redondeando–, una anchura de alrededor de 20 km y de una profundidad variable de 0.5 a 2.5 km, pero con un promedio de poco más de 1 km, da un volumen total de 100 x 20 x 1 = 2000 km^3; si este volumen de aluvión tuviera una porosidad promedio del 15% entonces tendríamos 2000 km^3 x 0.15% = 300 km^3 de huecos llenos con agua.

Por otro lado, si cada habitante de la ciudad de Chihuahua consumiera 300 litros de agua por día y la ciudad tuviera un millón de habitantes, entonces el volumen de agua para satisfacer a la población de la ciudad de Chihuahua por un año sería de: 300 lt/día/hab. x 1 000 000 hab. x 365 días = 109 500 000 000 litros, que equivale a 109 500 000 m^3.

Pero si en la cuenca se tienen acumulados 300 km^3, ¿para cuántos años se tiene agua en la cuenca? Si un km^3 equivale a 1000 m x 1000 m x 1000 m = 1000 000 000 m3, un solo km^3 es 1000 000 000 m^3, entonces 300 km^3 son 300 000 000 000 m^3, así



que si se consumen 109 500 000 m^3 por año, es decir 0.109 km^3 (300 km^3 /0.109 km3 /año = 2752 años), el agua acumulada en la cuenca sería suficiente para abastecer a la población por más de 2750 años.

Hay consideraciones que se deben tomar en cuenta, por ejemplo, que la población no crezca, que se mantenga en un millón de habitantes; y que no lloviera en todo ese tiempo para que no hubiera infiltración de ninguna especie hacia la cuenca durante los siguientes 2750 años. Entonces, se puede decir que sí hay agua, lo que no hay es disponibilidad, primero porque se está considerando extraer el agua de una profundidad promedio de 1000 metros, segundo, que la calidad del agua no es la óptima porque el agua ha estado en contacto con las rocas y ha disuelto suficiente sal como para hacer que el agua tenga concentraciones de sólidos totales disueltos mayores a las 1000 ppm; y tercero porque la red de distribución de agua en la ciudad está obsoleta, interconectando diámetros de tubería de menor a mayor y alternadas, dando pérdidas de presión y aumentos significativos que provocan fugas por todas partes de la ciudad, cuando debiera haber una red troncal principal y de ahí ir disminuyendo el diámetro de la tubería en las diferentes áreas, colonias o sectores.

Se debe hacer uso óptimo del agua con calidad potable para disminuir el precio del líquido, así como del agua de menor calidad, porque el precio de extracción se incrementa sensiblemente con la profundidad de extracción. De la misma manera los sistemas de riego deberán adecuarse al clima, el uso de agua rodada y anegamiento en áreas áridas involucra la evaporación en función de la distancia rodada y puede llegar a evaporarse hasta el 66% del volumen de agua.

Se reporta que se evaporan dos de cada tres litros de agua que se extraen de los pozos. Aunque ya se hizo un primer intento de reducción de esa pérdida de agua revistiendo los canales de riego, no fue suficiente, solo es una parte, en el futuro se requerirán de inversiones mayores. Otra parte son las nuevas técnicas de riego, que permiten otra reducción significativa, ya que según el cultivo se pueden usar técnicas como la aspersión y el goteo. Y el método más moderno de reducción significativa se relaciona con los invernaderos y la hidroponía.

El reto al que se está enfrentando la ciencia en este momento es la desalinización del agua. No se habla del agua de mar, se está hablando del agua subterránea, agua que pudiera contener algunas especies minerales susceptibles de explotarse económicamente, o de mantener concentraciones de sólidos totales disueltos (STD), por arriba de las 1000 ppm, es decir, agua subterránea salada o contaminada.

Los procesos de desalinización cada vez son más eficientes y menos costosos, y en un futuro cercano se podrá hacer la desalinización justo en el brocal del pozo. Pero eso es apenas una pequeña parte del ciclo hidrológico que está ocurriendo en el estado y en la región de la ciudad de Chihuahua. Este proceso permite visualizar que el panorama es aún más alentador, el trabajo por desarrollar y el costo son elevados, pero se puede hacer algo. Es necesario entender cada una de las partes del ciclo hidrológico para imaginarse la problemática asociada a las regiones áridas del estado y de la región.

El ciclo hidrológico se puede empezar por la precipitación, ya que la misma se debe medir en cada uno de los lugares del estado de manera que se pueda predecir o estimar la cantidad de agua que cae en cualquier región determinada. Es increíble, pero si calculamos la cantidad de agua que cae como lluvia en el estado y fuera directamente

a llenar los acuíferos de las cuencas del estado de Chihuahua, estas se llenarían en un tiempo récord.

Pero la mayor parte del agua de lluvia vuelve a la atmósfera por evaporación, una parte significativa escurre a través de los arroyos que arrasan con lo que se encuentran a su paso, en forma de avenidas máximas, y eventualmente se generan avenidas máximas extraordinarias con periodos de retorno de 100 años, de 500 años e inclusive de 1000 años. Finalmente, una pequeña cantidad logra infiltrarse y llega hasta el acuífero.

Las estaciones meteorológicas determinan la distribución espacial de las lluvias en el estado y a través del tiempo en periodos de horas, días, meses, años. El cubrimiento del estado con estaciones meteorológicas es deficiente, puesto que hay grandes extensiones que están sin medición alguna. Además, realmente son pocas las estaciones que tienen medición continua o discreta en mediciones de minutos o menos. Los parámetros que miden las estaciones completas incluyen precipitación, temperatura, dirección y velocidad del viento, humedad relativa, intensidad de radiación solar, nubosidad, presión atmosférica, horas de insolación, etcétera.

Aun cuando no son suficientes las estaciones meteorológicas, con la información de las estaciones existentes se puede tener una idea de los valores. Estos valores se han estudiado desde varios puntos de vista y se tiene idea del comportamiento de las variaciones del clima durante el año y durante periodos mayores. La periodicidad del clima, en algunas ocasiones interpreta ciclos de 7 años, 13-14 años, e inclusive se han reconocido ciclos de 25-30 años, aproximadamente. Se identifica y se interpreta la periodicidad del clima con los datos de hasta más de 100 años que se han registrado en las estaciones meteorológicas de Chihuahua.

La cantidad de agua de lluvia que cae en el estado varía desde los 200 mm/año hasta más de 750 mm/año. Eso significa que ni en la región más árida se carece de agua, que si la lluvia se pudiera captar para hacer infiltración inducida se podría tener suficiente agua para abastecer las necesidades de la población y sus actividades.

La evaporación del agua de lluvia se debe a que el suelo está demasiado seco y caliente. El suelo tiene composición arcillosa, especialmente en las áreas planas y casi horizontales. La arcilla se satura rápidamente, impidiendo la infiltración, acumulando en la superficie el agua para evaporarse en los siguientes días. En los taludes y piedemontes las pendientes se incrementan. Aquí es donde parte del agua que escurre se infiltra, pero también durante el escurrimiento, el agua moja la roca caliente y la evapora. Las rocas suelen estar calientes en las regiones áridas de escasa cubierta vegetal, en terrenos con pendientes suaves.

Los taludes formados por fragmentos caóticos de roca están soportados por arena y gravilla, los cuales adquieren temperaturas que, con el agua de lluvia de las zonas áridas, apenas alcanzan a enfriarse. A pesar de la alta evaporación, el talud es la zona de infiltración por excelencia. La composición del material que constituye al talud y a la coalescencia de abanicos aluviales generalmente está formado por una intercalación de gravas y arenas de gruesas a finas, y eventualmente llegan a acumularse algunos horizontes de limo, donde la cantidad de arcilla dentro de estos materiales es mínima, y cuando existe es de origen secundario, por la alteración de algunos minerales dentro de la arena y la gravilla.



Ya sobre la sierra, tanto en la parte baja como en la parte alta, las pendientes se hacen abruptas y escarpadas, y la proporción de evaporación se incrementa de manera significativa y la infiltración es mínima. En estas condiciones de pendientes escarpadas y abruptas el escurrimiento es prácticamente total. Se han medido pendientes promedio mayores de 60 °. La altura y la pendiente abrupta hacen que el agua de lluvia esté expuesta a mayor insolación y grandes velocidades del aire, produciendo una evaporación más efectiva.

Las condiciones anteriormente descritas se dan en las zonas áridas, donde la cubierta vegetal es mínima y el intemperismo mecánico es predominante (alteración de las rocas y suelo por efecto de la gravedad, variaciones bruscas de temperatura, viento, tormentas torrenciales repentinas, insolación, etcétera), mientras que el intemperismo químico biológico es reducido (alteración de las rocas, lixiviación de los minerales, reacción de las espacies minerales contenidas en el agua con la roca, interacción de la materia orgánica, como las raíces de plantas y animales como topos, serpientes, lombrices, insectos, etcétera, con la roca o suelo que los contiene y se concentra en algunos nichos específicos con características especiales de humedad, insolación, tipo de suelo, etcétera); rasgos que llegan a encontrarse en algunos cañones de la Sierra Madre Occidental.

El escurrimiento es otro factor del ciclo del agua. En el ciclo hidrológico cada factor está ligado a los otros factores y se interrelacionan. Así como una parte del agua de lluvia se evapora antes de siquiera tocar el suelo, debido a que está irradiando calor por la temperatura del suelo. Se puede apreciar la reverberación del suelo al momento que cae la lluvia, correspondiente a la evaporación. Se ha medido la proporción de la evaporación y es muy variable dependiendo de la intensidad de lluvia, en algunas ocasiones va del 10 al 100% de la precipitación.

En algunas ocasiones se puede medir la evaporación por la temperatura que alcanza el suelo, es decir la capacidad calorífica del suelo asociada a una ráfaga de viento puede generar una evaporación significativa e impedir que haya escurrimiento. El escurrimiento se da en las áreas donde la topografía genera pendientes suficientes para que la gravedad ejerza acción sobre el agua de lluvia precipitada en la superficie del terreno. Si el terreno es plano, el agua de lluvia primero enfría el suelo a través de la evaporación de una cantidad de agua y después satura al material arcilloso que generalmente se acumula en las partes planas de la región.

En esas condiciones la saturación de los primeros 20 a 50 cm de arcilla impiden que el agua se siga infiltrando y se acumule en la superficie. El agua acumulada en la superficie como charcos y lagos es afectada por la insolación y la velocidad del viento de las zonas áridas. Es decir, la humedad relativa del aire generalmente se encuentra entre el 20 y 40%, con capacidad de evaporar mayor cantidad de agua. Así la humedad se desplaza de encima del lago o charco hacia otras regiones.

En las bajadas o taludes la pendiente del terreno se incrementa y la capacidad del escurrimiento aumenta. En estas partes de talud, cuya composición varía de gravas hasta arcillas, es donde el agua de lluvia que viene de la sierra se vierte en los abanicos aluviales pendiente abajo. El agua se encuentra con las diferentes partes del talud, algunas son lisas y cementadas con caliche que impiden que el agua se infiltre, por lo que el escurrimiento es muy efectivo. Sin embargo, existen los cauces en los taludes,

por los que se arrastra el material rocoso que en pendientes fuertes provoca una intensa abrasión en el lecho del cauce y lo mantiene libre del material precipitado.

Cada avenida máxima extraordinaria erosiona el lecho del cauce y lo vuelve a formar en un ciclo constante (por ejemplo, la raya formada en el Cerro Grande, donde actualmente se instaló una serie de focos sostenida por postes formando una cruz). En este tipo de cauces el escurrimiento es menor, una parte significativa del agua de escurrimiento se infiltra en el talud de la sierra. Entonces, los taludes, dependiendo de la porosidad primaria o secundaria, pueden ser las zonas de recarga o contribuir con la formación de las avenidas máximas extraordinarias que inundan las partes planas de los valles, de vez en vez.

