



EL AGUA QUE MUEVE A MÉXICO

XXV ANIVERSARIO

SEMARNAT
SECRETARÍA DE
MEDIO AMBIENTE
Y RECURSOS NATURALES



CONAGUA
COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA

EL AGUA QUE MUEVE A MÉXICO

XXV ANIVERSARIO
DE LA COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA

SEMARNAT
SECRETARÍA DE
MEDIO AMBIENTE
Y RECURSOS NATURALES



CONAGUA
COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA

El agua que mueve a México

DR ©Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales

Boulevard Adolfo Ruiz Cortines Núm. 4209
Colonia Jardines en la Montaña
CP 14210, Tlalpan, México, DF.

Comisión Nacional del Agua

Insurgentes Sur Núm. 2416
Colonia Copilco El Bajo
CP 04340, Coyoacán, México, DF.
Tel. (55) 5174-4000

Subdirección responsable

Primera edición 2014
Coordinación General de Atención Institucional, Comunicación
y Cultura del Agua.

ISBN: 978-607-8246-67-0

Impreso y hecho en México.
Distribución gratuita.
Prohibida su venta.

Queda prohibido el uso para fines distintos al desarrollo social.
Se autoriza la reproducción sin alteraciones del material contenido en esta obra,
sin fines de lucro y citando la fuente.

Contenido

Presentación ^[7]

Introducción ^[9]

Mensaje ^[11]

I. Reflejos del agua en la historia de México ^[13]

Época prehispánica ^[16]

Zona norte ^[16]

Las Labradas ^[16]

La Cueva de El Ratón ^[17]

Paquimé ^[18]

Cueva Grande ^[19]

Golfo de México ^[20]

Comalcalco ^[20]

El Tajín ^[21]

Cempoala ^[21]

Cascada Salto de Eyipantla ^[22]

Occidente de México ^[23]

El Chanal ^[23]

Valle de Oaxaca ^[23]

Monte Albán ^[23]

Hierve el Agua ^[24]

Zona Maya ^[25]

Palenque ^[25]

Los chultunes ^[27]

Uxmal y Kabah ^[27]

Cobá ^[28]

Chichén Itzá ^[28]

Edzná ^[29]

Calakmul ^[29]

Tulum ^[31]

Altiplano Central ^[33]

Teotihuacan ^[33]

Cuenca del Valle de México ^[34]

Tetzcotzingo ^[36]

Tula ^[36]

Cacaxtla ^[37]

Xochicalco ^[37]

México-Tenochtitlan ^[38]

Albarradón de Nezahualcóyotl ^[40]

Época colonial ^[41]

La llegada de los conquistadores a México-

Tenochtitlan ^[41]

Las misiones ^[42]

Los acueductos novohispanos ^[43]

El papel de la minería ^[45]

El papel de las haciendas henequeneras ^[46]

Breve historia de las inundaciones de la ciudad de

México ^[47]

El plan para controlar el río Cuautitlán y drenar el

lago de Zumpango ^[48]

La Zanja Cuadrada ^[49]

Haciendas ejemplares ^[50]

México Independiente ^[52]

Una ciudad en un entorno lacustre ^[52]

El Porfiriato ^[53]

Plan de alcantarillado de Roberto Gayol ^[53]

Tajo de Nochistongo ^[54]

II. Orgullos hidráulicos de México ^[59]

Abastecimiento y conducción de agua potable en el siglo XX ^[62]

El acueducto Porfirio Díaz ^[62]

Presa La Esperanza “Manuel González” ^[62]

Minera El Boleo ^[63]

Planta potabilizadora El Tejar ^[63]

La explotación de pozos en la Capital ^[64]

El acueducto y Sistema Xochimilco ^[65]

El Sistema Lerma ^[67]

Drenaje y desalojo de aguas pluviales y residuales en el siglo XX ^[70]

Sistema Hidráulico de Derivación Combinada ^[70]

El segundo túnel de Tequixquiac ^[71]

El entubamiento de los ríos en la Capital ^[72]

Grandes presas en el siglo XX ^[74]

Sistema Hidroeléctrico Necaxa ^[74]

Presa La Boquilla “Lago Toronto” ^[75]

Presa Abelardo L. Rodríguez “Tijuana” ^[75]

Presa Plutarco Elías Calles ^[76]

Presa derivadora Jocoqui ^[76]

Presa Lázaro Cárdenas “El Palmito” ^[77]

Presa Venustiano Carranza “Don Martín” ^[78]

Presa General Salvador Alvarado “Sanalona” ^[79]

Presa Gobernador Leobardo Reynoso “Trujillo” ^[79]

Presa Solís ^[80]

Presa Manuel Ávila Camacho “Lago Valsequillo”

“Balcón del Diablo” ^[80]

Presa General Álvaro Obregón “El Oviachic” ^[81]

Presa Marte R. Gómez “El Azúcar” ^[82]

Presa internacional Falcón ^[82]

Presa Endhó ^[83]

Presa Miguel Hidalgo y Costilla “El Mahone” ^[84]

Presa Adolfo Ruiz Cortines “El Mocúzari” ^[85]

Presa Presidente Miguel Alemán “Temascal” ^[86]

Presa Presidente Benito Juárez “El Marqués” ^[87]

Sistema Hidroeléctrico del Río Grijalva ^[88]

Presa Netzahualcóyotl, CH “Malpaso” ^[89]

Central hidroeléctrica Dr. Belisario Domínguez,
presa “La Angostura” ^[89]

CH Ing. Manuel Moreno Torres, presa “Chicoasén” ⁹⁰ CH Ing. Ángel Albino Corzo “Peñitas” ⁹¹ Presa Plutarco Elías Calles “El Novillo” ⁹² Presa Constitución de 1917 “Hidalgo” ⁹³ Sistema Hidroeléctrico Presidente Adolfo López Mateos ⁹⁴ Presa “El Infiernillo” ⁹⁴ Presa José María Morelos y Pavón, CH “La Villita” ⁹⁵ Presa “El Caracol”, CH Ing. Carlos Ramírez Ulloa ⁹⁵ Sistema Hidroeléctrico Miguel Alemán ⁹⁶ Presa Vicente Guerrero <i>Consumador de la Independencia Nacional</i> “Las Adjuntas” ⁹⁷ Presa internacional La Amistad ⁹⁸ Presa José López Portillo “El Comedero” ⁹⁹ Presa Miguel de la Madrid “Cerro de Oro” ¹⁰⁰ Presa Luis Donaldo Colosio “Huites” ¹⁰¹ Sistema Hidroeléctrico del Río Santiago ¹⁰² Presa y CH La Yesca “Alfredo Elías Ayub” ¹⁰² Presa y CH Leonardo Rodríguez Alcaine “El Cajón” ¹⁰³ Presa y CH Aguamilpa (Solidaridad) ¹⁰⁴ El Sistema de Drenaje Profundo ¹⁰⁶ Tratamiento de aguas residuales en el siglo XX ¹¹³ El rescate del lago de Texcoco ¹¹³
--

III. Tesoros invaluables de México ^{|115|}

Áreas Naturales Protegidas de la República Mexicana ^{|118|} Reservas de la Biosfera ^{|118|}

Reserva de la Biosfera El Vizcaíno ¹¹⁹ RB El Pinacate y Gran Desierto de Altar ¹²⁰ RB Sian Ka’an ¹²² RB Sierra Gorda ¹²³ RB Mapimí ¹²⁴ RB Ría Lagartos ¹²⁵ RB Pantanos de Centla ¹²⁶

Parques Nacionales ¹²⁸ Parque Nacional Cumbres de Monterrey ¹²⁸ Parque Ecológico Cascada Cola de Caballo ¹²⁹ PN Sierra de San Pedro Mártir ¹³⁰ PN Iztaccíhuatl-Popocatepetl ¹³¹ PN Grutas de Cacahuamilpa ¹³² PN Lagunas de Montebello ¹³³
--

Áreas de Protección de Flora y Fauna ¹³⁴ Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca ¹³⁵ APFF Islas del Golfo de California ¹³⁶ APFF Valle de Los Cirios ¹³⁷ APFF Laguna de Términos ¹³⁸ APFF Cuatrociénegas ¹³⁹ APFF Cascadas de Agua Azul ¹⁴⁰
--

Humedales de la República Mexicana ^{|141|} Inventario Nacional de Humedales ^{|141|}

Estero El Soldado ¹⁴² Lago de Chapala ¹⁴⁴ La Tovara ¹⁴⁵ Sistema lacustre de los ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco ¹⁴⁶ Presa Atlangatepec ¹⁴⁶ Cascada y humedales de Tamasopo ¹⁴⁷

Parques y Reservas Estatales, Zonas de Conservación Ecológica Municipales y áreas destinadas voluntariamente a la conservación ecológica ^{|148|}

Parque Estatal Agua Blanca ¹⁴⁸ El Arcotete ¹⁴⁹

Playas Limpias ^{|150|}

Blue Flag ^{|151|}

IV. Proezas en materia de agua potable en México ^{|153|}

Abastecimiento de agua potable en la Zona Metropolitana del Valle de México ^{|156|}

Sistema Cutzamala ¹⁵⁷ Programa de Abastecimiento de Agua Potable para la Zona Metropolitana de Guadalajara ¹⁶⁰ Acueducto Chapala-Guadalajara ¹⁶¹ Acueducto Calderón-Guadalajara ¹⁶² Acueducto El Salto-Tepatitlán ¹⁶³ Presa El Zapotillo ¹⁶³
--

Abastecimiento de agua potable en la Zona Metropolitana de Monterrey ^{|164|}

Acueducto Linares-Monterrey ¹⁶⁴ Acueducto Cuchillo-Monterrey ¹⁶⁶ Acueducto Il Querétaro ¹⁶⁷ Acueducto Río Colorado-Tijuana ¹⁶⁸ Abastecimiento de agua potable para la ciudad de Acapulco ¹⁷²
--

Acueducto y presa El Realito ¹⁷³ Acueducto Conejos-Médanos ¹⁷⁴ Acueducto Uxpanapa-La Cangrejera ¹⁷⁵ Manantial El Túnel ¹⁷⁶ Acueducto Vizcaíno-Pacífico Norte ¹⁷⁷ Acueducto paralelo Chicbul-Ciudad del Carmen ¹⁷⁸ Acueducto Adolfo López Mateos-Xpujil ¹⁷⁹
--