Los escurrimientos en la parte de la sierra, ya sea alta o baja, dependen del tipo de roca que esté aflorando. En términos generales la roca se encuentra fracturada por efectos del intemperismo mecánico, descrito antes. La roca madre, en términos generales, tiene muy baja porosidad primaria. Las rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias suelen tener porosidad primaria muy restringida. La porosidad secundaria, o fracturada, suele ser significativa en todas las rocas, especialmente en los primeros metros de la superficie del terreno. Algunas veces el fracturamiento puede ser de decenas de metros.

En términos generales esta porosidad secundaria de la parte alta de las sierras suele estar obstruida, tapada o rellenada con material arcilloso, producto de la descomposición de la misma roca, sobre todo en la parte más superficial. Esto permite que el agua de lluvia pueda ser desplazada por la gravedad de manera expedita. En las pendientes dominantes sobre la sierra no hay oportunidad para que el agua se infiltre, ya que prácticamente el total del agua de lluvia que no se evapora escurre pendiente abajo. La clasificación del escurrimiento según el INEGI indica que hay tres zonas de escurrimiento: la de fuerte escurrimiento, la de lento escurrimiento y la que no presenta escurrimiento, donde hay estancamiento.

La zona intermedia formada por la coalescencia de los abanicos aluviales es donde el proceso de lixiviación se lleva a cabo. El agua lixivia las especies minerales de los granos. Las especies minerales quedan en solución y son transportadas, ya sea durante la escorrentía o durante el proceso de infiltración. Se hace énfasis en que, durante el trayecto por el cauce, el agua de escorrentía pasa un tiempo en la superficie del cauce y otro atravesando la arena y grava que está acumulada en el lecho del cauce. Estos tramos pueden ser de metros hasta centenas de metros. Dan la apariencia de que el caudal desaparece en el arroyo para, después de un tramo de arena y grava, volver a aparecer en forma de manantial.

Este flujo de escorrentía se hace lento conforme la pendiente baja. Al mismo tiempo hace que la carga de la corriente se deposite en el lecho del cauce. Entre más material se acumule en el cauce del arroyo, el flujo se hace más lento y permite que se pueda infiltrar el agua de lluvia hasta el acuífero.

La infiltración es un proceso mecánico mediante el cual el agua de lluvia que llega al suelo penetra y pasa a través del material clástico (detrítico, fragmentario, suelto) que forma el suelo. La velocidad de percolación o infiltración está en función del tamaño de los granos del material. Entre mayor sea el diámetro de los granos mayor será la velocidad de infiltración.

Generalmente para granos grandes mayores a los 2 mm de diámetro, los poros o huecos entre esos granos son grandes y el flujo de infiltración es turbulento y arrastra las partículas de limo y arcilla. Este proceso forma cavernas que con el tiempo se agrandan y colapsan. Ejemplos de estos colapsos se encuentran en todas las latitudes del estado, por ejemplo, al norte de la ciudad de Aldama, en Delicias, en Julimes, en Ascensión, Casas Grandes, etc. En estos lugares se han generado grietas, que en ocasiones llegan a tener hasta 20 m de profundidad, de centímetros a un metro de ancho y se pueden seguir por varios kilómetros en la superficie. Estos fenómenos de agrietamiento son producidos por la infiltración del agua de lluvia con flujo turbulento a través de los materiales gruesos.

Cuando se tienen materiales finos del tamaño de la arena y del limo, el flujo del agua deja de ser turbulenta y se hace laminar. La velocidad disminuye de manera drástica. Aquí la fuerza de capilaridad frena y retiene el flujo del agua hasta casi detenerla cuando el diámetro de los granos es del tamaño de la arcilla.

La velocidad del agua a través de los materiales permite clasificar a los acuíferos en tres tipos: los acuíferos libres, los acuitardos y los acuicludos. La definición de cada uno de ellos está en función de las necesidades de los usuarios. Así, si un granjero que tiene un hato de chivas y su necesidad de agua es de 4 o 5 litros por minuto, entonces un pozo o noria que genere este gasto estará considerado como un acuífero para las necesidades de este granjero. Pero si se trata de un agricultor que requiere de un gasto de más de 60 litros por segundo para poder satisfacer las necesidades del riego, un horizonte que produzca cinco litros por minuto es insuficiente y el horizonte se considerará como un acuitardo.

Cuando el agua de lluvia se ha infiltrado a los horizontes por debajo de la superficie del terreno, tienen que atravesar varios horizontes antes de llegar al nivel freático. A esta zona se le denomina como la zona subsaturada o de aereación, donde los huecos o poros están parcialmente llenos con agua y aire.

Dependiendo de las dimensiones de los granos es el tamaño de los huecos. En los poros de las arenas muy finas, limos y arcillas, tienen dimensiones estrechas donde la fuerza de capilaridad se incrementa inversamente proporcional al tamaño de los poros. El agua atrapada en los poros se ha clasificado en tres categorías: las aguas gravitacionales, que se mueven por la fuerza de gravedad, que sí están topográficamente en alto tienden a escurrir a las partes bajas; las aguas capilares o aguas que quedan atrapadas por los meniscos que se forman en los poros de dimensiones menores al milímetro; y, finalmente, las aguas higroscópicas que son las moléculas de agua que se quedan atrapadas en la superficie de los granos por fuerzas iónicas, eléctricas, magnéticas, etcétera.

Generalmente es una zona donde se pueden acumular de diez a varias decenas de capas de moléculas de agua alrededor del grano. Por eso, en la zona subsaturada, los poros están parcialmente llenos con agua y aire. Esta conformación hace que el flujo del agua, aunque exista una columna de agua grande, sea de carácter laminar. El flujo está atrapado por todas esas fuerzas, que le impiden que penetre con mayor velocidad. La velocidad de infiltración está en función del tamaño de los poros y es independiente de la cantidad de agua que se encuentre disponible para infiltrarse.


ACETILENO
AIRE
GBC
GF 5000
Graphite Furnace


FV

Esta es una de las causas por las que los acuíferos no sufren cambios significativos cuando se dan años muy lluviosos, porque la cantidad de agua que se infiltra es igual a la cantidad de agua que se podría infiltrar en años poco lluviosos. Esa es la gran dificultad que existe cuando se trata de provocar una infiltración inducida en ciertos lugares no apropiados, como ha ocurrido en los experimentos hechos en la UACH, 2015. Las técnicas de las que se hablará posteriormente solo se mencionarán.

Existen pozos de inyección en los cuales se inyecta el agua, pero en los horizontes poco permeables la saturación se alcanza rápidamente y no fluye más, hasta que se encuentra con un horizonte lo suficientemente permeable que permita el paso del agua a mayor velocidad. Hay que recordar que el tamaño de los granos que componen el material permiten la formación del flujo laminar o turbulento. Tratar de infiltrar agua de lluvia desde la superficie del terreno, sin haber condiciones de tamaño y conectividad de los poros, conlleva gran dificultad.

Uno de los problemas es la obturación de los poros, si se considera que el agua de lluvia en la superficie del terreno levanta en suspensión gran cantidad de polvo y arcillas. Una acción de infiltración inducida requeriría primero de la precipitación de los sólidos suspendidos. Si se quiere generar una infiltración inducida exitosa se requiere localizar una capa u horizonte con porosidad suficiente, o al menos una estructura que tenga porosidad secundaria o fracturada.

Los arroyos, en general, siguen la orientación de las trazas de falla o zonas de debilidad de las rocas. Y corresponden a las zonas con porosidad fracturada o secundaria. Esta zona de debilidad es por donde suele escurrir el agua de lluvia, y que al mismo tiempo son las zonas de mayor capacidad de infiltración hacia el acuífero. Si se quieren tener acuíferos equilibrados o recuperados es necesario que el área de infiltración sea suficientemente grande, porque la velocidad de infiltración es lenta y está en función del área de exposición del material permeable.

Hace más de 20 años que se inició la construcción de gaviones en los arroyos del parque de Majalca en un programa piloto de la CONAFOR. Los gaviones se construyeron para desacelerar la velocidad del escurrimiento en los arroyos que bajan de los cerros hacia el arroyo principal. Al mismo tiempo, los gaviones tienen el objeto de acumular o retener los sedimentos medianos y gruesos, de manera que impiden que el suelo se pierda.

Los gaviones retienen los sedimentos, pero dejan pasar el agua. Al azolvarse los gaviones se construyen nuevos gaviones aguas abajo o aguas arriba del gavión azolvado. Al final se tiene una especie de terrazas escalonadas en cada uno de los gaviones. Al acumularse los sedimentos detrás de cada uno de los gaviones, con porosidad granular primaria, retienen gran cantidad de humedad. De esta manera el agua queda atrapada mayor tiempo en los sedimentos, en vez de escurrir de forma turbulenta por el arroyo. El agua retenida más tiempo fluye más despacio con flujo laminar, manteniendo húmedo el terreno azolvado por meses, que permite primero la infiltración y segundo el desarrollo de la flora y fauna local.

Los gaviones generan en las zonas áridas un ciclo virtuoso porque retienen suelo y el suelo retiene agua de lluvia, esa humedad genera infiltración al acuífero local y el desarrollo de la flora y fauna local. Un sistema de gaviones no se construye por completo,

se va desarrollando conforme se van azolvando paulatinamente, pero se requiere del mantenimiento constante de los gaviones construidos, así como el diseño y planeación de los nuevos gaviones por construir.

Existe mucha literatura sobre las bondades de esta estrategia de construcción de gaviones en los arroyos primarios y secundarios, así como de los arroyos de mayor nivel que forman los ríos de la región de Chihuahua. El flujo subterráneo es otro factor en el ciclo hidrológico y es el proceso que genera la existencia y recarga de los acuíferos, así como la capacidad de almacenamiento. El flujo subterráneo es la velocidad del movimiento del agua a través de la roca o material rocoso.

El flujo está en función de la interconectividad de los poros, del diámetro de los poros, de la viscosidad del líquido, de las fuerzas de capilaridad, de la fuerza de gravedad, de la presión de una columna de agua determinada, cuando es un acuífero libre o de la presión litostática cuando es un acuífero confinado. Significa que la velocidad del agua subterránea en general es del tipo laminar con valores reducidos, particularmente si se trata de una mezcla con material arcilloso. El incremento de la velocidad del flujo del agua subterránea es escaso y se requiere de periodos muy grandes para poder mover volúmenes significativos.

De manera que el hecho de que haya un año lluvioso o muy lluvioso no implica que los acuíferos se recuperen de inmediato. El primer año lluvioso generalmente solo alcanza a saturar la parte superior del suelo. Pero, al saturarse esta parte del suelo, impide que el flujo se infiltre hasta la zona de aeración. Se requiere de al menos tres años lluviosos seguidos para que el flujo de agua se pueda infiltrar hasta el nivel freático.

La cantidad de agua que se infiltra, manteniendo la humedad del suelo en un tiempo determinado, es el mismo volumen que puede fluir por efecto de la gravedad hacia el nivel freático. De la misma forma, corresponde a la velocidad con la que el agua fluye hacia los pozos de extracción.

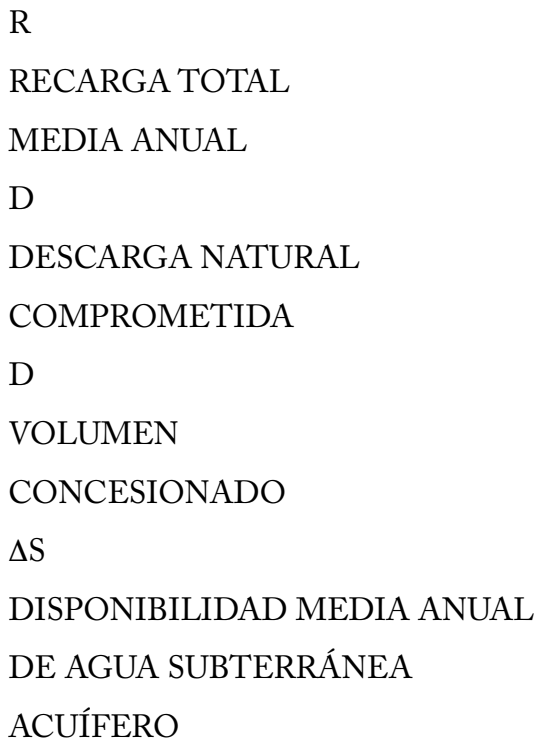
Así que, si se tiene un periodo de sequía de cuatro o cinco años seguidos, los pozos siguen dando el mismo gasto, ya que el agua está almacenada en el acuífero y está fluyendo hacia el pozo de extracción. Entonces, independientemente de los periodos de sequía, los acuíferos siguen aportando la misma cantidad de agua. Sin embargo, si la concentración de pozos en un área es alta, el resultado es un exceso de extracción, donde los conos de abatimiento se traslapan produciendo un descenso significativo del nivel freático, muy difícil de restablecer. El nivel del agua en los pozos es cada vez más profundo debido a la falta de planeación de la extracción del agua subterránea.

Recapitulando, se requiere describir los conceptos más generales para entender los factores del ciclo hidrológico. Acuífero es una formación geológica, parte de una formación o grupo de formaciones que contienen suficiente material permeable y saturado para proporcionar cantidades significativas de agua a los pozos y a los manantiales. En los acuíferos el agua subterránea fluye desde las áreas de recarga en las partes altas del terreno hacia las áreas de descarga, situadas en las partes bajas, topográficamente hablando, que pueden estar en el fondo de un cañón o en la intersección de un contacto impermeable o estructura geológica.

El cambio en el nivel del espejo del agua en un acuífero está determinado por el principio de la CONSERVACIÓN DE LA MASA. Es decir, que, si el nivel

freático solo cambia en el espacio pero no cambia en el tiempo, se dice que el acuífero se encuentra en ESTADO ESTACIONARIO. En el régimen de flujo estacionario, la suma de los caudales de entrada (denominada recarga R) al acuífero es igual a la suma de los caudales de salida (denominada descarga D). Donde la resta de la recarga menos la descarga es igual a cero, no cambia, por eso se le llama estado estacionario: R – D = 0.

El método para determinar la disponibilidad de aguas subterráneas es restar al volumen de recarga los volúmenes de descarga natural a través de los manantiales y la descarga artificial a través de los pozos, como se muestra en la figura siguiente:



Pero, si los niveles freáticos cambian con el tiempo, se dice que el acuífero se encuentra en ESTADO TRANSITORIO. En el régimen de flujo transitorio, la diferencia entre los caudales de entrada (R) y los caudales de salida (D) es igual al cambio en el almacenamiento (ΔS) del acuífero: R – D = ΔS. De manera que, si las estradas (recargas) son mayores que las salidas (descargas), el acuífero incrementa la cantidad de agua almacenada y los niveles freáticos se elevan. Pero, si las entradas (recargas) son menores que las salidas (descargas), se reduce la cantidad de agua almacenada en el acuífero y los niveles de agua descienden o se abaten a mayor profundidad.

Un concepto en la administración de acuíferos que se ha usado ampliamente en México y del que se ha abusado en los últimos 100 años es el de: "RENDIMIENTO SEGURO". De hecho, da terror el solo oír el concepto de "Rendimiento seguro" por lo que eso implica en el ambiente y su relación con la población en zonas áridas. La idea del "Rendimiento seguro" se expresa generalmente como la magnitud de la extracción

que es menor o igual que la recarga del acuífero, es decir que se pretende mantener un estado estacionario de los acuíferos. Si se perfora un pozo, el efecto inmediato es el abatimiento del manantial. Generalmente la descarga natural del acuífero corresponde a la recarga natural del mismo.

Pero... Grandes volúmenes de agua almacenada en el acuífero se desaprovechan si no se bombean en exceso a la recarga, al menos durante algún tiempo, que puede ser muy largo. Es decir, se requiere hacer un espacio o vaciar una parte del acuífero para que la recarga tenga un lugar a dónde ir a almacenarse y no salga de inmediato en forma de manantiales. En el estado estacionario el acuífero se encuentra al 100% y toda la recarga sale como descarga a través de los manantiales. Y lo que se pretende es aprovechar los grandes volúmenes almacenados en el acuífero, ¡así de simple!

Pero... Un exceso en el bombeo de agua subterránea, aun cuando conduzca a un nuevo estado de equilibrio, reducirá por lo general la descarga natural del acuífero. Eso significa que la extracción de agua cambiará abatiendo los niveles freáticos del acuífero y los manantiales se verán afectados al disminuir sus flujos. ¿Por qué...? Porque como lo señaló Theis: "Un nuevo estado de equilibrio dinámico se alcanza solo mediante un incremento en la recarga (recarga inducida), un decremento en la descarga, o una combinación de los dos efectos". A la suma del incremento en la recarga natural e inducida y el decremento en la descarga ocasionados por el bombeo en pozos se le llama "CAPTURA".

Al respecto, Bredehoeft acota: "Por lo general, la recarga queda determinada por la precipitación pluvial y no cambia con la explotación del acuífero". Es decir que independientemente de la cantidad de extracción de agua que se haga, la recarga seguirá ocurriendo con la misma velocidad, no cambia. Y solo ocurrirá mientras esté disponible el agua en la superficie del terreno. Y dice: "Comúnmente, la descarga natural es lo que cambia y hace posible que el acuífero alcance un equilibrio". De modo que "La captura de la descarga natural es lo que generalmente determina la magnitud del aprovechamiento sostenible".

Además, en esta línea de pensamiento se puede decir que el bombeo no tiene qué exceder a la recarga para que las corrientes superficiales no se agoten. Con mucha frecuencia se encuentra que los flujos superficiales se agotan mucho antes de que el bombeo alcance la magnitud de la recarga. Pero bajo el nuevo paradigma de la conservación de una descarga natural mínima, que en los últimos 15 o 20 años se han puesto de moda.

Estos flujos base también son conocidos como los "caudales ecológicos", los cuales se propusieron para el río Conchos específicamente, se comprometieron organizaciones gubernamentales (CNA), privadas (distritos de riego) y ONG para darle vida al festejo del "Día del Río". Los beneficios en el río serían para las áreas riparias en general y para la vegetación freatofita y manantiales asociados a la planicie de inundación del río.

¿Qué pasa que no se comprende el proceso? Estaríamos en una situación disyuntiva, si extraemos el agua con pozos la consecuencia sería la desaparición del flujo de los manantiales, arroyos y ríos. ¿Entonces... en qué quedamos? ¿Se puede o no se puede? Sucede que: A la luz del nuevo paradigma de los caudales ecológicos o flujos base de los arroyos y ríos, ni el criterio de "Rendimiento seguro" basado en la magnitud de la recarga (tanto se infiltra, tanto se puede disponer), ni el criterio

de "aprovechamiento de los grandes volúmenes de agua almacenada" (existe un enorme volumen de agua en estado estacionario que puede aprovecharse para beneficiar alguna actividad económica), mantienen su vigencia.

Y ¿qué hacer? A continuación se sugiere una serie de pasos o etapas en las que se podría identificar la situación real, el problema al que se está enfrentando y, por supuesto, las posibilidades y alcances de las medidas que se pueden tomar para mantener vigentes a los acuíferos de Chihuahua.

Uno: Instalar a la brevedad estaciones de aforo y pozos de monitoreo para generar un diagnóstico de la situación actual real de los acuíferos y no estar especulando sobre el potencial y la capacidad de extracción o disponibilidad de agua en ellos, al grado tal de que en un acuífero supuestamente sin disponibilidad desde hace 20 años se siguen autorizando extracciones y el acuífero sigue vigente. Si la extracción se hiciera planeada sería mucho más eficiente y eficaz.

Dos: Definir los caudales ecológicos, los volúmenes o gastos involucrados, así como la periodicidad de ellos, a qué o a quién se quiere llegar con el flujo base y qué impacto se quiere tener.

Tres: Construir un modelo de simulación hidrodinámica especializado en el cálculo de la "captura" del agua, según se explicó antes. Teniendo las mediciones del primer punto se puede modelar la diferencia entre las recargas y las descargas, teniendo valores, o al menos dando idea de los volúmenes involucrados y la distribución espacial para la disponibilidad específica en cada uno de los acuíferos.

Cuatro: Determinar la ubicación y el caudal de bombeo de los nuevos pozos de acuerdo con su impacto simulado en el modelo. La distribución espacial de los nuevos pozos será de tal manera que tenderá a mantener un nuevo equilibrio dinámico del acuífero, evitando el deterioro en cantidad y calidad del volumen de agua disponible.

Cinco: Perfeccionar continuamente el modelo de simulación hidrodinámica en cada uno de los acuíferos, de manera que se pueda predecir el comportamiento del acuífero a futuro inmediato y mediato. Este perfeccionamiento se hará con la información que se esté generando al estar explotando los pozos antiguos y nuevos dentro del acuífero.

Pero, ¿y si el acuífero… ya no tiene agua capturable y sus niveles piezométricos exhiben un abatimiento persistente –como es el caso de los acuíferos en las ciudades de Chihuahua y Juárez–? ¿Qué se hace? Bueno se tienen dos alternativas que se han estado llevando a cabo desde hace 20 años, cuando se planteó por primera vez la Ley Estatal de Aguas de Chihuahua. A continuación, se describen:

Alternativa uno: No se hace nada. Desventajas de la alternativa uno:

1. Incremento en los costos del bombeo porque el abatimiento se incrementa constantemente con el tiempo y muchas de las norias se secan.

2. Reducción en los gastos de los pozos, al traslaparse los conos de abatimiento los pozos reducen la cantidad de agua y se requiere que se profundicen para lograr un tirante mayor.


GAS L.P.
AGUA POTABLE
Thermo
SCIENTIFIC
ORION STAR A321
f1
f2
f3
setup
measure
hold
mode
log/print



3. Inutilización de obras de captación, tanto someras como las norias, y galerías filtrantes como las obras profundas, como los pozos, que tienen que profundizarse o reubicarse porque cuando los pozos llegan a arrastrarse (el nivel dinámico llega al nivel de la bomba y ya no puede extraer más), o bien el material fino se incrementa y se azolva hasta llegar al nivel de la bomba, empieza a extraer arena a la superficie.

4. Deterioro de la calidad del agua al extraerla de mayor profundidad (entre más tiempo de residencia tenga el agua subterránea tiene más tiempo de interacción de agua-roca que genera la lixiviación de los granos de roca y por lo tanto se incrementan los sólidos totales disueltos en el agua subterránea; a mayor profundidad mayor tiempo de residencia del agua en el acuífero).

5. Asentamientos del terreno, al extraer exceso de agua y abatir el nivel freático se generan compactaciones diferenciales provocando grietas y hundimientos localizados puntualmente en sitios cuya composición sea arcillosa-limosa. Este problema se agudiza en los pozos que están sacando arena y limo, al grado que pueden colapsarse los pozos y dejarlos inservibles.

6. Impactos socioeconómicos adversos y problemas de tipo legal. Al dejar de funcionar el pozo, la disponibilidad de agua se acaba, por lo tanto, ya no se puede emplear en las actividades agropecuarias derivando todo tipo de problemas.

Una ventaja de la alternativa uno, la de no hacer nada, dejarlo como está y que el siguiente gobernante se encargue de darle seguimiento: Es cómoda. Es más fácil culpar a otros de su acción que a nosotros de omisión. Si en este momento se soslaya el problema que se tiene de la disponibilidad de agua en el estado por más de 20 años, no pasa nada, es el clima, el cambio climático.

Pero si se inician con algunas medidas o proyectos, primero cuentan mucho y los resultados no son inmediatos, no es una acción política viable y si se llegara a hacer, los primeros resultados probablemente irán en la dirección de algunas medidas de restricción en cuanto al uso y distribución del agua. De igual forma serán acciones poco populares, pero se asegurará la disponibilidad del agua a un mayor plazo.