Sistema Nealtican ^{|179|} Ejemplares instalaciones desalinizadoras, de bombeo y potabilizadoras ^{|180|}

Planta desalinizadora de Los Cabos ¹⁸⁰ Planta de bombeo Xotepingo ¹⁸¹ Planta potablizadora Xaltepec ¹⁸¹ Planta potablizadora Xalapa ¹⁸² Plantas potablizadoras Piedras Negras I y II ¹⁸² Planta potablizadora Los Filtros ¹⁸³ Planta potablizadora Poza Rica ¹⁸³

V. Proezas en materia de saneamiento en México |185|

Túnel Emisor Oriente |189|
Drenaje y desalojo de aguas pluviales y residuales en el Valle de México |192|

- Planta de bombeo km 18+500 “Gran Canal” |192|
- Planta de bombeo km 11+600 “Gran Canal” |193|
- Planta de bombeo Zaragoza |193|
- Planta de bombeo 2 del Gran Canal |193|
- Planta de bombeo Casa Colorada Profunda |194|

Drenaje y desalojo de aguas pluviales en la Zona Metropolitana de Guadalajara |195|
Ejemplares obras en materia de saneamiento |196|

- Colectores en Xalapa |196|
- Emisores de drenaje pluvial en Tampico |196|
- Drenaje pluvial en San Francisco Campeche |197|

Ejemplares instalaciones en materia de tratamiento |198|

- PTAR Atotonilco |198|
- PTAR El Ahogado |202|
- PTAR Agua Prieta |203|
- PTAR Dulces Nombres |204|
- PTAR Cerro de la Estrella |205|
- PTAR Norte |206|
- PTAR León |206|
- PTARs Ciudad Juárez Norte y Sur |207|
- PTAR Aguascalientes |208|
- PTAR Playa Norte |208|
- PTAR Atapaneo |209|
- PTAR San Pedro Mártir |209|
- PTAR Aguas Blancas |210|
- PTAR Principal |210|
- Macroplanta de Tratamiento Toluca Norte |211|
- PTAR Tanque Tenorio |212|
- PTAR SEAPAL Norte II |212|
- PTAR Acapantzingo |213|
- PTAR Xalapa I |213|
- PTAR Osiris |214|
- PTAR Poniente |214|
- PTAR El Naranjo |215|
- PTAR Xalapa II |215|
- PTAR operadas por FONATUR |216|
- PTAR Gucumatz-FONATUR |217|
- PTAR Pok-ta-pok-FONATUR |217|

VI. Proezas en materia de infraestructura hidroagrícola en México |219|

Ejemplares distritos de riego |222|

- DR 010 Culiacán-Humaya |222|
- DR 076 Valle del Carrizo |223|
- DR 041 Río Yaqui |224|
- DR 011 Alto Río Lerma |226|
- DR 017 Región Lagunera |228|
- DR 005 Delicias |230|
- DR 025 Bajo Río Bravo |232|
- DR 026 Bajo Río San Juan |232|
- DR 030 Valsequillo |233|
- DR 093 Tomatlán |234|
- DR 094 Jalisco Sur |236|
- DR 066 Santo Domingo |238|
- DR 034 Estado de Zacatecas |240|
- DR 001 Pabellón |242|
- Presa Plutarco Elías Calles |242|
- Presa Pabellón o Potrerillos |243|
- Presa 50 Aniversario |243|
- Presa derivadora Jocoqui |243|
- Distrito de Riego 056 Atoyac-Zahuapan |244|

Ejemplares unidades de riego |245|

- UR Sanpahuix |245|
- UR Asociación 20 de Julio |246|
- Presa binacional derivadora José María Morelos y Pavón |247|
- UR Suplementario Productores de Cantemó Parcela ZP-1 |248|
- UR El Niágara |248|
- UR Suplementario Tabasquillo Olivos I y II |249|
- UR Suplementario Las Tres Cruces |250|
- UR Pozo Chimay |251|

Ejemplares distritos de temporal tecnificado |252|

- DTT 008 Oriente de Yucatán |252|
- DTT 002 Zanapa-Tonalá |252|
- DTT 007 Centro de Veracruz |253|
- DTT 005 Pujal Coy Segunda Fase |253|

VII. Medidas de protección a los centros de población en México |255|

Estructura de control El Macayo |258|
Obras de contención para los ríos en Tabasco |260|
Estructura de contención rompepicos “Corral de Palmas” |262|
Rectificación de los ríos Santa Catarina y La Silla |265|

Canalización del dren 2-A |266|
Encauzamiento del arroyo Alamar |267|
Presa rompepicos Cocoyoc |268|
Encauzamiento y obras de protección para los ríos de la costa y la sierra Madre de Chiapas |269|
Revestimiento del río Las Avenidas-dren Pitahayas |270|
Construcción de muro en río Grande |270|
Canalización del arroyo El Tagarete |271|
Obras de protección en el arroyo Punta de Agua |272|
Encauzamiento del río Yautepec |272|
Obras de protección para Ciudad Insurgentes |273|
Mantenimiento y conservación del río Lerma |274|
Rehabilitación del bordo Ortiz |275|
El Servicio Meteorológico Nacional |276|

Nuestras voces y rostros |281|

Fuentes de información |283|
Listado de siglas y acrónimos |287|



ENRIQUE PEÑA NIETO
PRESIDENTE DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS

EL GOBIERNO DE LA REPÚBLICA se ha propuesto, como una de sus prioridades, alcanzar un México Próspero, donde el crecimiento económico sea también sustentable. En esta ruta, es fundamental impulsar y orientar un crecimiento verde incluyente, que preserve nuestro patrimonio natural, al mismo tiempo que genere riqueza, competitividad y empleo.

México enfrenta una situación hídrica compleja, que requiere medidas responsables y objetivas, a fin de asegurar el abasto del agua para ésta y las futuras generaciones. Para lograrlo, debemos atender los desafíos del agua con precisión y rapidez.

En congruencia con ello, el Gobierno de la República está trabajando para impulsar estrategias de sustentabilidad, mediante el manejo responsable de los recursos hídricos; el incremento de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento; la creación de infraestructura hidroagrícola y de extracción de agua; así como el mejoramiento del equipo urbano, para hacer frente a las contingencias ambientales causados por el cambio climático.

En este marco, la Comisión Nacional del Agua ha tenido un papel decisivo. En reconocimiento a sus primeros 25 años de trabajo y compromiso, es muy satisfactorio presentar el libro conmemorativo *El agua que mueve a México*.

Este volumen es un testimonio del grado de eficiencia con que opera la infraestructura hidráulica del país, así como de los profesionales, técnicos y trabajadores que, con dedicación, llevan agua a todo el territorio nacional.



Cascada del Chipitín, Santiago, Nuevo León.

EL AGUA ES UN RECURSO único. Su presencia es sinónimo de vida. Nosotros mismos somos agua, pues dos terceras partes del ser humano están compuestas por este líquido al que necesitamos para innumerables funciones y actividades vitales. Por tanto, el manejo adecuado y responsable de este recurso es esencial para lograr la transformación del modelo actual de desarrollo en uno más sustentable.

La Constitución que nos rige, claramente reconoce que el acceso al agua, en forma suficiente, salubre, aceptable y asequible, es un derecho de todos los mexicanos. El Gobierno del Presidente Enrique Peña Nieto está determinado a garantizar este derecho. De eso se trata el Estado Eficaz que esta Administración está construyendo: de llevar del papel a la práctica todos los derechos que la Constitución y las leyes establecen.

La Comisión Nacional del Agua, como órgano desconcentrado de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, es responsable de administrar y preservar las aguas nacionales. Ésta no es una tarea fácil, pues implica desde regular el aprovechamiento de los mantos acuíferos, hasta la construcción de obras para la prevención de inundaciones.

Por todo ello, no es más que justo conmemorar el XXV Aniversario de la CONAGUA con esta obra en donde el lector podrá encontrar información sobre el importante papel que el agua ha desempeñado en la edificación del México contemporáneo. A través de siete capítulos, este libro nos lleva de la Época Prehispánica a la Era de las magnas obras hidráulicas, en donde nuestro país goza de grandes orgullos y proezas en materia de agua potable, saneamiento e infraestructura hidroagrícola.

El agua mueve a México, por eso trabajamos en fortalecer el manejo sustentable de los recursos hídricos del país. Esto es fundamental para lograr el Crecimiento Verde, para avanzar en el abatimiento de la pobreza, y para impulsar la transformación de México.

Juan José Guerra Abud
Secretario de Medio Ambiente y Recursos Naturales



Presa Tacotán, Unión de Tula, Jalisco.

AL IGUAL QUE UNA GOTA, que ha tenido que recorrer miles de kilómetros para llegar a un hogar y ser utilizada, y que aún tiene un largo camino por delante para regresar al ecosistema, y completar el ciclo del agua, nuestra Institución ha transitado un camino lleno de desafíos que día con día se han ido superando exitosamente; y tiene retos pendientes muy importantes para el futuro.

Por ello, hago un homenaje, a los miles de mujeres y hombres que durante más de veinticinco años han dedicado su vida y esfuerzo para mejorar las condiciones hídricas de todos los mexicanos. A los ex directores generales de la Comisión Nacional del Agua, a sus funcionarios y servidores públicos de todos los niveles, que en corresponsabilidad con empresas, organizaciones, asociaciones civiles, y todos los actores del sector hídrico, han trabajado para construir los orgullos hidráulicos de México, preservar sus tesoros invaluable, y hacer posibles los grandes logros en materia de agua potable, saneamiento e infraestructura hidroagrícola, entre otros, que permiten el desarrollo integral de nuestro país.

Herederos de esta gran tradición hidráulica, debemos continuar trabajando con un espíritu transformador e innovador para que en los próximos años superemos los desafíos que aún quedan pendientes en la gestión integral, la operatividad del derecho humano al agua, su aprovechamiento sustentable, y la seguridad hídrica.

Por lo que este XXV Aniversario significa un gran logro nacional, un éxito compartido de todos los mexicanos, y el momento ideal para renovar los compromisos, objetivos y metas institucionales, asumiendo la gran responsabilidad que implica para los servidores públicos de la CONAGUA, tener en nuestras manos *el agua que mueve a México*.