Pero en este momento crucial de la vida de Chihuahua ¿qué se puede hacer? Primero, y antes de cualquier cosa… Tomar al toro por los cuernos. El gobierno del estado soslaya estos problemas y deja que el gobierno federal los resuelva. Claro, la CONAGUA en Chihuahua atiende todos los problemas relacionados con la disponibilidad, permisos, vigencias, vedas, prohibiciones y demás problemas del agua en el estado. Pero la delegación de la CONAGUA es tan insuficiente y pequeña que le es imposible atender toda la problemática estatal. Por muy capaces que sean los técnicos de la CONAGUA, la cantidad de problemas que atienden y los pocos recursos con los que cuentan hacen imposible cualquier acción.

Por mencionar solo uno de los problemas, la situación actual de la problemática con los menonitas se le achacan a la corrupción del nivel federal, y aquí, a nivel local, no se hace nada. Pero, nos afecta a nosotros aquí a nivel local. Y no nos hacen caso, pero cuando el gobierno federal (en tiempos de Fox) propuso que los gobiernos de los estados se hicieran cargo de la problemática de disponibilidad de agua por ser un rubro estratégico y de seguridad nacional, los gobiernos locales no aceptaron. Era

como aceptar el mundo de problemas, particularmente aquí en Chihuahua. Bueno, es que sí queremos que nos tomen en cuenta ¡pero no tanto!

Sí se quiere meter la cuchara en problemas como el de los menonitas, para exigir el laudo en alguna dirección, pero, eso de que se tenga que decidir localmente sobre el problema es cosa muy diferente. La población completa se echaría encima del gobierno local, mejor que se queden las decisiones allá lejos en el gobierno federal. Entonces… ¿Cuál sería la recomendación para iniciar con la solución de la disponibilidad del agua en Chihuahua? Puntualmente se tendría que:

1.Determinar las profundidades máximas económicas para la explotación del agua subterránea en este momento. Aunque ya se está perforando a casi los 1000 metros.

2. Establecer una red de estaciones de aforo para las aguas superficiales, con equipo de medición en tiempo real.... Y una red de pozos de monitoreo hidráulico y químico estratégico para los principales acuíferos del estado.

3. Construir modelos hidrodinámicos de los acuíferos en los que haya suficiente información y los demás en cuanto se vaya generando dicha información. Así como la construcción de modelos hidroeconómicos que permitan simular las distintas alternativas de explotación y evaluar la relación beneficio-costo de cada una de ellas.

4. Elaborar un plan estatal hidráulico con base en los resultados de los estudios hidrológicos, estudios hidrogeológicos y de modelación matemática. El agua requiere de un manejo científico. Porque la construcción de presas por ocurrencias o beneficiar a los compadres o la autorización de perforación de pozos en áreas sensibles empeorarán la problemática de disponibilidad del agua.

Pero no todo es ciencia, al ser el agua un asunto de seguridad nacional. Se requiere adoptar el esquema más adecuado y eficiente para su administración. Esto implica abandonar la visión centralizada de la administración del agua. Otra vez, se requiere que las decisiones sobre la problemática del agua se decidan localmente. Aquí localmente se conoce mejor la situación de la problemática y se puede actuar con mayor justicia y menor tiempo.

Pero, ¿para qué le mueven, si así estamos bien? Síganle echando la culpa a la CONAGUA, ellos son los responsables de todos los errores que se cometen en asuntos del agua en Chihuahua. Los enfoques modernos de administración requieren que los estados y municipios se encarguen (en coordinación con la federación) de la planeación hidráulica y la gestión integral del agua. Y, sobre todo, ciudadanizar la toma de decisiones.

La coordinación de los distintos niveles de gobierno y los sectores de usuarios es condición *sine qua non* para el buen manejo del recurso. El agua es un recurso estratégico para el bienestar de los chihuahuenses y para el desarrollo socioeconómico del estado. Nuestro futuro depende del agua, así que la pregunta para resolver el problema es: ¿La vamos a manejar nosotros aquí en Chihuahua o vamos a seguir dejando que nos hagan la tarea (a veces bien) desde el centro (CONAGUA)?

¡Ustedes tienen la palabra!



FV



Caminar la cuenca

Fernando Valdés

Conocí a Víctor en noviembre de 2014 en la presentación del libro Cumbres de Majalca. Intercambiamos tarjetas de presentación y me llamó la atención enormemente el nombre de la asociación que él preside, "Fundación para la Conservación del Río Conchos, A. C.", lo que me dejó con una gran inquietud. Después de haber platicado con él por teléfono en cuatro ocasiones en relación con la posibilidad de elaborar un libro del río Conchos y habernos entusiasmado, finalmente en julio de 2015 decidimos que nos debíamos reunir para hablar en firme, empezar a organizar ideas, y tomar algunas acciones que nos llevaran al arranque del proyecto.

Víctor se aplicó a estructurar el concepto del libro en relación con el tema de cada capítulo y quienes serían los invitados para su redacción, así como estimar el apoyo económico para los escritores de cada capítulo. Yo tuve por tarea estimar el tamaño de un posible libro para cotizarlo, costos de diseño y fotografía, lo que nos daría un estimado del importe del proyecto. Ya con una idea clara del alcance, visitamos posibles patrocinadores sin haber obtenido el apoyo esperado. Finalmente obtuvimos un recurso económico, que nos sirvió para dar inicio con la toma de fotografías de toda la cuenca del río.

Víctor como guía, y yo como fotógrafo, hicimos varios viajes desde el nacimiento del río en Bocoyna hasta su encuentro con el río Bravo en Ojinaga. Estos viajes nos mostraron la infinidad de rostros que tiene el río en sus casi 800 km en todo su trayecto, presas, cañones, puentes colgantes, pesca local, bosque, planicies, agricultura, tramos con agua en abundancia y tramos con escasez, algunos lugares de una belleza indescriptible y lugares que nos provocaron una gran tristeza al observar descargas residuales y aguas negras como parte del trayecto del río o de sus afluentes.

Espero haber contribuido con mi trabajo de fotografía en un tema de vital importancia para nuestro estado como lo es la concientización del cuidado del agua, ese tesoro líquido que origina vida, alimenta, riega, produce y enriquece, por lo que su

conservación es un tema que nos concierne a todos. El hombre busca agua en otros planetas y nosotros aquí en la tierra la malgastamos. Es un levantamiento fotográfico que me produce además una gran satisfacción y, como proyecto, agradecimiento con todos aquellos que se involucraron de manera desinteresada y profesional al apoyarnos con su trabajo de forma incondicional para la realización de esta aportación.



Autorretrato.



Bibliografía

I. Algunos grupos indígenas de Chihuahua hoy desaparecidos

Siglas y abreviaturas convencionales:

AGI: Archivo General de Indias.

AGN: Archivo General de la Nación.

AHMP: Archivo Histórico del Municipio de Parral.

ENAH: Escuela Nacional de Antropología e Historia.

INAH: Instituto Nacional de Antropología e Historia.

INI: Instituto Nacional Indigenista.

BPEJ: Biblioteca Pública del Estado de Jalisco.

NdA: Nota del autor.

Material de archivo:

AGI, Guadalajara 63, Evia y Valdés al Rey, Durango, 3 de marzo de 1653.

AGI, Guadalajara 68, Informe a su magestad por Diego de Medrano, cura de Durango, 1660.

AHMP, 1679 a. Autos para que se manifiesten los indios apaches.

BPEJ, ff, V. 30, 1693, pp. 63-73. Carta de Fray Antonio Baga, al provincial franciscano Fr. Antonio de Avellaneda, sobre los estragos de los tobosos en la misión de Nadadores, desprotegida de los soldados.

Bibliografía

Almada, Francisco R. *Diccionario de Historia, Geografía y Biografía Chihuahuenses*. Ciudad Juárez, Departamento de Investigaciones Sociales, Sección de Historia, Universidad de Chihuahua, 1961.

Alvarez, Salvador. "Agricultores de paz y cazadores recolectores de guerra. Los tobosos de la Cuenca del Río Conchos de la Nueva Vizcaya", En: *Nómadas y sedentarios en el*

norte de México. Homenaje a Beatriz Braniff. México, Instituto de Investigaciones Antropológicas, Instituto de Investigaciones Estéticas e Instituto de Investigaciones Históricas, UNAM, 2000.

Bennett, Wendell C. y Robert M. Zingg. *Los tarahumaras, una tribu india del norte de México.* (Col. INI No. 6), México, Instituto Nacional Indigenista, 1978.

Cramaussel, Chantal. *Poblar la frontera. La provincia de Santa Bárbara en Nueva Vizcaya durante los siglos XVI y XVII.* México, El Colegio de Michoacán, 2006.

Escárcega, Alfonso. *La fundación de la valerosa, leal y hospitalaria ciudad de Chihuahua.* Chihuahua, Centro Librero La Prensa, S.A. 1976.

González Rodríguez, Luis. "Los tobosos. Bandoleros y nómadas. Experiencias y testimonios históricos (1853-1849)". En: *Nómadas y sedentarios en el norte de México.* Homenaje a Beatriz Braniff. México, Instituto de Investigaciones Antropológicas, Instituto de Investigaciones Estéticas e Instituto de Investigaciones Históricas, UNAM. 2000.

Griffen, William B. *Culture Change & Shifting Population in Central Northern Mexico.* (Anthropoligical Papers 33), Tucson, The University of Arizona Press, 1969.

-------- *Indian assimilation in the Franciscan Area of the Nueva Vizcaya.* Tucson, The University of Arizona Press, 1979.

Guevara Sánchez. Arturo. *Los conchos. Apuntes para su monografía.* Chihuahua, Unidad de Servicios Educativos, SEP; INAH, Centro Regional. 1985.

Lumholtz, Carl. *El México desconocido.* Chihuahua, Ayuntamiento de Chihuahua, 1994.

Neumann, José. "Introducción". *Historia de las sublevaciones Indias en la Tarahumara.*

Introducción y notas de Bohumir Roedl. Praga, Universidad Carolina, 1994.

Porras Carrillo, Eugeni. *Los warijó de Chihuahua.* Chihuahua, ENAH Chihuahua, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, 2002.

Porras Muñoz, Guillermo, *Iglesia y Estado.* México, Instituto de Investigaciones Jurídicas, UNAM, 1980.

--------*La frontera con los indios de Nueva Vizcaya en el siglo XVII.* Chihuahua, Secretaría de Educación y Cultura del Gobierno del Estado de Chihuahua, 2006.

Reyes Landa, Ma. Luisa y Arturo Guevara Sánchez. *En el viejo camino a Chiguagua. Avances en el estudio de la cultura de tobosos y grupos afines.* Torreón, Instituto Chihuahuense de la Cultura, 2008.

Valdés, Carlos Manuel. *La gente del mezquite. Historia de los pueblos indígenas de México.* México, CIESAS, INI, 1995.

Zepeda, Nicolás de. "Relación de lo sucedido en este reino de la Nueva Vizcaya, 1645". *Documentos para la Historia de México.* México, Imprenta de Vicente García Torres, 1857.

II. Caracterización de la cuenca

Bibliografía

Durán G., Jesús Roberto. Chihuahua. El vital líquido a través de los tiempos, UACH, 1995.

Athie Flores, Kamel. El agua de México y Chihuahua. MAPorrúa, México, 2015

CONAGUA –- Gobierno del Estado de Chihuahua. Programa Hidráulico Gran Visión Chihuahua 1996 – 2020. CONAGUA - SEMARNAT. México, D.F, 1997.

Chihuahua, tierra de contrastes geográficos. Robert H. Schmidt. En Historia General de Chihuahua I. Gobierno del Estado de Chihuahua/UACJ, 1992.

Atlas del medio físico, biótico y ambiental del estado de Chihuahua. SEMARNAT/ Gobierno Federal, 2012.

Los peces del río Conchos. WWF/Fundación Gonzalo Río Arronte. Gobierno del estado de Chihuahua, 2009.

Ortega Gaucin, David. Reglas de operación para el Sistema de riego 005 Delicias Chihuahua, México. Instituto del Agua del estado de Nuevo León, 2011.