David Korenfeld Federman
Director General de la Comisión Nacional del Agua



A photograph of a rocky coastline. In the foreground, large, dark, jagged rocks are scattered across the shore. The ocean is turbulent, with white foam from breaking waves visible. The water is a deep blue-green color. The sky is a pale, hazy blue. The overall scene conveys a sense of natural power and rugged beauty.

I REFLEJOS DEL AGUA EN LA HISTORIA DE MÉXICO

Petrograbados en la zona arqueológica de Las Labradas. En una extensión de 343 metros de playa se aprecia una amplia gama de diseños: círculos concéntricos y grecas relacionados quizás con el culto a la fertilidad, huella indeleble de los grupos que habitaron en tiempos prehistóricos el municipio de San Ignacio, Sinaloa (PÁGINAS 12-13).

CONACULTA-INAH-MÉX | Reproducción autorizada por el Instituto Nacional de Antropología e Historia.

LA historia es el mejor ejemplo que tenemos para comprender la relación que ha existido entre el hombre y el agua, así como la importancia del recurso en el desarrollo de las sociedades; por ello, a través de su estudio entenderemos mejor la gestión que se le ha otorgado al vital líquido en México.

Desde hace miles de años, nuestros antepasados –inmersos en el contexto de Mesoamérica– dieron pasos decisivos en su manera de enfrentar y aprovechar a dicho elemento: idearon ingeniosos sistemas de conducción y almacenamiento, además construyeron canales para desalojar las aguas utilizadas o, bien, captaron fuentes subterráneas para dirigirlas hacia sus núcleos poblacionales.

Tales estructuras, edificadas con las técnicas y materiales propios de la época, evolucionaron o fueron modificadas por completo durante la Colonia para asegurar tanto el abasto de la población como de las principales unidades de producción novohispanas, ya fueran obrajes, reales de minas o haciendas. Sus atributos y beneficios se exponen en el presente capítulo y, gracias a esta mirada al pasado, podemos afirmar que la amalgama de sus enseñanzas hoy día es visible en muchas de las líneas de conducción de abasto, drenaje y desagüe, en emblemáticos centros de población, que a la postre serían base de nuestras ciudades actuales.

Al respecto, en la actualidad seguimos buscando corrientes provenientes de los deshielos; continuamos aprovechando las propiedades de los materiales, la gravedad y la pendiente producidas en los sitios de captación con la finalidad de lograr una mayor eficiencia en su manejo. De modo complementario, aplicamos variantes de nuestros días a las técnicas y conocimientos de la ingeniería de la antigüedad y del Renacimiento, con la certeza de que muchos de los argumentos técnicos que se esgrimían entonces marcaban una estrecha relación entre la ciencia y actividades como la construcción y cimentación de las obras hidráulicas, hecho que tuvo como paradigma la difusión del conocimiento en la Europa del siglo XV, época en la que fue acuñada la labor de la ingeniería civil, la cual atendía todo lo requerido por la *civis*. Reflexiones que sin duda siguieron vigentes en el México Independiente y que encontraron una merecida consideración durante el Porfiriato.

En este capítulo, la Comisión Nacional del Agua dirige una mirada hacia los reflejos de la historia en el país y, en este su XXV Aniversario, aprovecha la ocasión para agradecer a todos los estudiosos y especialistas que han logrado que sus investigaciones y proyectos, su conocimiento, su trabajo, su fuerza y conciencia enaltezcan, cuiden y preserven nuestro patrimonio en cada rincón del país, como muestra de la grandeza por la que debemos luchar en beneficio de las generaciones futuras.

Época prehispánica

Zona norte

Las Labradas

Con una extensión de 17 hectáreas, esta zona arqueológica se encuentra en la línea de la playa en el municipio de San Ignacio, en el estado de Sinaloa, a 40 minutos de Mazatlán. En este sitio destaca un agrupamiento de rocas volcánicas sobre las que fueron grabados más de seiscientos cuarenta diseños, algunos de los cuales pueden datar del periodo arcaico.

Aunque la interpretación de tales contextos arqueológicos reviste gran dificultad, algunos investigadores aseguran que dichas representaciones –datadas entre los años 4000 y 2500 aC– podrían simbolizar la cosmovisión y el homenaje a la fertilidad que profesaban los pueblos que habitaron la región y que se desarrollaron de manera independiente de los grupos sedentarios que ocuparon el hoy territorio sinaloense. Se piensa que los orfebres antiguos acudían a Las Labradas para desarrollar este arte rupestre como si se tratase de un santuario debido a su inmediatez con el mar, pues sin duda les resultaba imposible asentarse permanentemente en este magnífico lugar dada la inexistencia de fuentes cercanas de agua potable y las temperaturas extremas.

Vista de las pinturas rupestres de la cueva de El Ratón, ubicada en la sierra de San Francisco a 37 kilómetros de la carretera Transpeninsular, sobre una brecha de terracería que conduce a San Francisco de la Sierra, una pequeña aldea enclavada en el corazón del núcleo montañoso de Mulegé, Baja California Sur (ESTA PÁGINA).

CONACULTA-INAH-MÉX | Reproducción autorizada por el Instituto Nacional de Antropología e Historia.

Vista de una represa en San Francisco de la Sierra que sin duda nos refiere la escasez del vital líquido en Mulegé (PÁGINA SIGUIENTE).





La Cueva de El Ratón

Ubicada en la sierra de San Francisco, extensa área de 12 kilómetros cuadrados en la región central de la península de Baja California, se encuentra un extraordinario conjunto de pinturas rupestres reconocido por la UNESCO como Patrimonio Mundial de la Humanidad. Aunque no se sabe a ciencia cierta el origen étnico de los artistas, los motivos representados son en su mayoría figuras humanas y animales de tamaño natural, además de motivos abstractos.

La interpretación de estas representaciones pictóricas realizadas quizá por pericúas, cuaycuras y cochimíes, asume que denotan marcaciones territoriales y expresiones mágicas y religiosas, así como relaciones sociales de los antiguos cazadores-recolectores que habitaron esta zona entre el 8800 aC y 1700 dC. Sin embargo, también es posible observar dichos motivos en sitios como las cuevas La Pintada, Las Flechas, Boca de San Julio, San Borjitas, entre otras.



Paquimé

Inscrita en 1998 en la Lista del Patrimonio Mundial de la UNESCO, Paquimé fue parte de una civilización que conjugó elementos culturales propios de las poblaciones de la zona conocida como “Gran Chichimeca”, la cual tuvo su origen en áreas de lo que actualmente es Nuevo México, Estados Unidos de América, extendiéndose hasta Casas Grandes, en Chihuahua, en el año 900 dC. De acuerdo con estudios recientes, su desarrollo puede encontrar su origen en la expansión de las rutas comerciales de los pueblos mesoamericanos.

Prueba de ello son los vestigios de una fuerte actividad agrícola ejercida gracias al aprovechamiento de manantiales, entre ellos el conocido como “Ojo Vareleño”, así como del sofisticado sistema hidráulico conformado por depósitos conectados mediante canales que distribuían el agua a cada una de las edificaciones.

La excepcionalidad del sistema se observa en la presencia de los estanques de sedimentación ubicados a la entrada de cada depósito. El éxito de este centro de población se refleja en las obras para la captación del recurso mediante un sistema de trincheras y terrazas.



Vista de la infraestructura hidráulica de Paquimé, en la que sobresalen la llamada “Casa del Pozo” o de “La Noria”, ubicada en la cima del asentamiento así como los vestigios de un canal que termina en un pozo de gravilla, el cual alimentaba una noria ubicada a casi doce metros de profundidad (ARRIBA).

CONACULTA-INAH-MÉX | Reproducción autorizada por el Instituto Nacional de Antropología e Historia.

Vista del manantial de “Ojo Vareleño” —actualmente un centro recreativo— que a cinco kilómetros de distancia alimentaba al núcleo urbano de Paquimé (ABAJO).

Cueva Grande

El asentamiento de Cueva Grande, que forma parte del Conjunto Huácopa integrado por 180 sitios arqueológicos estilo “casas acantilado” en la Sierra Madre Occidental, se encuentra situado en un conjunto de oquedades cercano a los escarpados del arroyo Garabato en el municipio de Madera, en Chihuahua.

Al igual que en Paquimé, las estructuras habitacionales y sus puertas están construidas a base de lodo precolado, lo que demuestra el avanzado conocimiento que tenían tanto en ingeniería como en materiales los antiguos pobladores. Otras cuevas de importancia en la región son Nido del Águila, El Mirador y La Serpiente. Se calcula que estos núcleos poblacionales comenzaron a conformarse entre 1060 y 1205 de nuestra era.

Durante el verano se forma en este sitio una bella cascada que comienza en lo alto del muro y termina justo a la entrada de Cueva Grande, ubicada a un lado del río Sirupa, lo que fue quizás el elemento que convocó a los pobladores a establecerse en este mítico lugar.



Golfo de México



Comalcalco

Joy'Chan, que en lengua chole significa “Cielo enrollado”, también conocido como “Comalcalco”, es un importante asentamiento maya en región de La Chontalpa, Tabasco, cuyo desarrollo tuvo lugar al mismo tiempo que ilustres ciudades como Palenque o Jonuta durante el periodo Clásico Tardío. La región donde fue levantada esta ciudad corresponde a una meseta de origen aluvial, carente de piedras, por lo cual sus habitantes debieron utilizar la tierra como el principal elemento constructivo de sus edificios. Los basamentos eran recubiertos por gruesas capas de estuco formado con cal apagada: conchas de ostión cocinadas, arena y agua, cuya pasta produce una mezcla muy adhesiva que, después de aplicarse, se torna dura y permeable.

Comalcalco fue un sitio fundamental en la zona noroccidental de la zona maya, cuya posición geográfica y acceso a vías de comunicación fluvial debieron dar origen a su posición privilegiada en el comercio prehispánico. Fue conocido por los nahuas ya abandonado y desde entonces admirado por la peculiar forma de realizar los ladrillos para sus habitaciones, plazas y templos.