Kelly Mary E., 2001. El río Conchos: un informe preliminar.
http://www.texascenter.org
www.inegi.org.mx

IV. Escenarios del agua ante el cambio climático

Bibliografía revisada

Bates, B.C., Z.W. Kundzewicz, S. Wu y J.P. Palutikof, Eds., 2008: El Cambio Climático y el Agua.

Documento Técnico del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, Secretaría del IPCC, Ginebra, 224 págs. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Disponible en la red.

CONAGUA, 2011. Acuerdo por el que se da a conocer el resultado de los estudios técnicos de la Región Hidrológica número 24 Bravo-Conchos. Disponible en la red en: http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5192916&fecha=02/06/2011.

CONAGUA, 2012. Atlas Digital del Agua México. Disponible en la red en: http:// www.conagua.gob.mx/atlas/usosdelagua32.html. Fecha de la última revisión 18 enero, 2016.

CONAGUA, 2006. El agua en la agricultura. Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). Disponible en la red: ftp://ftp.consejosdecuenca.org.mx/pub/downloads/CNA/Dir_Gral/Tema_8.pdf

De la Maza Benignos, M., editor. 2009. Los Peces del Río Conchos. Alianza WWF - FGRA y Gobierno del Estado de Chihuahua. Disponible en la red en http://www.wwf.org.mx/que_hacemos/desierto_chihuahuense/publicaciones/

IPCC, 2013. Cambio Climático 2007: Bases físicas, Informe de trabajo I. Disponible en la web en http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/ch10s10-es-4-precipitation-extremes.html Última visita, 20 enero 2016.

Jiménez, G., 2002. Uso agrícola del agua en la cuenca del Río Conchos.

Kelly, M. 2002, El Río Conchos: Un Estudio Preliminar. Disponible en la red www.texascenter.org/publications/spaconchos.pdf

King, J. M., and D. Louw. 1998. Instream flow assessments for regulated rivers in South Africa using the Building Block Methodology. Aquatic Ecosystems Health and restoration 1:109-124.

King & Tharme, 1994. Assessment of the Instream Flow Incremental Methodology and initial development of alternative instream flow methodologies for South Africa & Instream flow assessments for regulated rivers in South African using the Building Block Methodology.

Tharme R.E. 1996. Review of international methodologies for the quantification of the instream flow requirements of rivers. Water law review final report for policy development, for the Department of Water Affairs and Forestry. Pretoria, SA, Freshwater Research Unit, University of Cape Town. 116 pp.

Landa R., V. Magaña, C. Neri, 20018. Agua y clima: elementos para la adaptación al cambio climático.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Centro de Ciencias de la Atmósfera, Universidad Nacional Autónoma de México. Disponible en la red en: http://www.escueladeadministracionpublica.df.gob.mx/gird2014/images/AGUA_y_CLIMA_Elementos_para_la_adaptacion_al_Cambio_Climatico.pdf

Miistakis Institute, 2015. Adapting to Water Scarcity A Summary Report from Adapt-action – An Online Tool to Help Alberta Municipalities Become More Climate Resilient. Prepared by the Mount Royal University 4825 Mount Royal Gate SW Calgary, AB. T3E 6K6.

Gutierrez, M., P. Borrego, 1999. Water quality assessment of the Rio Conchos, Chihuahua, Mexico.

Environment International 25(5):573-583 · June 1999.

Lubchenco, J. 1998. Entering the Century of the Environment: A New Social Contract for Science. Science 23. Vol. 279, Issue 5350, pp. 491-497.

Pahl-Wostl, 2007. Transitions towards adaptive management of water facing climate and global change.

Water Resources Management 21:49-62.

Raynal Villaseñor J. A., Rodríguez-Pineda J. A., 2008. Posibles escenarios del impacto del cambio climático en la cuenca del Río Conchos, México. Proceedings of the XX Congreso Nacional de Hidráulica, Toluca, Estado de México. Asociación Mexicana de Hidráulica.

Rubio-Arias H., C. Quintana, J. Jiménez-Castro, R. Quintana. Gutierrez, 2014. Contamination of the Conchos River in Mexico: Does It Pose a Health Risk to Local Residents? International Journal of Environmental Research and Public Health.

Silva-Hidalgo H., R. Moreno-Lara, 2012. Efecto de la escala temporal en la determinación de escurrimientos naturales: El caso de la cuenca del Río Conchos. XXII Congreso Nacional de Hidráulica Acapulco, Guerrero, México, noviembre 2012.

Smith B, J. Wandel, 2006. Adaptation, adaptive capacity and vulnerability. Global Environmental Change, V. 16, Issue 3, August 2006, Pages 282-292.

Bates, B.C., Z.W. Kundzewicz, S. Wu and J.P. Palutikof, Eds. Technical Paper VI: El Cambio Climático y el Agua.

IPCC Secretariat, Geneva, 210 pp. June 2008. Disponible en la red https://www.ipcc.ch/pdf/technical- papers/ccw/ccw%20sp/cover_sp.pdf. Última visita feb 2016.

Carreón H. E., A. Lafón T., A. Valerio V., E. Favela T., J. R. Rodríguez S., P. Calderón D., D. M. Soto V. 2005.

Identificación de sitios críticos para la salud de ecosistemas dulceacuícolas de la Cuenca Río Conchos.

Informe Técnico Final. Convenio KE45. Protección de la Fauna Mexicana, A.C. en colaboración con World Wildlife Fund. Chihuahua, México.

Raynal Villaseñor J. A., J.A. Vázquez G. R. Durán O., J. A. Rodríguez P., 2009. Posibles Impactos del Cambio Climático Global en la Evapotranspiración Potencial y en la Deficiencia en el Contenido de Humedad del Suelo en Tres Cuencas Hidrológicas de México. Revista Electrónica Ciencia Latinoamericana. Vol. 1, No. 1.

WWF, 2008. Análisis de cambios multitemporales en la Ecoregión Desierto Chihuahuense. Programa del Desierto Chihuahuense. Convenio KE 40: Editores Protección de la Fauna Mexicana A.C. (PROFAUNA).

WWF, 2008. Escenarios del agua 2015 – 2030 en la cuenca del Río Conchos: Acciones para un desarrollo ambientalmente sostenible. WWF-México, Programa Agua. Convenio XXX. Editores V. Trueba y J. Goicoechea. http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5192916&fecha=02/06/2011

LOS LÍMITES DE LA CUENCA DEL RÍO CONCHOS.docx

VI. Desierto chihuahuense

Literatura CitadaAnderson, R.S. y T.R. Van Devender. 1991. Comparison of pollen and macrofossils in packrat (*Neotoma*) middens: A chronological sequence from the Waterman Mountains of southern Arizona, U.S.A. Rev. Palaeobot. and Palynology 68: 1-28.

Axelrod, D.I. 1983. Biogeography of oaks in the Arcto-Tertiary province. Ann. Missouri Bot. Gard 70: 629-657.

Barrows, C. W., H. Gadsden, M. Fisher, C. García-De la Peña, G. Castañeda, y H. López-Corrujedo. 2013. Patterns of lizard species richness within National Parks and Biosphere Reserves across North America's deserts. Journal of Arid Environments 95:45-48.

Brown, D.E. 1984. Biotic communities southwestern United States and northwestern Mexico. Salt Lake City: University of Utah Pr. 342 p.

Challenger, A. 1998. Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México. Pasado, presente y futuro. CONABIO, Instituto de Biología, UNAM, Agrupación Sierra Madre, A. C. México, D. F.

De la Maza Benignos, M., editor. 2009. Los Peces del Río Conchos. Alianza WWF-FGRA y Gobierno del Estado de Chihuahua.

_____--------. y L. Vela-Valladares. 2009. "*Cyprinodon julimes sp. nov*". Los Peces del Río Conchos (editor: De la Maza-Benignos, M.). Alianza WWF - FGRA y Gobierno del Estado de Chihuahua. 197 pp.

Dinerstein, E., D. Olson, J. Atchley, C. Loucks, S. Contreras–Balderas, R. Abell, E. Iñigo, E. Enkerlin, C. E. Williams y G. Castilleja (eds.). 1999. Ecoregion–based conservation in the Chihuahuan Desert: a biological assessment and biodiversity vision. World Wild Fund, Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad, Pronatura A.C. e Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. Washington, D.C. USA. 489 pp.

Gadsden, H.E., H. López-Corrujedo, J.L. Estrada-Rodriguez, y U. Romero-Méndez. 2001. Biología poblacional de la lagartija de arena de Coahuila *Uma exsul* (Sauria: Phrynosomatidae): implicaciones para su conservación. Bol. Soc. Herpetol. Mex. 9(2): 51-66.

_____--------, J. L. Estrada-Rodríguez, y R. Garza-Torres. 2005. Herpetofauna del Río Chuviscar. Bol. Soc. Herpetol. Mex. 13(1):11-23.

_____--------., J. L. Estrada-Rodríguez, y S. V. Leyva-Pacheco. 2006. Checklist of amphibians and reptiles of the "Comarca Lagunera" in Durango-Coahuila, Mexico. Bull. Chicago Herp. Soc. 41(1): 2-9.

García-Vázquez, U.O., L. Canseco-Márquez y A. Nieto-Montes de Oca. 2010. A New Specie of *Scincella* (Squamata: Scincidae) from Coahuila, Mexico. Copeia. 2010:373-381.

Gentry, A. H. 1982. Neotropic floristic diversity: Phytogeographical connections between Central and South America, Pleistocene climatic fluctuations or an accident of the Andean orogeny?. Ann. Missouri Bot. Gard 69(3): 557-593.

Hernández-Macías, H. 2006. La vida en los desiertos mexicanos. Colección: La Ciencia para Todos 213. Fondo de Cultura Económica, México, D.F.

Lehmann, C., D.A. Osleger, I.P. Montanez, W.V. Sliter, A. Arnaud-Vanneau, y J. L. Banner. 1999. Evolution of Cupido and Coahuila carbonate platforms, Early Cretaceous, northeastern Mexico. Geological Society of America Bulletin 111(7):1010-1029.

Lemos-Espinal, J. A. y H. M. Smith. 2007a. Anfibios y Reptiles del Estado de Chihuahua, México/Amphibians and Reptiles of the State of Chihuahua, Mexico. CONABIO, México. 613p.

_____-------- y H. M. Smith. 2007b. Anfibios y Reptiles del Estado de Coahuila, México/Amphibians and Reptiles of the State of Coahuila, Mexico. CONABIO, México. 613 pp.

Mendoza–Quijano, F., A. González-Alonso, E.A. Liner y R.W. Bryson Jr. 2006. Una sinopsis de la herpetofauna de Coahuila. *In* Inventarios herpetofaunísticos de México: avances en el conocimiento de su biodiversidad, A. Ramírez–Bautista, L. Canseco–Márquez y F. Mendoza Quijano (eds.). Publicaciones de la Sociedad Herpetológica Mexicana 3, México, D. F., p. pp. 24–-47.

Miller, R.R. 1984. Composition and derivation of the fish fauna of the Chihuahuan Desert Region with special emphasis on their uniqueness, En: Transactions of the Symposium on the biological resources of the Chihuahuan Desert Region: United States and Mexico, National Park Service Transactions and Proceedings Series 3, U.S. Department of the Interior, pp. 335-359.

Morafka, D. J. 1977. A biogeographical analysis of the Chihuahuan desert through its herpetofauna. Biogeographica Volume IX. Dr. W. Junk B. V., Publishers, The Hague.

_____--------, G. Adest, G. Aguirre L., S.S. Liberman y L.M. Reyes. 1992. Differentiation of North American Deserts: a phylogenetics evaluation of a vicariance model. *In*: Biogeography of Mesoamerica. Proceedings of a Symposium. Mérida, Yucatan, Mexico. October 1984. S.P. Darwin y A.L. Welden, eds. Tulane University, New Orleans.