Con el paso del tiempo se consumó el uso intensivo del adobe, elemento muy parecido al que se utiliza en la actualidad, aunque de diferente largo y espesor, además de que se le decoraba con dibujos de personas, animales, figuras geométricas, glifos y numerales. Las construcciones más notables se encuentran cercanas al este del río Mezcalapa –hoy conocido como río Seco–, entonces una corriente tan importante como el Usumacinta, originado en los Altos de Guatemala y Chiapas. Sus moradores utilizaron su lecho como vía de comunicación local, y mantuvieron contacto con otras regiones de Mesoamérica mediante el intercambio realizado a lo largo de la costa del Golfo de México. El asentamiento alcanzó una extensión de 6 750 metros cuadrados, compuesto de 430 construcciones, destacando los grupos monumentales Plaza Norte, la Gran Acrópolis y la Acrópolis Este.



El Tajín

La también conocida como “Ciudad del Trueno”, fue una ciudad totonaca localizada en la región centro-norte del Estado de Veracruz, entre Papantla y Poza Rica. El núcleo principal de este notable asentamiento prehispánico fue edificado en una superficie de 1.5 kilómetros cuadrados, en un pequeño valle de relieve irregular en dirección hacia una planicie de suaves ondulaciones, en las estribaciones de la Sierra Madre Oriental.

Se le considera el sitio más desarrollado urbanísticamente y el más importante del periodo Clásico de la costa del Golfo de México, datado entre los años 300 y 1200 dC. El centro ceremonial fue levantado en una zona de gran humedad limitada por dos arroyos que separaban el área nuclear de las partes habitacionales; su área de influencia abarcaba las cuencas de los ríos Cazones y Tecolutla. Cabe mencionar que en este lugar, hace más de mil quinientos años, se practicaba la ceremonia ritual de la “Danza del Palo Volador o de la Fertilidad”, conocida en la actualidad como los Voladores de Papantla, incluida dentro de la Lista Representativa del Patrimonio Cultural Inmaterial de la UNESCO, que recuerda la invocación que hacían los hombres a los cuatro rumbos cardinales, a la vez rectores de elementos como el fuego, la tierra, el agua y el aire, para detener la sequía impuesta por las divinidades debido al olvido en que éstas habían caído en el espíritu de los seres humanos.



Cempoala

Este emblemático sitio es una de las ciudades más importantes de la costa del Golfo de México, la cual guarda notables evidencias del estilo arquitectónico olmeca. Fue Capital de los totonacas hacia el periodo Posclásico, entre los años 900 y 1500 aproximadamente, dominando una gran parte del territorio de Veracruz y el norte de Puebla, en donde convivían en media centena de asentamientos totonacas, chinantecas y zapotecas.

Tales grupos indígenas lograron dominar los cuerpos de agua próximos a su entorno. De hecho, la palabra Cempoala proviene de la lengua náhuatl y significa “veinte aguas”, tal vez debido a que este sitio contaba con una gran cantidad de canales de riego y acueductos que proporcionaban el vital líquido a los numerosos jardines y campos de labranza circundantes.

En su época más importante Cempoala llegó a contar con entre veinticinco y treinta mil habitantes. Una de sus características más sobresalientes consiste en la distribución de sus edificios, la cual se basó en el modelo denominado “sistemas amurallados”, cuyo objetivo principal consistía en proteger las construcciones de las frecuentes inundaciones que tenían lugar en la región.



Cascada Salto de Eyipantla

De acuerdo con las leyendas, Tláloc, el señor de las lluvias, gobernó la región de Los Tuxtlas y la cascada Salto de Eyipantla fue su morada. Su nombre proviene del náhuatl y quiere decir “salto de tres chorros”. Asentada en una región caracterizada por la abundancia de agua y lo accidentado de su topografía, el Salto de Eyipantla forma parte de las diversas vertientes alimentadas por el río Grande que, en su trayectoria hacia la laguna de Catemaco, da origen a este emblemático afluente de casi ciento veinte metros de ancho con una caída de sesenta metros de altura aproximadamente.

Localizada en un extremo del pueblo del mismo nombre, la cascada Salto de Eyipantla se encuentra a unos trece kilómetros de distancia de la laguna de Catemaco y desde 1998 sus 155 122 hectáreas de contorno forman parte de la Reserva de la Biosfera de Los Tuxtlas. Su importancia radica en que abastece del vital líquido a diversas regiones ubicadas al sur de la reserva natural, además de albergar una amplia selva baja caducifolia, mediana perennifolia y bosque mesófilo, y ofrecer una significativa oferta ecoturística.



Occidente de México

El Chanal

Considerado el asentamiento prehispánico más importante de la costa del Pacífico, El Chanal se desarrolló en ambas márgenes del río Verde, sobre la ladera sur del volcán de Fuego, al norte de la ciudad de Colima, entre los años 1300 aC y 1400 dC. Su nombre deriva de los *chanos*, seres mitológicos que habitaban en las cercanías de los arroyos y que formaban parte del culto a Tláloc, por antonomasia divinidad de la lluvia en Mesoamérica. Cabe señalar que en las gradas de los basamentos de dos estructuras piramidales se observan grabados tanto de esta deidad como de Ehécatl, dios del viento, junto con figuras de animales y plantas.

El Chanal, que se destaca por sus basamentos ceremoniales, plazas, altares y juegos de pelota, se desarrolló en un plano inclinado al que sus habitantes se adaptaron y donde las corrientes de agua modelaron con el tiempo una serie de plataformas naturales.



Valle de Oaxaca

Monte Albán

A lo largo de la historia, la cercanía a las fuentes de agua ha jugado un papel vital en el desarrollo de las culturas. Sin embargo, una gran excepción la constituye la cultura zapoteca en su máximo representante: Monte Albán. Esta ciudad, construida en la cima de un cerro de 400 metros de altura en los valles centrales de Oaxaca, entre los años 200 aC y 800 de nuestra era, tuvo un crecimiento constante y una actividad constructiva sin contar con una fuente de agua cercana.

En la década de los setenta del siglo XX, Kent Flannery señaló a la región central de Oaxaca como la cuna de la agricultura y del cultivo del maíz, ya que en esa zona se logró establecer el sistema agrícola de milpa tal como lo conocemos actualmente, consolidándose a partir de ello los primeros asentamientos permanentes. Según Flannery, para esto fue clave el manejo eficiente del agua que provenía de las montañas por los arroyos tributarios del río Atoyac. Para contenerla y almacenarla se construyó una red de canales en el piedemonte, convirtiendo al Valle de Oaxaca en una región de numerosos sistemas de pequeños canales, cuyos depósitos fueron represas de hierba y canto rodado. Gracias a estas soluciones hidráulicas, Monte Albán desarrolló una agricultura intensiva y a gran escala, dando como resultado una civilización excepcional, que ha sido incluida por la UNESCO dentro de la Lista del Patrimonio Mundial.



Hierve el Agua

Este emblemático sitio constituye un lugar de grandes contrastes naturales ubicado en el municipio de San Lorenzo Albarradas, Oaxaca, en el corazón de una abrupta sierra. En este lugar se han formado dos impresionantes cascadas petrificadas de 30 y 12 metros de altura debido a los escurrimientos de agua carbonatada de los manantiales que brotan en la parte superior de las peñas, que al precipitarse forman nuevas capas pétreas que se proyectan hacia una barranca de 200 metros de profundidad.

Este emblemático sitio es también un ejemplo de la tecnología prehispánica en materia de irrigación. Sobreviven vestigios de un complejo sistema de riego único en su tipo en México que data de hace más de dos mil quinientos años. De acuerdo con investigaciones de antropólogos, arqueólogos, biólogos y geólogos, esta antiquísima red de abasto permitió a los habitantes de la zona desarrollar una agricultura intensiva orientada hacia el máximo aprovechamiento de los manantiales mediante un sistema de canales y terrazas con pronunciadas pendientes.

Reconocido como un probable lugar sagrado de la cultura zapoteca, en la zona denominada como El Anfiteatro se encuentra una serie de pozas naturales donde la temperatura del agua fluctúa entre los veintidós y veinticinco grados centígrados. Este sitio está dividido en dos plataformas claramente diferenciadas, en cuya parte inferior se ubican los manantiales y el sistema de riego.





Zona Maya

Palenque

Sobre las últimas estribaciones de la sierra Madre de Chiapas, en el límite con la llanura costera del Golfo de México y en medio de un paisaje de selva alta y con abundancia de agua superficial, se fundó Lakamha, “El lugar de las grandes aguas”, también conocido como Palenque. Datado entre los años 500 y 900 de nuestra era, es posible que su antiguo nombre obedezca a que, primero, en el cerro Norte Don Juan, donde se forma una gran cañada, se registran constantes e intensas precipitaciones pluviales que alimentan a diversos arroyos que cruzan de sur a norte la urbe, hasta su encuentro con el arroyo Michol; y segundo, a que en las estribaciones de la montaña se aglutinan cientos de nubes lo cual propicia que el ciclo del agua se manifieste.

Palenque fue junto con Tikal y Calakmul una de las ciudades más poderosas del periodo Clásico, sede de una de las dinastías más notables, a la que pertenece Pakal, uno de sus gobernantes, cuya tumba fue descubierta en 1952 por el arqueólogo Alberto Ruz Lhuillier. Sin embargo, por motivos que se desconocen fue abandonada por sus habitantes e invadida por la selva perdiéndose toda referencia sobre su existencia, a tal grado que cuando Hernán Cortés cruzó la región camino a Las Hibueras no fue informado de su presencia.

Integrada por la UNESCO a la Lista del Patrimonio Mundial de la Humanidad en 1987, de acuerdo a recientes investigaciones se ha logrado comprobar que en Palenque se desarrolló una técnica para aumentar la presión del agua, aprovechando los conocimientos empíricos que tenían sobre la canalización, logrando combinar la fuerza de gravedad y el estrechamiento de un acueducto para incrementar significativamente la fuerza de la salida del recurso vital, quizá para utilizarla como artificio en jardines o casas-habitación.

CONACULTA-INAH-MÉX | Reproducción autorizada por el Instituto Nacional de Antropología e Historia.



Cascada Baños de la Reina en la zona arqueológica de Palenque, Chiapas.

Fisiográficamente, la cascada Baños de la Reina se encuentra situada en el Parque Nacional Cañón del Sumidero, en la zona de influencia de las montañas del norte de Chiapas y la planicie costera del Golfo de México. La hidrología de la región está formada por los sistemas de ríos Chacamax y Tulijá.

CONACULTA-INAH-MÉX | Reproducción autorizada por el Instituto Nacional de Antropología e Historia.



Chultún en la zona maya en la zona arqueológica de Sayil.

Los chultunes

Por su constitución de roca caliza, es relativamente fácil y frecuente que en el suelo del área maya puedan formarse, naturalmente o por la mano del hombre, cavidades subterráneas en forma de botellones, campanas y bóvedas, que por lo general se utilizan como sistemas de almacenamiento del vital líquido, que reciben el nombre de “chultún”.

Proveniente del idioma maya yucateco, el chultún es un término que significa “aljibe” o “cisterna”, depósito utilizado por lo general para contener agua de lluvia. Sin embargo, dicha palabra se utiliza en la actualidad para designar a todos los depósitos subterráneos de origen prehispánico tallados en caliza. Por su ubicación y algunos hallazgos en su interior, algunos chultunes pudieron tener una función adicional, y quizá se emplearon como “baños de vapor”, como en Uaxactun y Topoxte, donde se encontraron en su interior una bola de roca caliza, ollas e incluso ceniza.



Chultún de la deidad Chaac en la zona arqueológica de Kabah.

Uxmal y Kabah

La ciudad maya de Uxmal, cuyo nombre deriva del término *oxmal* que significa “La tres veces construida”, Capital de la región Puuc, Yucatán, fue fundada en el 600 de nuestra era y abandonada 450 años después, en su momento de mayor esplendor cuando su población alcanzaba veinticinco mil habitantes. Además de edificar importantes centros ceremoniales, como la Pirámide del Adivino, el Cuadrángulo de las Monjas y la Casa de las Palomas, los habitantes lograron desarrollar un importante sistema de cultivo del maíz gracias a un sistema de almacenamiento basado en los chultunes.

Ubicada en una zona seca y montañosa, se considera que el gran desafío que enfrentaron sus pobladores fue el manejo del agua. La presencia de 250 relieves de Chaac, señor de la lluvia, en el hoy Parque Estatal de Kabah localizado a 120 kilómetros de Mérida y al sur de Uxmal, indica por sí sola la importancia que los pobladores asignaban a las fuentes subterráneas. Chaac estaba estrechamente relacionado con la vida diaria de los mayas y era visto como un proveedor, que nutría de vida. No obstante la reiterada invocación de esta divinidad, Uxmal, Kabah y muchos sitios declinaron y fueron abandonados antes del fin del primer milenio de nuestra era debido a una importante sequía. Existen pruebas arqueológicas de un cambio radical en el régimen de lluvias en la segunda mitad del siglo IX, que modificó el equilibrio ecológico de la región.



Pirámide de Nohoch Mul en Cobá.

Cobá

Datada entre los años 200 aC y 1200 de nuestra era, fundada entre los lagos de Cobá y Mecanxo y asentada en una superficie de 70 kilómetros de tierras con abundante agua, la ciudad maya de Cobá, “lugar de agua turbia o picada”, se convirtió en un centro de población de gran importancia, sólo comparable con su rival Chichén Itzá.

Localizada al norte de Quintana Roo, el conocimiento del medio ambiente permitió a sus habitantes alcanzar su momento de esplendor entre los años 200 y 600 de nuestra era, dominando un amplio territorio en la península de Yucatán. Su amplio poder, cuentan los investigadores, se basó en el control de grandes espacios de uso agrícola e hidráulico, facilitado por una red de comunicación que constaba de un camino de 100 kilómetros que permitía el intercambio comercial con puertos como Xel Há, e incluso con Dzibanché, Calakmul o Tikal.



Cenote Sagrado o de los Sacrificios de Chichén Itzá.

Chichén Itzá

La “ciudad al borde del pozo de los brujos del agua”, Chichén Itzá, datada entre los años 450 y 1200 de nuestra era, se asienta sobre un terreno en gran parte kárstico y apto para la agricultura, lo cual se refleja en la distribución arquitectónica de la urbe: del centro partían calzadas hacia núcleos habitacionales que seguían el patrón arquitectónico del centro, muchos de los cuales, a su vez, se situaban en torno a algún cenote. Los constructores aprovecharon al máximo las partes bajas y crearon, al edificar elevaciones artificiales, planos inclinados para recolectar agua y dirigirla hacia depósitos para resguardarla o, simplemente, para liberar las plazas de inundaciones durante la época de lluvias.

Aunque no existen corrientes superficiales en el área de Chichén Itzá, sitio incluido por la UNESCO en la Lista del Patrimonio Mundial de la Humanidad, se encuentran mantos acuíferos. Además, el promedio del volumen de agua por lluvia que se precipita puede llegar a mil doscientos milímetros, con un régimen aleatorio de precipitaciones distribuido en promedio durante ochenta días al año. Dicha humedad es más que suficiente para cubrir los requerimientos tanto de la vegetación silvestre como de las especies cultivadas en bajos inundables, e incluso posibilita un segundo ciclo agrícola sin necesidad de aplicar otro tipo de riego.

Si bien es cierto que se levantó una importante infraestructura hidráulica en la ciudad para satisfacer las necesidades de la población, es importante referir que la parte norte de la península de Yucatán se caracteriza por la presencia de un sistema de cenotes. Muchos de ellos fueron considerados sagrados por los mayas, tales como el de Tabi, Yaxcabá, Tibolón, Sotuta y Kanchunnup, pero sin duda el más famoso es el Cenote Sagrado o de los Sacrificios de Chichén Itzá.



Edzná

Esta emblemática ciudad de linaje chontal, establecida entre los años 600 aC y 1200 de nuestra era en el estado de Campeche, refleja una clara muestra del profundo conocimiento que sus habitantes poseían sobre las propiedades del suelo y los recursos con que contaba la localidad, entre ellas las aguadas, los ríos y el régimen de lluvias.

Esta tesis es demostrada por la construcción de su núcleo urbano sobre una protuberancia natural modificada para hacerla una especie de isla en medio de un mar pantanoso. Otros elementos de gran relevancia fueron los canales y elementos topográficos modificados para conducir caudales hacia el noroeste y el suroeste, a efecto de ganar terreno para la siembra intensiva. Cabe señalar la compleja red de conductos y zanjas construida al norte y noreste para facilitar el drenaje, en un tipo de trama radial. También sobresale la red de acequias de 12 kilómetros conocida como el Gran Canal, que culminaba en un sumidero vertical natural ubicado en una zona pantanosa donde nace el río Champotón.



Calakmul

Descubierta en 1932, Calakmul fue una poderosa ciudad maya localizada sobre un domo natural de 25 kilómetros cuadrados de suelo de tipo calcáreo, el cual está rodeado por aguadas y canales diseñados para encauzar y almacenar agua, aprovechando que las partes bajas se inundaban fácilmente durante la temporada de lluvias. Esta urbe, situada al sureste del estado de Campeche, cuenta con un núcleo delimitado naturalmente por un arroyo controlado por el hombre. Dado entre los años 300 y 800 de nuestra era, fue un poderoso centro urbano durante los periodos Preclásico y Clásico, quizá también más poblado que Tikal, su rival. Hoy día ha sido incluido por la UNESCO dentro de la Lista del Patrimonio Mundial de la Humanidad.

Cabe resaltar que las aguadas existentes en Calakmul varían en tamaño y capacidad y tienen como función principal la de coleccionar y almacenar el vital líquido para abastecer a la población especialmente en las épocas de sequía.

De acuerdo con la información obtenida en el levantamiento del plano de Calakmul, se han localizado un total de 13 aguadas, más dos o tres cuerpos de agua que proyectan una capacidad de 228 150 000 litros, tomando como promedio una profundidad de dos metros en cada una, caudal que pudo destinarse para fines domésticos, y para las siembras dentro y entre los solares de las casas-habitación conocidas como “chumuk’lu’um”.



Vista del cenote Sammulá, Valladolid, Yucatán.

La palabra “cenote” puede proceder del vocablo maya *ts’onot* que significa “abismo, profundidad”, “lago de agua dulce muy hondo” o “pozo”, o del término *ts’ono’ot*, que quiere decir “caverna con agua depositada” o “receptáculo de agua profunda”. Al respecto, es en la península de Yucatán donde se encuentra el mayor número de estas reservas hídricas, en cuyas profundidades se han logrado preservar vestigios arqueológicos y paleontológicos gracias a las características químicas del agua, la falta de luz y la presencia de sedimentos finos y mineralizados.



Vista panorámica de Tulum, donde se ubica la segunda barrera de coral más larga del mundo.

Tulum

Tulum, traducido al español como “empalizada”, en clara alusión a la muralla que rodea este asentamiento, es uno de los sitios de Mesoamérica más antiguos y conocidos por el mundo occidental, pues en 1518 el cronista español Juan Díaz narraba haber visto desde el mar una ciudad tan grande como Sevilla con una torre, que indudablemente se refería al Castillo, la estructura más importante de este sitio.

Recientes investigaciones arqueológicas ponderan la relevancia que tuvo precisamente el Castillo para la navegación maya durante la época prehispánica en la península de Yucatán, ya que se afirma que los comerciantes lo tomaban como una especie de faro a efecto de navegar paralelamente sin chocar con los arrecifes de coral que lo escoltan y así salvar las mercancías que transportaban en sus embarcaciones. Entre las construcciones de estilo Costa Oriental –nombre que recibe la arquitectura de los edificios prehispánicos construidos en la costa norte de Quintana Roo–, destaca el Templo de los Frescos, donde se conservan pinturas murales.

Decretada Parque Nacional en 1981, la región de Tulum resguarda obras de infraestructura hidráulica y aprovechamiento de fuentes subterráneas, cuyo nivel freático se encuentra muy cerca de la superficie –máximo a ocho metros–. En aquellos lugares donde el nivel topográfico corta el manto freático se forman ojos de agua, lagunas, manantiales y caños o canales de escorrentía de las marismas, en 664 hectáreas. Por su parte, la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio) define a la zona ubicada entre Tulum y Cobá como la Región Hidrológica Prioritaria Núm. 107, por ser la que mayor aporte de agua dulce vierte hacia el mar, en virtud de la gran cantidad de ríos subterráneos y cenotes existentes.