Raven, P.H. y D.I. Axelrod. 1974. Angiosperm biogeography and past continental movements. Ann. Missouri Bot. Gard. 61:539-673.

Rzedowski, J. 1975. An Ecological and phytogeographical analysis of the grasslands of Mexico. Taxon 24:67-80.

_____--------. 1978. Vegetación de México, Limusa, México, D. F.

_____--------. 1991a. El endemismo en la flora fanerogámica mexicana: una apreciación analítica preliminar. Acta Botánica Mexicana 15:47-64.

_____--------. 1991b. Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. Acta Botánica Mexicana 14:3-22

Shreve, F. 1951. Vegetation of the Sonoran Desert. Carn. Inst. Wash. Publ. 591: 1-192.

_____-------- y I.L. Wiggins. 1964. Vegetation and flora of the Sonoran Desert. Vol. 1, 2. Stanford University Press. California. U.S.A.

Shmida, A. 1985. Biogeography of the desert flora. Pp. 23-77, In M. Evenari, I. Noy-Meir, and D.W. Goodall (eds.), Hot Deserts and Arid Shrublands. Ecosystems of the World, vol. 12A. Elsevier, Amsterdam.

Sinervo, B., *et al.* 2010. Erosion of Lizard Diversity by Climate Change and Altered Thermal Niches. Science 328:894-899.

Toledo, V.M. 1988. La diversidad biológica de México. Ciencia y Desarrollo XIV (81): 17-30.

Turner, R.M. y D.E. Brown. 1982. Sonoran desert scrub, *In* D. E. Brown (ed.), Biotic communities of the American Southwest--United States and Mexico. Desert Plants 4:181-221.

Valdez-Lares, R., R. Muñiz-Martínez, H. Gadsden, G. Aguirre-León, G. Castañeda-Gaytan, y R. González-Trapaga. 2013. Checklist of amphibians and reptiles of the state of Durango, Mexico. Check List 9(4):714-724.

Van Devender, T.R. y T.L. Burgess. 1985. Late Pleistocene woodlands in the Bolson of Mapimi; a refugium for the Chihuahuan Desert biota. Quart. Res. 24:346-353.

_____-------- y W. G. Spaulding. 1979. Development of vegetation and climate in the southwestern United States. Science 204, 701-710.

Wright, J.W. y C.H. Lowe. 1968. Weeds, polyploids, parthenogenesis, and the geographical and ecological distribution of all-female species of *Cnemidophorus*. *Copeia* 1968: 128-138.

VII. Biodiversidad del Desierto Chihuahuense

Literatura recomendada.

1. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), Gob. Edo. de Chih. 2011. Estrategia Estatal para la Conservación y Uso Sustentable de la Biodiversidad en Chihuahua.
2. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 2014. La Biodiversidad en Chihuahua. Estudio de Estado. Andrea Cruz-Angón.
3. Curtin C. G., F. S. Nathan, D. L. Benjamin. 2002. Transformations of the Chihuahuan Borderlands: grazing, fragmentation, and biodiversity conservation in desert grasslands. Environmental Science & Policy (5), p 55–-68.

4. Hoth, J. 2012. Buenas prácticas ganaderas en México/Beneficial Livestock Management Practices in Mexico. Comisión para la Cooperación Ambiental de América del Norte (CCA). Montreal.

5. PMARP. 2012. Plan Maestro de la Alianza Regional para la Conservación de Pastizales del Desierto Chihuahuense. Guzmán-Aranda J.C., J Hoth, H. Berlanga (Eds.)Comisión para la Cooperación Ambiental. Montreal.

6. Unión Ganadera Regional de Chihuahua, Gob. Edo. de Chihuahua, Inst. Chihuahuense de la Cultura. 2013. CHIHUAHUA, Ganadería y Cultura del Septentrión. Pérez-Martínez S., F.J. Mancera-Valencia (Eds.).

Kelly, M. 2001. El Río Conchos: Un informe preliminar. Texas Center for Policy Studies. p. 34. http://www.texascenter.org/publications/spaconchos.pdf.

Gutierrez, M. y Borrego, P. 1999. Water quality assessment of the rio Conchos, Chihuahua, Mexico. *Environment international*, 25(5), 573-583.

Rubio-Arias, H., Quintana, C., Jimenez-Castro, J., Quintana, R. y Gutierrez, M. 2010. Contamination of the Conchos river in Mexico: does it pose a health risk to local residents?. *International journal of environmental research and public health*, 7(5), 2071-2084.

7. Hendrickson, Dean A. Bernard Kuhajda, Richard Mayden, David Neely, David Propst, Joseph Tomelleri and Ralph F. Cutter. Conservation of the Conchos Trout: a white paper on history of its discovery, report on its status, and an urgent plea for action. March 2006. http://www.utexas.edu/tmm/tnhc/fish/research/truchas_mexicanas

8. Secretaría de Gobernación –- Índices de Marginación 2000; Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal, INAFED, http://www.inafed.gob.mx

9. Shiklomanov, I.A. y Rodda, J.C., 2003, World Water Resources at the Beginning of the 21st Century. Cambridge University Press. UNESCO. Citado en CNA, 2004, Estadísticas del Agua en México, Edición 2004. México.

10. Dinerstein, E.; D. Olson, J. Atchley, C. Loucks., S. Contreras-Balderas, R. Abell, E. Iñigo, E. Enkerlin, C.E. Williams and G. Castilleja, eds. Ecoregion-Based Conservation in the Chihuahuan Desert: A Biological Assessment. 2000. World Wildlife Fund, CONABIO, The Nature Conservancy, PRONATURA Noreste and ITESM.

VIII. Conservación *in situ* del pez cachorrito de Julimes

Referencias bibliográficas

Barrios E, Rodríguez-Pineda JA, De La Maza-Benignos M (2009) Integrated river basin management in the Conchos River basin, Mexico: a case study of freshwater climate change adaptation. Climate and Development 1:249-260.

Contreras-Balderas S (2000) Annotated checklist of introduced invasive fishes in Mexico, with examples of some recent introductions. In Claudi, R. & J. H. Leach (editors). Nonindigenous Freshwater Organisms, Vectors, Biology and Impacts. Lewis Publishers: 33-54.

De la Maza-Benignos M (editor) (2009) Los Peces del Río Conchos. Alianza WWF-Fundación Gonzalo Río Arronte y Gobierno del Estado de Chihuahua, 100 pp.

De La Maza-Benignos M, Rodriguez-Pineda JA, De la Mora-Covarrubias A, Carson EW, Quiñones-Martínez M, Lavín-Murcio P, Vela-Valladares L. Lozano-Vilano ML, Parra-Gallo H, Macías-Duarte A, Lebgue-Keleng T, Pando-Pando E, Pando-Pando M. Andazola-González M, Anchondo-Najera A, Quintana-Martínez G, Zapata-López J, Banda-Villanueva IA & Ibarrola-Reyes HJ (2012) "Planes de Manejo y Programa de Monitoreo de Signos Vitales para las Áreas de Manantiales de la UMA El Pandeño; y San Diego de Alcalá en el Desierto Chihuahuense" (Management plans and monitoring program of "vital signs" of the spring areas of UMA-El Padeño and San Diego de Alcalá in the Chihuahuan Desert). Vol 1. Pronatura Noreste, A. C. (Editor). Amigos del Pandeño, A. C. 162 pp.

Carson, EW, De la Maza-Benignos, M., Lozano-Vilano, ML, Vela-Valladares, L, Banda-Villanueva, I & Turner, TF (2013). Conservation genetic assessment of the critically endangered Julimes pupfish, *Cyprinodon julimes*. Conservation Genetics DOI 10.1007/s10592-013-0548-x.

De la Maza-Benignos, M, Vela-Valladares, L, Lozano-Vilano, ML, Contreras-Balderas, A J, & Carson, EW (2014). Conservation of desert wetlands and their biotas/conservación de humedales desérticos y su biota. Vol 1. Special Publications. Museum of Southwestern Biology, Pronatura Noreste, and Universidad Autónoma de Nuevo León. http://repository.unm.edu/handle/1928/25671 (Downloaded on 29 October 2015). ISBN: 978-607-96611-0-6.

Dinerstein E, D Olson, J Atchley, C Loucks, S Contreras-Balderas, R Abell, E Iñigo, E Enkerlin, C Williams, G Castilleja (2001) Ecoregion-based conservation in the Chihuahuan Desert. A Biological Assessment. http://assets.panda.org/downloads/wwfbinaryitem2757.pdf.

Edwards RJ, Garrett GP, Marsh-Matthews E (2002) Conservation and status of the fish communities inhabiting the Río Conchos basin and middle Rio Grande, México and U.S.A. Reviews in Fish Biology and Fisheries 12:119-132.

Kim TW, Valdés JB (2002) Frequency and spatial characteristics of droughts in the Conchos River Basin, Mexico. Water International 27:420-430.

Lozano-Vilano, M. L. (2010). Cyprinodon julimes de la Maza-Benignos & Vela-Valladares, uno dei pesci della familia Cyprinodontidae che vive nell'acqua più calda del mondo. Belgische Killifish Vereniging, 38(3):41-45.

Minckley W.L. & Minckley C. O. (1986). *Cyprinodon pachycephalus,* a New Species of Pupfish (Cyprinodontidae) from Chihuahuan Desert of Northern México. Copeia 1986(1):184-192.

Olson DM & E Dinerstein (1998) The Global 200: A representation approach to conserving the earth's most biologically valuable ecoregions. Conservation Biology 3:502-515.

Williams JE, Bowman DB, Brooks JE, Echelle AA, Edwards RJ, Hendrickson DA, Landye JJ (1985) Endangered aquatic ecosystems in North American deserts with a list of vanishing fishes of the region. Journal of the Arizona-Nevada Academy of Science 20:1-61.

IX. Administración sustentable del agua en el contexto binacional México-Estados Unidos de Norteamérica

Avalos G. C., y P. V. Jacinta. 2003. Afectación en Manantiales por Uso de Agua Doméstico en la Cuenca del Río Cuautla, Morelos. En: XII Congreso Nacional de Irrigación. Hacia la Sustentabilidad de la Agricultura de Riego.

Memorias. ANEI. México.

CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). 2010. Tratado Internacional de Aguas México-Estados Unidos. Subdirección General Técnica Gerencia de Ingeniería y Normas Técnicas. México.

Envirinmental Advisors Across Borders. 2010. Plan de acción para la frontera México-Estados Unidos. Decimotercer Informe de la Junta Ambiental del Buen Vecino al Presidente y al Congreso de los Estados Unidos. USA.

Etchevers, B. J., J. D. Gómez D., A. Monterroso R., y J. A. Tinoco R. S/F.

Formulación de indicadores para evaluar y monitorear la Desertificación en México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología, Colegio de Postgraduados Universidad Autónoma Chapingo.

Hoth Von Der Meden, J., A. Rodríguez, M. de la Maza, J. Zapata, A. Martínez, A. Cleghorn, H. Parra, M. Briggs, J.L. Montes y E. M. Peters R. 2010. Cuenca transfronteriza del Río Bravo/Grande. En: Las Cuencas Hidrográficas de México, CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). Pp.173-179.

INE-SEMARNAT 1997 Programa de Manejo del Área de Protección de Flora y Fauna Cañón de Santa Elena. Méx.

Jiménez, G. G. 2002. Uso agrícola del agua en la cuenca del río Conchos. Texas Center for Policy. USA.

Jiménez, G.G. 2004. El Valle de Ojinaga: en la junta del Bajo Conchos y el Bravo. Environmental Defense. USA.

Salmon, F. R. 2012. Tratados de límites y aguas entre México y Estados Unidos XXV. Conferencia Legislativa Fronteriza. Sacramento, California. USA.

Samaniego, L. M.A. 2012. International Basins and Social Uses of Water. Creation of Spheres of Cooperation and Conflict: North of Mexico and West of the United States. Revista Secuencia 1, pp. 147-177. Agua México USA. VF.