Casa del Chultún en la zona arqueológica de Tulum.

Justo al entrar al asentamiento se llega a un conjunto de edificios integrado por el Templo de los Frescos y la Casa del Chultún, este último un aposento donde se piensa que vivió un personaje de la más alta jerarquía y que rinde un merecido homenaje a las reservas subterráneas de las cuales depende el abasto de la península de Yucatán.

CONACULTA-INAH-MÉX | Reproducciones autorizadas por el Instituto Nacional de Antropología e Historia.



Vista de la Calzada de los Muertos, Teotihuacan, Estado de México.

Eran tres los ríos de mayor importancia que corrían por los alrededores de Teotihuacan durante su época de auge: el San Juan, el Huixculco y el San Lorenzo, que desembocaban en el lago de Texcoco. Al primero de ellos, el San Juan, lo formaba una serie de arroyos provenientes del cerro Gordo al norte y los cerros Tepechichilco y Patlachique al sur.

Todos sus tributarios eran torrenciales, por lo cual mantenían secos sus cauces durante la temporada de estiaje. Sin embargo, a la altura del actual poblado de San Juan brotaban numerosos manantiales.

Conaculta-INAH-MÉX | Reproducción autorizada por el Instituto Nacional de Antropología e Historia.



Altiplano Central

Teotihuacan

“Lugar donde fueron creados los dioses”, es el principal asentamiento prehispánico ubicado al norte de la Cuenca del Valle de México, en el valle del río San Juan. Se le considera una de las urbes más desarrolladas del Mundo Antiguo, además de símbolo cultural, religioso, artístico, político y social de Mesoamérica. Alcanzó una extensión de 22 kilómetros cuadrados, y en su época de mayor esplendor llegó a concentrar ciento cincuenta mil habitantes. Se dice que su área de influencia se extendió hasta el sur del México actual, y hacia países como Guatemala y Honduras en Centroamérica. En 1987 fue inscrito por la UNESCO dentro de la Lista del Patrimonio Mundial de la Humanidad.

A partir de un diseño urbano ortogonal definido por la Calzada de los Muertos en el eje norte-sur, y las canalizaciones del río San Juan en dirección este-oeste, la disposición de Teotihuacan está estrechamente relacionada con las elevaciones aledañas, como el cerro Gordo y la sierra de Patlachique. De sus numerosas construcciones destacan las pirámides del Sol y la Luna, la Ciudadela, los conjuntos Oeste y de la Ventilla, además del Gran Complejo y los palacios de Tetitla, Atetelco, Tepantitla, Yayahuala y Zacuala.

Para la alimentación de una población multiétnica dedicada a la producción artesanal y las actividades religiosas, de la guerra y comerciales, se contaba con un intensivo sistema de canalizaciones que se consolidaría durante el primer siglo de nuestra era.

Existen evidencias de la rectificación de cauces, que seguramente fue aprovechada para los cultivos, como por ejemplo, un canal paralelo al río San Juan, que en la parte explorada cuenta con 400 metros de longitud, 5 de ancho y 1.5 de profundidad.



Cuadro histórico-geroglífico de la peregrinación de las tribus aztecas que poblaron el Valle de México, circa 1325.

Publicado por Antonio García Cubas y José F. Ramírez, en Atlas Mexicano.

Medidas: 57 x 75 centímetros.

Varilla OYBDF04 Núm. Clasif. 1194-OYB-725-A-1.

Fuente: Mapoteca Manuel Orozco y Berra, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, SAGARPA.

A través de estos pictogramas, que pertenecen al Códice Sigüenza, se hace alusión al peregrinaje de varios años de los aztecas por el Valle del Anáhuac hasta la fundación de México-Tenochtitlan. Realizado después de la Conquista, describe por medio de personajes, glifos y toponímicos el largo viaje emprendido bajo la guía de Huitzilopochtli, su dios.

Esta odisea, que inicia en Aztlán, duraría, según las crónicas, varios años, pasando por diversos lugares en los que enfrentaron batallas, así como diversos acontecimientos, hasta llegar a Chapultepec, donde se asentaron de manera provisional para ser expulsados por los habitantes del lugar. Finalmente, llegaron a un paraje lacustre formado por una isla en medio de la laguna donde encontraron un águila devorando una serpiente.



Cuenca del Valle de México

La Cuenca del Valle de México es un sistema hidrológico rodeado por las cuencas de los ríos Tula-Taxhimay al norte, el río Tecolutla al este, el sistema Lerma-Chapala-Santiago al oeste, la cuenca Oriental-Libres por el sureste y el río Amacuzac por el sur, con espejos de agua someros y extensas superficies pantanosas en una superficie total de entre ochocientos y mil kilómetros cuadrados, que se encuentra situada a una altura superior a los dos mil doscientos cuarenta metros sobre el nivel del mar.

En tiempos de nuestros antepasados, el sistema lacustre del Valle de México funcionaba como un conjunto de vasos comunicados que desembocaba en el lago de Texcoco, ubicado en el centro de la región. Al norte de la cuenca se encontraban los lagos de Xaltocan y Zumpango, situados a una elevación mayor que el de Texcoco, mientras que al sur se localizaban dos lagos de agua dulce, tres metros arriba de la cota del de Texcoco: el de Chalco al oriente y el de Xochimilco al poniente.

Infinidad de corrientes de agua alimentaban a la Cuenca. Por citar algunos, los ríos Tenango, Tlalmanalco y el arroyo San José, que descendían de los cerros Tecama, Papayo y de los volcanes Popocatepetl e Iztaccíhuatl, alimentaban al lago de Chalco; los ríos Coatepec, Santa Mónica, San Benardino, Chapingo, Tetzco, Magdalena y Papalotla, que nacían en los cerros Tláloc y Telapón, así como el Guadalupe que se originaba por el oriente, desaguaban en el lago de Texcoco; los ríos San Juan de Dios y San Buenaventura, que nacían en la sierra del Ajusco, desembocaban en el lago de Xochimilco; mientras que los ríos Papalote y Cuauhtitlán vertían su caudal en el lago de Zumpango.



De todos los ríos que corrían por la Cuenca, el más caudaloso y peligroso era el de Cuauhtitlán, que según el Barón de Humboldt tenía una fuerza superior a la de todos los demás juntos. Sumado al río Papalotla, que se convertía en el Pachuca, el río Cuauhtitlán hacía que el lago de Xaltocan derramara en el de Zumpango, y éste en el de Texcoco, que al subir de nivel provocaba inundaciones en la ciudad de México.

Puede afirmarse que ésta ha sido la razón y motivo del curso de las inundaciones que han aquejado al Valle de México, aunado con un fenómeno que se revisará en el capítulo segundo: los hundimientos diferenciales registrados a principios del siglo XX. En lo referente al nivel que alcanzaban los lagos al momento de la Conquista, Enrico Martínez señala que “la laguna” llegaba al norte hasta el cerro de Tenayuca, por el sur hasta el pueblo de San Mateo, y por el occidente hasta los llanos entre Chapultepec y Tlalnepantla.

En aquel entonces, al hacer un recorrido norte-sur de la cuenca, se podía advertir la existencia de un importante número de poblaciones. De acuerdo con las crónicas, en 1519 se podía dar cuenta de las siguientes: Ehecatepec, Tulteplac, Coatita, Xalostoc, Atzacualco, Tenayuca, cercanías de Tlalnepantla, Azcapotzalco, Tlacopan, Popotla, Atlacuihuayan, Mixcoac, Coyohuacan, Churubusco, Tepepan, Xochimilco, Tulyehualco, Ixtayopa, Tetelco, Tezompa, Ayotzingo, Chalco, Iztapaluca, Ayotla, Tlaltenango, Culhuacan, Mexicaltzingo, Iztapalapan, Chimalhuacan, aledaños de Tetzaco, Atenco, Nexquipaya, Iztapan, Totolcingo y Chiconauhtla.

La antigua Tenochtitlan, 1964.

Autor: Luis Covarrubias.

Técnica: Óleo sobre tela.

Fuente: Museo Nacional de Antropología e Historia, Sala Mexica.

Archivo de Pablo Aguinaco | MXStock.

CONACULTA-INAH-MEX | Reproducción autorizada por el Instituto Nacional de Antropología e Historia.

Se estima que hace aproximadamente siete mil años los grupos humanos de la zona se hicieron sedentarios y poblaron el noreste del Valle de México, época en la que comenzó el desarrollo urbano y religioso de Teotihuacan al noreste del lago de Texcoco. Fundada el 13 de marzo de 1325, Tenochtitlan se consolidaría como el centro político, religioso y económico del imperio tenochca, pues, según su cosmovisión, la isla fungía como el eje cosmológico de la región, el verdadero centro de toda la Tierra.

Este bello mural corresponde a una recreación aérea de México-Tenochtitlan y sus grandes lagos, tal como se supone que lucía de poniente a oriente poco antes de la llegada de los conquistadores españoles en 1519. En el centro se aprecia el Centro Ceremonial, sede del Templo Mayor; al noreste (izquierda de la imagen) se encuentra el centro ceremonial y comercial de Tlatelolco; exactamente al poniente corre la calzada de Tlacopan y Tacuba, y aparece además el lago de México; hacia el norte se percibe la calzada a Tepeyac; al sur (derecha de la imagen) se encuentra la calzada que se dirige a Iztapalapa y Xochimilco, y otra vez el lago de México; al oriente apenas sobresale del lago el cerro del Peñón; de norte a sur, en la parte superior de la pintura apenas se vislumbra el albaradón de Nezahualcōyotl así como las aguas del lago de Texcoco.



Tetzcotzingo

De acuerdo con fuentes del siglo XVI, el tlatoani de Texcoco, Nezahualcóyotl, supervisó la construcción de un sitio ritual en el cerro de Tetzcotzingo o Texcoco Real, considerado hoy uno de los vestigios arquitectónicos de paisaje más valiosos del mundo prehispánico. Además de surtir del vital líquido a los terrenos colindantes, la finalidad de dicho complejo hidráulico era la de irrigar tanto los terrenos colindantes como el jardín botánico que se encontraba en el punto más alto. Según el arqueólogo Felipe Solís, esta elevación forma parte del sistema orográfico de la sierra Nevada, donde destacan por su majestuosidad y altura el Popocatepél y el Iztaccíhuatl.

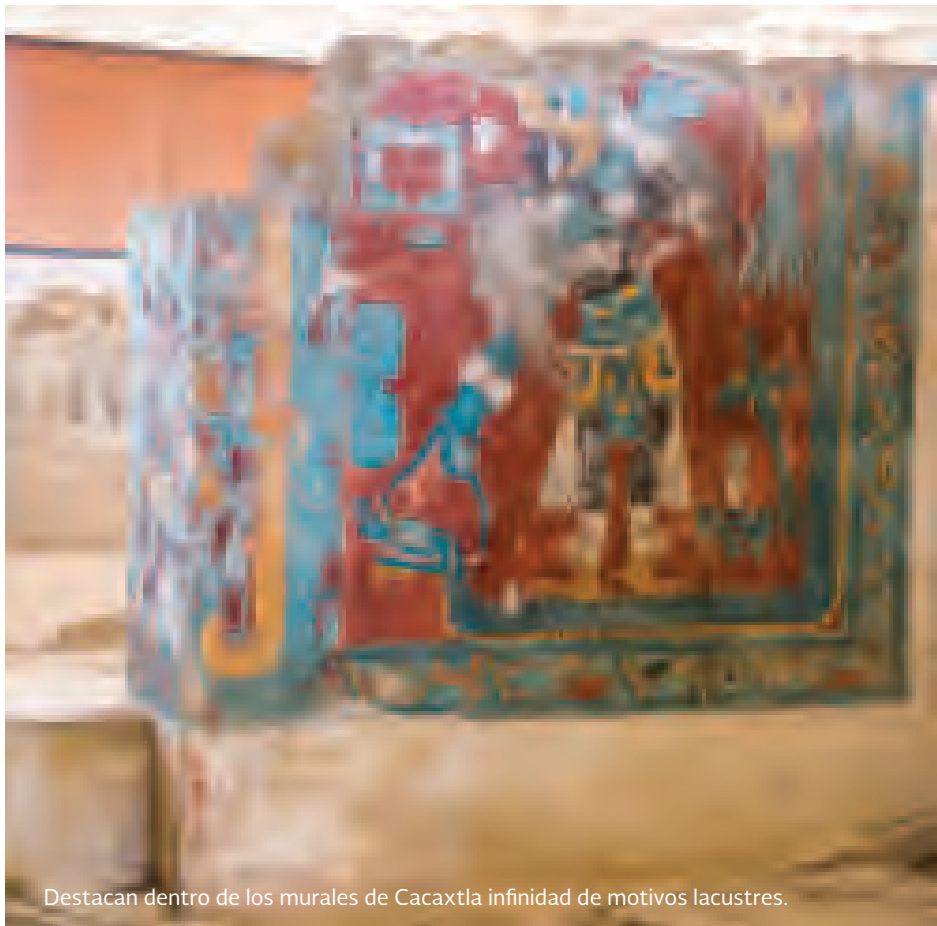
Dadas las condiciones orográficas de la región, se obtenía el preciado líquido de fuentes brotantes ubicadas entre los cerros de Tláloc y Telapón. Aprovechando el declive del terreno, el agua era conducida mediante canales hasta el borde de un barranco, donde se mandó construir un terraplén para superar dicho accidente geográfico e, incluso, se excavó la roca para impulsar el caudal hasta la parte superior de la montaña. También conocido como los “Baños de Nezahualcóyotl”, el sitio está fechado en 1431 de nuestra era, y está constituido de pilas, escalinatas, canales y esculturas talladas en piedra, complementadas con mampostería. Entre los aposentos del lugar destacan el Baño de Xóchitl, el Baño del Rey, el Trono del Rey y el Baño de las Concubinas, donde existe una pila y una escalinata labradas en roca.



Tula

De acuerdo al idioma náhuatl, Tula proviene de un término que significa “lugar donde abundan los tules”. Fundado en el año 900 de nuestra era, este asentamiento se erigió como la gran Capital del Altiplano Central de Mesoamérica allá por el año 1150. Contaba con casi dieciséis kilómetros de extensión, además de numerosos edificios, plazas, calzadas, esculturas y bajorrelieves policromados, así como columnas, pilastras y colosales esculturas bellamente grabadas, que se erigen como majestuosos centinelas divinos.

Se considera al Palacio Quemado como uno de los conjuntos arquitectónicos más complejos del sitio, compuesto por tres amplias salas cuya techumbre estaba sostenida por columnatas. En cada sala se construyó un “impluvio” o patio interno abierto, que funcionaba como recolector de agua, área de ventilación y entrada de luz. Pese al clima semiseco que caracteriza a la región, donde abundan diferentes especies de cactáceas, la presencia del río Tula permitió el desarrollo de una agricultura productiva. Debe destacarse la ubicación estratégica de esta antigua ciudad, pues se encontraba muy cerca de los yacimientos de obsidiana, alabastro y otros minerales, en la sierra de Las Navajas. Durante la década de los setenta del siglo XX fue explorada la estructura del Juego de Pelota II, donde fueron detectadas dos etapas constructivas, una tolteca y otra, de diferente calidad y muy posterior, localizándose hacia la parte media de la cancha lo que parece ser un temascal o baño de vapor.



Destacan dentro de los murales de Cacaxtla infinidad de motivos lacustres.

Cacaxtla

Situado a escasa distancia de San Miguel del Milagro en el Estado de Tlaxcala, Cacaxtla, que significa “lugar donde muere la lluvia en la tierra”, es un sitio que sobresale porque se mantienen a resguardo muestras de la actividad plástica de las etnias olmeca-xicalancas, por ejemplo las figuras de los 11 Señores de Cacaxtla. Tuvo en el Epiclásico su etapa más próspera (650-900 de nuestra era), en la que dominó el valle poblano-tlaxcalteca sobre un macizo de sierra delimitada por los ríos Zahuapan y Atoyac.

Este lugar, de gran fertilidad, encontró en el agua a su mejor aliado para desarrollar la agricultura intensiva, que propiciaba el desbordamiento del río Atoyac. La laguna del Rosario que proporcionaba peces, así como la densa zona de bosques irrigada por manantiales, aportaba todo lo necesario para que en el sitio se constituyeran los primeros asentamientos de la región en el año 300 de nuestra era.



Vista de la zona arqueológica de Xochicalco, donde se aprecia al fondo a la presa El Rodeo.

Xochicalco

Xochicalco, en náhuatl “En el lugar de la casa de las flores”, es una ciudad prehispánica asentada en el cerro Coatzin, mejor conocido como “La Bodega”, en el Estado de Morelos. Presumiblemente, el florecimiento de este asentamiento ocurrió entre los años 650 y 900 de nuestra era, tras el éxodo de los pobladores de Teotihuacan. La importancia cultural e histórica de este emblemático sitio astronómico fue reconocida en 1999 por la UNESCO al declararla Patrimonio Cultural de la Humanidad.

Haciendo uso de un plano, cabría afirmar que el núcleo fue erigido sobre una elevación de 130 metros, tiene una extensión de 4 kilómetros y puede haber sido por aquella época una de las localidades más pobladas de Mesoamérica. Sus constructores lograron darle la forma de una pirámide mediante terrazas, muros contenedores, fortificaciones y plataformas en la montaña misma. Poseía un ingenioso sistema de drenaje, además de cisternas para el almacenamiento de agua, grandes silos para maíz y otros alimentos.

La zona habitacional, así como los centros religiosos, se ubican en la parte superior y aparentemente tenían el acceso restringido. Dentro de la traza de Xochicalco cabe destacar la Plaza Central, la Plaza Principal donde se encuentra el Observatorio con sus instalaciones subterráneas, las pirámides de Tláloc y Quetzalcoátl y el Conjunto Este, donde se encuentra un altar policromado, un temascal, así como una cisterna, de la cual era distribuido el recurso hacia todo el conjunto mediante un eficaz sistema de conducción.



“México-Tenochtitlan visto desde el mercado de Tlatelolco”, 1945. Fragmento del mural *La historia de México*.

Ubicación: Palacio Nacional, muro norte, Escalera de la Emperatriz.

Autor: Diego Rivera.

Medidas: 4.92 x 9.72 metros.

Técnica: Fresco.

Fuente: Palacio Nacional.

Archivo de Pablo Aguinaco | MXStock.

CONACULTA-INAH-MÉX

Reproducción autorizada por el Instituto Nacional de Antropología e Historia.

Después de una reconocida trayectoria como representante de la obra muralística de México, Diego Rivera pintó los pasillos y el cubo de una escalera de Palacio Nacional, donde realizó una magna obra al fresco compuesta por cinco murales fechados entre 1929 y 1951. De éstos sobresale el denominado *La historia de México*, el cual abarca más de ciento cuarenta metros cuadrados, donde narra, a través de espléndidas imágenes y con una importante connotación social, el transcurrir en la vida de los mexicas, su adaptación al medio y el esplendor del Imperio azteca.

En esta obra, el pintor plasmó una visión histórica de los hechos, pero sobre todo la indisoluble relación de la población con el agua y la manera como se adaptó este pueblo a un entorno lacustre.

Cabe destacar que este conjunto ha sido considerado por la UNESCO como Patrimonio Mundial de la Humanidad.

México-Tenochtitlan

Originarios de la mítica región lacustre del Aztlán y guiados por Huitzilopochtli, su deidad primordial, el pueblo mexica decidió establecerse en 1325 en un islote en el lago de Texcoco, que denominaron México-Tenochtitlan. La Capital de los mexicas se desarrolló posteriormente sobre dos islotes en la parte occidental del lago de Texcoco, sección que después sería conocida como laguna de México. Separados por una acequia que corría de oeste a este, la parte norte era denominada Tlatelolco, y la del sur México-Tenochtitlan.

Como el asentamiento se encontraba en medio de una laguna, durante mucho tiempo la comunicación con tierra firme tuvo que realizarse por medio de canoas. Sin duda, esta ubicación les daba un amplio margen para establecer un plan de defensa militar. Sin embargo, de igual manera que el lago brindaba abrigo, presentaba también una gran desventaja: las inundaciones provocadas por el desnivel de los lagos, que por las fuertes lluvias o el aumento del caudal de los ríos, llegaban a anegar casas y chinampas; además, cuando escaseaba el recurso vital, era causa de sequía y, por ende, de hambre. Puesto que gran parte del agua era salobre y no era propia para beber, el caudal de los pocos manantiales que había en México-Tenochtitlan resultaba insuficiente para satisfacer las necesidades de sus habitantes.