FV



Epílogo

Eugenio Barrios Ordoñez

El epílogo de una obra normalmente se ocupa de resumir el contenido, de resaltar aspectos relevantes, o inclusive de actualizar lo expuesto. En este caso, sirva este epílogo para lanzar el reto que significa conservar el río Conchos para beneficio de las generaciones venideras.

Comúnmente, cuando se habla de un río, se piensa en el agua, se concibe como una fuente de abastecimiento inagotable, de la que hay que extraer el máximo beneficio. También se ha entendido por río ese sistema de drenaje que se lleva nuestros desperdicios. Inclusive, nuestra legislación actual los considera "cuerpos receptores" de aguas residuales. Es muy común en el país que los ríos acaben siendo drenajes, focos de infección, que ante nuestra incapacidad de controlar la contaminación, tienen que ser entubados, sepultados.

En otro ámbito, un río también se ha entendido como esa tierra de nadie, ociosa, que se invade, o se ocupa como fuente inagotable de material pétreo, que en muchos casos se explota sin limitación. Este documento rescata al río Conchos al presentarlo como lo que es, un ecosistema maravilloso que a lo largo de la historia ha mantenido a las comunidades de la región.

Este es el reto que, como sociedad necesitamos abordar: entender a los ríos, y en particular al río Conchos, como ese gran ecosistema que provee bienes y servicios para el beneficio de todos. Este entendimiento parte de entender, acordar y respetar los límites del río y su cuenca para renovarse y mantenerse como fuente inagotable de bienestar. No podremos conservar el río Conchos si no revertimos su sobrexplotación, si no aseguramos el agua que requieren los ecosistemas, ese caudal ecológico que asegura el fluir del agua de la sierra a las llanuras y hasta el mar, y que nos beneficia a todos.

Tampoco podremos conservarlo si no respetamos su espacio, sus riberas, sus planicies que permiten controlar sus crecidas y evitar inundaciones; tampoco podremos heredarlo a las generaciones venideras si lo contaminamos o si terminamos con los bosques que captan la lluvia y regulan los escurrimientos, que proveen de humedad a suelos, y agua a los acuíferos y presas.

Al hablar de bienestar es indispensable entender que a la par del respeto a estos límites físicos se encuentra lo inmaterial, lo espiritual; aquello que nos ofrece la contemplación de un paisaje, la musicalidad del fluir del agua, el revoloteo de aves y la armonía con la naturaleza. A lo largo del libro, uno es testigo de estos valores en las extraordinarias fotografías que acompañan a los informados textos y que en conjunto nos invitan a vivir al río Conchos.

Sirva este gran libro para reconciliarnos como sociedad con la naturaleza y construir el gran acuerdo para que los futuros mexicanos puedan seguir disfrutando del gran río Conchos.



Sobre los autores

Alfredo Rodríguez Pineda. Nació en la ciudad de Chihuahua y se especializó en Ciencias de la Tierra. Obtuvo licenciatura en Ingeniería de Minas y maestría en Recursos Hidráulicos en Zonas Áridas por la Universidad Autónoma de Chihuahua. Fue becado por la Fundación Tynker de Nueva York para obtener el grado de doctor en Hidrogeología por la Universidad de Texas. Trabajó en las minas de Natividad, Oaxaca; también en Naica, Chihuahua, y colaboró con el Instituto de Ecología, A.C. en el Centro de estudios e investigaciones de la Sequía. Formo parte del sistema Nacional de Investigadores (SIN) y fue asesor del Gobierno Mexicano en la disputa con los EE.UU. para evitar el pago de agua del río Conchos durante la sequía extraordinaria a principio de este siglo. En los últimos años ha trabajado en el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF), donde desarrolla e implementa estrategias de conservación de agua y sus recursos naturales asociados para la conservación del río Conchos. Para ello implementa el plan de manejo integrado a la cuenca como una estrategia adaptativa de manejo sustentable del agua donde se integran metodologías de conservación de suelo y vegetación a nivel de cuenca, como la opción más viable de la preservación del agua y el ambiente, así como la promoción de la gobernanza del agua con enfoque social. Los resultados de su trabajo han sido fundamentales en el desarrollo de políticas públicas precisamente para el manejo sustentable del agua en México, como es la Norma mexicana de caudales ecológicos. Parte de sus trabajos han sido publicados en libros técnicos relacionados con estos temas y en revistas científicas, así como en congresos nacionales e internacionales como parte del proceso de difusión de la ciencia.

Angélica Oviedo García. Egresada de la Universidad Autónoma de Querétaro como bióloga, hizo su maestría en Geociencias en la Universidad Autónoma de Nuevo León, Unidad Linares, y en el 2005 cursó el doctorado en la Universidad de Barcelona, España. Actualmente es profesora en la Facultad de Ingeniería de la UACh, en al área de Geología con los recursos de Paleontología y sedimentología desde el 2006. Actualmente colabora en diferentes proyectos de paleontología relacionados con el geoparque "El Granero".

Arturo Guevara Sánchez. En relación a la Antropología y la Historia, el doctor Arturo Guevara Sánchez realizó sus estudios de licenciatura en Arqueología en la Escuela Nacional de Antropología e Historia en la Ciudad de México; posteriormente realizó los estudios de maestría en Museografía en la Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía, Manuel del Castillo Negrete, también en la Ciudad de México. Más adelante realizó sus estudios de doctorado en Historia en la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo y estudió tres diplomados, así como varios cursos cortos de distintas materias, todo ello en relación con Arqueología e Historia. Ha trabajado como arqueólogo en varios estados de nuestro país, principalmente en los de la región norte donde descubrió para la antropología varios sitios, entre ellos las Cuarenta Casas y la Cueva de las Monas, estos con el valioso auxilio de guías campesinos de distintas regiones. Es autor de varios libros sobre Arqueología e Historia, entre los que se encuentran el de Arqueología del área de las Cuarenta Casas, otro sobre la labor de

los Agustinos Descalzos, así como los apuntes para la Arqueología de Chihuahua. Es autor de numerosos libros y artículos especializados, casi todos publicados por el INAH. También es autor de varios artículos periodísticos publicados en distintas ciudades del país. Ha sido maestro de varias materias en la Unidad Chihuahua de la Escuela Nacional de Antropología e Historia y actualmente es maestro de Materiales Arqueológicos de la misma escuela, que ahora lleva el nombre de Escuela de Antropología e Historia del Norte de México.

Concepción Lujan Álvarez. Es doctor en planeación Estratégica Participativa, Desarrollo Regional, Desarrollo Sustentable y Desarrollo Forestal comunitario de la New México State University en las Cruces NM, USA. Es maestro en Ciencias en Desarrollo de Agronegocios por la Universidad Autónoma de Chihuahua; e Ingeniero Agrónomo especialista en Bosques por la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Ha sido acreedor al premio al Mérito Nacional Forestal. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores, así como del Registro Nacional de Evaluadores Acreditados del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. Evaluador Certificado por conocer. Miembro de la Red Internacional de Desarrollo Forestal Sustentable IUFRO-METLA Finlandia, Canadá, Chile y Costa Rica. Miembro del Consejo Asesor del Centro Nacional de Negocios Forestales-Comisión Nacional Forestal. Miembro de la Asociación Mexicana de Profesionales Forestales, A.C., presidente de la Asociación Nacional de egresados de la escuela de guardas y Técnicos Forestales de Uruapan Michoacán, A.C. Miembro de la Academia Nacional de Ciencias Forestales, A.C. Actualmente es profesor-investigador de la Universidad Autónoma de Chihuahua-Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales en Delicias, Chihuahua, México, y se ha desempeñado en otras organizaciones gubernamentales/no gubernamentales e iniciativa privada en funciones gerenciales. Investigación y desarrollo: realización de investigación y desarrollo a nivel local, regional, estatal nacional e internacional realizados en desarrollo sustentable, desarrollo comunitario, empresas forestales comunitarias, evaluación del desarrollo forestal sustentable, planes de negocios forestales y competitividad y planes estratégicos participativos para el desarrollo forestal de México. Es autor de libros completos, capítulos de libros y artículos publicados en *Journals* internacionales, revistas científicas nacionales y memorias científico-técnicas. Ha sido miembro de la International Asosiation of common Propety Resouces, USA; de la International Wood Culture Society (IWCS); de la red de investigación Forestal IUFRO-METLA Instituto Nacional Forestal de Finlandia, del servicio Forestal Canadiense; CATIE-Costa Rica; del Instituto Forestal Chileno; de la Universidad Autónoma de Chihuahua; de la asociación nacional de egresados de la Escuela Nacional de Guardas y Técnicos Forestales, A.C. en Uruapan, Michoacán y miembro de la Red de Investigación Forestal Sierra Madre Occidental, México. Asociación Mexicana de Profesionales Forestales, A.C.

Enrique Javier Sanchez Granillo. Nació en Chihuahua, Chihuahua, México. Médico Veterinario Zootecnista en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM (1970), Master of Cience, Nutricion Animal. New Mexico State University (1975), doctor en Nutrición y Bioquímica Ruminal Oklahoma State (1980), posdoctorado en Mercado Internacional de Ganado de Carne, Oklahoma State University (2000). Fue investigador del Inip-Inifap durante 33 años, siendo su área de interés la nutrición de ganado en agostadero y corral de engorda, por lo que recibió en dos ocasiones el reconocimiento de investigador nacional. Fundó y fue director del

Centro de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias del Estado de Chihuahua, Inifap-SARH (1986), así como del Centro Regional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias del norte-centro en el Área Chihuahua, la Comarca Lagunera, Durango, Zacatecas y Aguascalientes, Inifap-SARH (1991). Su contribución científica y tecnológica incluye 33 publicaciones en revistas con arbitraje nacional e internacional y seis capítulos en libros relacionados con nutrición animal y metodología de investigación en rumiantes. Como aporte a la difusión tecnológica a productores y agentes técnicos, se cuentan 21 artículos en memorias de congresos y más de cuarenta artículos en revistas de extensión y divulgación agropecuaria, con presentación de cuarenta trabajos en congresos y reuniones nacionales e internacionales. Durante siete años se desempeñó como gerente general de la Unión Ganadera Regional de Chihuahua, y finalmente ocupó el cargo de secretario técnico de la oficina del secretario de Desarrollo Rural en el Gobierno del Estado de Chihuahua. Actualmente es consultor en ganadería, producción y mercados de carne.

Héctor Gadsden Esparza. Investigador titular del Instituto de Ecología, A.C. (INECOL) desde hace 29 años. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores (SIN) desde 1996. Cursó su licenciatura y doctorado en la Facultad de Ciencias de la UNAM, también cuenta con una maestría en Filosofía de las Ciencias por la Universidad Autónoma Metropolitana (1987). Ha publicado más de un centenar de artículos y notas científicas de herpetofauna, varios capítulos de algunos libros y dos libros completos. Ha dirigido diversos proyectos financiados por Conacyt y la Conabio. Ha sido director de tesis de cincuenta estudiantes de licenciatura, maestría y doctorado. Ha estudiado Ecología de poblaciones y comunidades de reptiles en el norte árido de México. De 1983 a 1990 impartió las cátedras de Evolución y Genética de Poblaciones como profesor titular en la Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. Profesor de asignatura de procesos de evolución en la Facultad de Ciencias (UNAM) durante el periodo 1976-1988. Fue director de la Reserva de la Biosfera, "La Michilia" de 1989 a 1991 en el Instituto de Ecología A.C. Centro Regional Chihuahua, de junio de 1999 a junio de 2003. Ha sido árbitro de diversas revistas internacionales y nacionales. Revisor de proyectos sometidos a Conacyt y la Conabio. Desde 2000 ha sido consultor tecnológico especialista SEP-Conacyt y ha participado en programas de modernización tecnológica. Ha conformado varios grupos de investigación, entre ellos la colaboración interinstitucional con ORSTOM-Institut Francais de Recherche Scientifique Scientifique pour le Developpement en coperation. Investigadores, tanto en el Instituto de Ecología A.C. como en esta institución francesa se enfocaron en el estudio de las interacciones de vegetación, suelo y hepertofauna en manchones de vegetación en una zona de playa en el Bolsón de Mapimí (1993-1995). A partir de 1996 estableció un convenio de colaboración interinstitucional continuo con la Universidad "Juárez" del Estado de Durango (UJED)-Facultad de ciencias Biológicas. A partir de ese convenio un grupo académico de colaboración se ha concentrado en estudiar la termorregulación e historias de vidas de la población herpetológica vulnerable que habita ecosistemas insulares en el centro del desierto chihuahuense. A partir del 2006 se promovió un vínculo internacional (Universidad de California-Riverside, UJED, Instituto de Ecología, A.C. y una ONG) para formar un grupo académico que se ha concentrado en afinar estrategias de conservación de distintos sistemas de dunas, considerando tanto el estudio de ecología de comunidades que las habitan, como la aplicación de distintos modelos de nicho especial. A partir del 2013 ha colaborado en conformación de otro grupo académico internacional (UCLA-Santa Cruz, UNAM-

Instituto de Biología y Ohio University), el cual se ha enfocado en el estudio de los efectos del cambio climático sobre la extinción de tortugas terrestres y desde mediados del año 2015 ha logrado la colaboración con el Instituto Politécnico Nacional para estudiar los efectos del calentamiento global sobre lagartijas crípticas e inminentemente insulares que habitan diferentes localidades en el oriente y sur de México.

Ignacio A. Reyes Cortes. Egresado de la UNAM, hizo su doctorado en la Universidad de Texas en el Paso, Texas (UTEP) en 1992, es profesor en el área de Geología y del posgrado en Hidrología subterránea en la Facultad de Ingeniería de la UACH, donde también colabora en los proyectos de fracturamiento hidráulico y en al área de Geología; escribió dominicalmente durante diez años en el *Heraldo de Chihuahua* en la página de periodismo científico (2002-2012).

Iris Banda Villanueva. Bióloga egresada de la Universidad Autónoma de Nuevo León, es la coordinadora del noroeste del Desierto Chihuahuense en Pronatura Noreste, A.C. Ha dedicado sus estudios en las áreas de biodiversidad ornitológica y el manejo sustentable de los recursos naturales. Ha realizado investigaciones en sitios de importancia a lo largo del Desierto Chihuahuense, tales como las cuencas cerradas del norte, el río Conchos y la cuenca del Bravo. Actualmente desarrolla proyectos de protección legal de tierras para la conservación, manejo ganadero sustentable, restauración de pastizales y humedales, educación ambiental y políticas públicas.

Jesús Manuel Ochoa-Rivero. Investigador titular del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) en el campo experimental Delicias-sitio experimental "La Campana" dentro del programa mitigación del impacto ambiental de la producción agropecuaria. Licenciatura en Ecología y maestro en Ciencias en manejo de Recursos Naturales por la Facultad de Zootecnia y Ecología de la Universidad Autónoma de Chihuahua. Estancia de investigación en la Universidad del Sur de Australia (UniSA), Australia. En sus actividades de investigación, ha publicado y colaborado en varios artículos científicos, memorias en extenso y libros técnicos entre otros. Sus líneas de investigación son el manejo y calidad del agua, ciencias del suelo, contaminación ambiental y relación agua-suelo-planta. Es miembro de la International Association of Medical Geology-capítulo México y la Sociedad Mexicana de Manejo de Pastizales A.C. De igual manera funge como presidente del IV Consejo Directivo (2015-2017) del Colegio de Ingenieros en Ecología de Chihuahua, A.C.

Luis Aboites Aguilar. Nativo de ciudad Delicias, Chihuahua. Doctor en Historia por el Colegio de México (1993) profesor investigador del Centro de Estudios Históricos del Colegio de México de 1997 a la fecha, tiene tres líneas de investigación: a) Historia de los usos de agua, siglos XIX y XX; b) Historia del norte Mexicano; y c) Historia Fiscal de México, siglo XX. Ha publicado *Norte Precario; Poblamiento y Colonización de México, 1760-1940* (1995); *El Agua de la Nación, una Historia Política de México, 1888-1946* (1998), *Excepciones y Privilegios, modernización tributaria y centralización política en México, 1922-1972* (2003) y *El Norte entre Algodones; Poblamiento, trabajo agrícola y optimismo en México 1930-1970* (2013); entre otros.

Luis Guerrero Rubio Nájera. Es profesor normalista. Ha publicado seis libros y colaborado en otra media docena de obras colectivas. Asimismo, ha publicado una variedad de artículos en periódicos y revistas de la entidad. Ha sido en los últimos años un promotor incansable de la cultura.



Mauricio de la Maza-Benignos. Graduado con honores *suma cum laude* en el Doctorado en Biología y Desarrollo sustentable de la UANL; MBA por la Universidad de Lancaster en Reino Unido con programa de intercambio en Lyon, Francia, especialidad en Planeación estratégica; grado de bachillerato en Ingeniería en Agronomía y Zootecnia en el Tecnológico de Monterrey, México. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores. Fue galardonado en 2015 con el premio en investigación de la UANL al Mejor Documento de Investigación en al Área de Ciencias Naturales durante el 2014; Premio Dr. José Álvarez del Villar en el 2014 por la Sociedad Ictiológica Mexicana a la Mejor Disertación de Doctorado; Medalla de "Mejores Estudiantes de México" en 1994 por el Conacyt y el Instituto Mexicano de Cultura, impartido por el presidente a los mejores estudiantes graduados. Segundo grado de licenciatura en Derecho en la Universidad Tec Milenio en Monterrey Nuevo León. Experiencia internacional en análisis de conflictos, estructuración y búsqueda de soluciones, resolución de conflictos, dirección de proyectos y en la coordinación de equipos multiculturales y multidisciplinarios. Líder nacional en tema de peces dulceacuícolas del desierto y seguridad hídrica en el norte y noreste del país. Actualmente se desarrolla como director general de Pronatura Noreste, gestionando la labor de conservación de los estados de Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas, San Luis Potosí, Zacatecas y norte de Durango. Antes fue director de conservación en Pronatura Noreste y director regional para WWF en México y Estados Unidos.

Mélida Gutiérrez Quiroz. Obtuvo su grado de maestría en la Universidad de Karlsruhe, Alemania, en Sistemas Biológicos de Tratamiento de Agua en 1979 y posteriormente el doctorado en Geohidrología por la Universidad de Texas en el Paso, en donde se graduó en 1992. Actualmente es profesora investigadora de la Universidad del Estado de Missouri, donde imparte los cursos de Geología Física, Geología Ambiental y Geoquímica. Su investigación se ha enfocado a la Geoquímica de interacciones entre roca y agua, tanto en Missouri como en el río Conchos en Chihuahua. Su investigación en este último incluye la química del agua, de sedimentos y la educación ambiental.

Miguel Franco Rubio. Egresado de la UACH como Ingeniero Minero Metalurgista. En la Facultad de Ciencias de la UNAM obtuvo el grado de maestro en Ciencias en el 2007 y de doctor en el programa de Geociencias. Es profesor de la Facultad de Ingeniería en el área de Geología y Minas desde 1981. Actualmente colabora en la Facultad de la UACH y participa en el proyecto de geoparque "El Granero".

Octavio R. Hinojosa de la Garza. Doctorado en Materiales con mención académica en el área ambiental (Centro de Investigación en Materiales Avanzados), centro SEP Conacyt. Maestría en Tecnologías de la Información (TICS) por el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, México (ITESM). Miembro SIN 2016-2018 (candidato). Áreas de interés: Imágenes satelitales y sensores remotos, modelación de la distribución espacial de minerales y su impacto en la salud pública. Desde 2013 a la fecha es encargado del laboratorio de Sensores Remotos y profesor titular "B" impartiendo las materias: Sensores Remotos, Modelación Digital de flujo, Sistemas de información geográfica I-II y Seminario (licenciatura, maestría y doctorado). Ha sido miembro del Centro de Investigación sobre la Sequía-SEO Conacyt (2001-2013), en la Asociación de Investigación, como técnico y encargado del TICS y proyectos. En Carrier México, S.A. de C.V., ha sido encargado de sistemas en el Centro de Ingeniería; ingeniero en la Norma Oficial Mexicana (NOM-011) ingeniero de Transferencia de producto, jefe de Almacén de herramientas y encargado CNC (corte y

taladro). Ha impartido las siguientes licenciaturas: Sistemas de Información Geográfica I, Sistemas de Información Geográfica II, Seminario de Geomática, Sensores Remotos y Modelación Digital de Flujo. Maestría en Sistemas de Información Geográfica y doctorado en temas selectos.

Patricia Magdalena Ochoa Tovar. Maestra normalista con estudios de posgrado en Desarrollo Educativo, Antropología Social y Educación Ambiental. Experiencia docente en Educación Básica y en la elaboración de materiales educativos sobre Cultura Regional.

Víctor M. Ortiz Franco. Egresado de la Facultad de Zootecnia y Ecología de la UACH en 1985. Diplomado en Desarrollo Sustentable. Ha sido miembro del Consejo Consultivo para el Desarrollo Sustentable, Generación 2003-2006; en el mismo periodo, consejero de la Cuenca del río Bravo/río Grande. Es coautor del libro *Agua Asolada y Patrimonio Cultural de las Regiones de Chihuahua* - Región Conchos- San Pedro de la colección editorial raiz del desierto INAH y Gobierno de Chihuahua. Autor del libro *Esperando la lluvia... Métafora de la esperanza*, editorial Aldea Global, 2019. Actualmente es presidente del Consejo Directivo de la Fundación para la Conservación del Río Conchos, A.C.


PUENTE


CONCHOS



Edición de *Cuenca del río Conchos. Cauce de vida*

Supervisión y cuidado: Susana Cristina Perea Ochoa
Diseño editorial: Angel Javier Machado Favela



El objetivo de este documento es incentivar el respeto y amor al río más importante para el estado de Chihuahua. Las opiniones que se presentan en esta entrega, contenidas en diez capítulos, son de personas con vasta solvencia en la academia, la docencia y la investigación, así como con la sensibilidad artística y rigor acucioso de sus fotografías, que muestran el valor escénico de sus parajes, pero también su deterioro y su fragmentación ecosistémica.

El contenido de los textos atiende la vastedad de la cuenca dentro del territorio estatal, describen sus afluentes y muestran su aporte a la economía local desde antes de la conquista española hasta el gran desarrollo agrícola e industrial existente en la actualidad.

Se aborda el tema de los grupos étnicos desaparecidos, así como los problemas de migración actuales, se hace un intento por visualizar el futuro del río mediante escenarios del agua por su posible modificación ante el cambio climático. Se describe y muestra la riqueza del Desierto Chihuahuense y su biodiversidad, se presenta la inevitable relación agua-sociedad, así como la necesaria administración sustentable del recurso y las recomendaciones de cómo afrontamos los retos que como sociedad creciente tenemos.

También, se hace referencia a la relación y repartición binacional de sus aguas, así como a su vital importancia para la conservación de la flora y fauna existente desde la Sierra Tarahumara hasta el vasto desierto, donde a pesar de su aridez se cuenta con especies amenazadas, como es el caso del Cachorrito de Julimes, especie de pez única y actualmente bajo un esquema de protección especial para su conservación.

Los diversos temas se exponen con un lenguaje sencillo y se complementan con fotografías impresionantes que hacen atractiva la lectura de este libro. El ejemplar que tenemos en nuestras manos nos permitirá ampliar el conocimiento y entendimiento para razonar el propio actuar del lector en favor de la conservación de la cuenca, que con acciones locales puede contribuir a mantener vivo el patrimonio ambiental del que somos depositarios, para disfrutarlo por una parte, pero por la otra, darnos cuenta de la obligación de dejarlo en mejores condiciones para las futuras generaciones.

Víctor M. Ortiz Franco

CUENCA DEL RÍO CONCHOS
Cauce de vida