La ciudad se encontraba constituida por un espacio sagrado y otro profano. El primero lo conformaba una plaza cercada por los cuatro lados por un *coatepantli* o “muro de serpientes”. Al interior se encontraban 78 templos dedicados a sus principales deidades, entre ellos un adoratorio consagrado a Tezcatlipoca, uno circular dedicado a Ehécatl-Quetzalcóatl, un juego de pelota —ubicado justo debajo de la actual Catedral Metropolitana—, el Calmecac y dos *tzompantli*. Al centro sobresalía el Templo Mayor o Hueyteocalli, orientado hacia el poniente, siguiendo la trayectoria del sol, ofrecido a Huitzilopochtli, deidad de la guerra, y a Tláloc, deidad del agua y la fertilidad. Se estima que este gran recinto era poco más de tres veces la superficie del actual Zócalo capitalino y abarcaba parte de los hoy edificios de Palacio Nacional, la propia Catedral, el Palacio del Arzobispado y el ex convento de Santa Teresa, entre otros.



La zona lacustre de Xochimilco fue desde tiempos inmemorables un área propicia para la agricultura en la Cuenca del Valle de México, donde se asentaron los primeros pobladores nahuas que emigraron del norte, como lo hicieron más tarde los mexicas, atraídos por sus manantiales y el lago del mismo nombre.

El notable crecimiento de la población impulsó que se intensificara la construcción de chinampas como una forma de ganar terreno al lago. En ellas se construían pequeños templos y zonas de habitación, que se encontraban rodeados por sembradíos de maíz y hortalizas, técnica agrícola con más de cuatro mil años de antigüedad, que tuvo su apogeo en los siglos XIV y XVI. El término “chinampa” proviene del náhuatl *chinamitl* que significa “seto de cañas”. Ésta consiste en una parcela cuyos bordes se encuentran formados por ahuejotes (*Salix bompladiana*) y cañas entreteljadas sobre las que se colocaba lodo y plantas acuáticas para formar una parcela orgánica rodeada de agua, que permitía la producción simultánea de diversos cultivos sin depender de las lluvias. Debido a su valor ecológico, histórico y cultural, la zona de canales y chinampas de las delegaciones de Xochimilco, Tláhuac y Milpa Alta fue declarada en 1987 Patrimonio Cultural de la Humanidad.

Campesino cultivando en una chinampa, Distrito Federal, circa 1920.

Autor: Archivo Casasola.

Medidas: 12.7 x 17.8 centímetros.

Técnica: Placa seca de gelatina.

Fuente: Fototeca Nacional del INAH-SINAFO.

© (90943) CONACULTA-INAH-SINAFO-FN-México

Las chinampas fueron capaces de producir la mayor parte de los alimentos de la población de México-Tenochtitlan, aproximadamente doscientos cincuenta mil habitantes. Dichos “jardines flotantes” conformaron islas artificiales, que fueron construidas en áreas de humedales de poca profundidad.



La ciudad de México anegada (mapa de México y las lagunas), siglo XVII (circa 1629-1633) (ARRIBA).

Autor: Anónimo.

Técnica: Dibujo a tinta.

Fuente: Fototeca "Constantino Reyes-Valerio" de la CNMH-CONACULTA-INAH-MÉX.

CONACULTA-INAH-MÉX | Reproducción autorizada por el Instituto Nacional de Antropología e Historia.

Es un pequeño grabado que representa a la ciudad de México anegada. Debe referirse a la gran inundación que padeció México en 1629 y que terminó en 1633, a causa de la obstrucción del canal de Huehuetoca, a pesar de haber invertido grandes sumas de dinero en abrir canales y túneles, los cuales no fueron suficientes. Representación con un dibujo ingenuo y poco realista, que posiblemente denota a un pintor indígena. Al centro de la imagen se plasma al albaradón de San Lázaro conteniendo al lago de México.

Plano de la ciudad de México y sus alrededores, 1556 (ABAJO).

Publicado por Giovanni Battista Ramusio en La Citta de Temistitan.

Medidas: 32 x 29 centímetros.

Técnica: Litografía.

Varilla: OYBDF04 Núm. Clasificador: 1180-OYB-725-A.

Fuente: Mapoteca Manuel Orozco y Berra, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, SAGARPA.

El mapa, que probablemente date del siglo XVI o XVII, es una representación de una urbe en medio de lagunas y probablemente haga referencia a las constantes inundaciones que padecía la ciudad colonial de México, especialmente la de 1553 y las muy graves de 1555 y 1629. En el mapa —de autor desconocido— se observa la zona del lago y la tierra firme, así como los puentes que las comunicaban y probablemente el albaradón construido por Nezahualcóyotl en 1449 para contener los volúmenes.

Albaradón de Nezahualcóyotl

La ciudad de México-Tenochtitlan se ubicaba a menos de dos metros sobre la cota del lago de Texcoco, y por eso, en temporada de lluvias era frecuente que éste se desbordara e inundara la ciudad tenochca, como ocurrió en 1446, cuando, según las crónicas, se elevó tanto el nivel de los lagos que casi tocaban las copas de los árboles.

Para evitar que se repitiera este fenómeno, a solicitud de Moctezuma Ilhuicamina, Nezahualcóyotl, señor de Texcoco, recomendó y, posteriormente, dirigió la construcción de una cerca de madera, piedra y barro, coronada por un fuerte muro de mampostería que permitiría contener el flujo del lago de Texcoco —el famoso albaradón de Nezahualcóyotl—, el cual contaba con una longitud de 16 kilómetros, 4 metros de alto y 6.7 de ancho, se extendía desde el cerro de Atzacolco hasta Iztapalapa y sus compuertas permitían verter las aguas del lago de Texcoco en época de estiaje y contenerlas en época de lluvias.

Ante el crecimiento de la población y la multiplicación de huertas y jardines en México-Tenochtitlan, la demanda del recurso se incrementó considerablemente. No obstante las advertencias de futuros peligros, Ahuizotl, octavo tlatoani mexica, ordenó en 1486 la construcción de un nuevo acueducto que conduciría el líquido desde Coyoacán hasta el centro de Tenochtitlan, bordeando la calzada de Iztapalapa. Por desgracia, como consecuencia de fuertes precipitaciones, en 1499 se desbordó el acueducto de Acuecuéxcatl, derivando en que la Capital tenochca sufriera una inundación de grandes dimensiones. Este hecho condujo a la construcción, en las proximidades de México-Tenochtitlan, del albaradón de Ahuizotl, cuya función principal era proteger a la población de los embates de corrientes provenientes del sur de la Cuenca.

Época colonial



La llegada de los conquistadores a México-Tenochtitlan

Después de la caída de México-Tenochtitlan, se pensó en borrar cualquier vestigio de la antigua Capital mexicana. Se advertía ya el gran inconveniente de que la población estuviera expuesta en una zona lacustre, donde el peligro de las inundaciones era permanente porque todas las corrientes se concentraban en ella. Sin embargo, Hernán Cortés decidió edificar la nueva ciudad sobre las ruinas de la antigua.

De la mano de Alonso García Bravo, alarife planificador, la ciudad de México se constituyó en la primera del mundo hispánico que se adaptó a un patrón reticular integrado por manzanas rectangulares, ordenadas alrededor de una plaza central, donde se asentaron los poderes políticos, económicos y religiosos. Hay que hacer notar que se conservaron muchas acequias de la antigua Tenochtitlan, de manera que desde entonces se caracterizó ésta por ser una ciudad lacustre. Ante la variedad de nuevas situaciones y necesidades de la sociedad novohispana, fueron realizados diversos tipos de obras para satisfacer sus demandas.

Dentro de los trabajos realizados sobresalen aquéllos relativos a la ingeniería hidráulica, como las acequias que contribuyeron a definir la traza rectilínea de la nueva urbe, a la par de servir de límite entre los barrios estratificados socialmente. Asimismo sobresalieron obras en materia de irrigación que, por medio de canales, suplían la falta de lluvias al conducir agua a los cultivos.

Entre las construcciones más notables se encuentran los acueductos que se levantaron para abastecer a las ciudades, pero que también sirvieron para los molinos e ingenios de algunas haciendas de la región. La ubicación de la ciudad de México y las características del subsuelo significaron para la ingeniería colonial un reto peculiar, teniéndose que enfrentar las constantes inundaciones que padecían sus habitantes, la primera de ellas que tuvo lugar en 1555.



Acueducto en Chapultepec, Distrito Federal (s/f) (IZQUIERDA).
Autor: Archivo Casasola.
Medidas: 12.7 x 17.8 centímetros.
Técnica: Placa seca de gelatina.
Fuente: Fototeca Nacional del INAH-SINAFO.
© (87242) CONACULTA-INAH.SINAFO.FN.MÉXICO

En los siglos XVI y XVII, la ciudad de México era abastecida por dos acueductos: el primero conocido como de La Tlaxpana o Santa Fe, llevaba agua desde el cerro de Chapultepec mediante una estructura de mampostería de más de mil arcos, de occidente a oriente, pasando por la calzada La Verónica hasta llegar a la calzada de Tacuba, cambiando de rumbo hacia la actual avenida Hidalgo, concluyendo en el puente de La Mariscala, muy cerca de la Alameda Central. El segundo recibía el nombre de Bellem porque en su trayectoria pasaba frente al convento del mismo nombre, se originaba en los manantiales que existieron al pie del cerro del Chapulín y sus 904 arcos recorrían la hoy avenida Chapultepec.

Plano de la ciudad de Tenochtitlan en 1519 (DERECHA).
Ensayo de reconstrucción formado por Leopoldo Batres, inspector y conservador de los monumentos arqueológicos de la República Mexicana, y publicado por la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística en 1892.
Autor: Leopoldo Batres.
Medidas: 97 x 77 centímetros.
Técnica: Papel marca impreso a color. Escala: 7 500.
Varilla: OYBDF02 Núm. Clasificador: 871-OYB-725-B.
Fuente: Mapoteca Manuel Orozco y Berra, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, SAGARPA.

El plano representa la división de los barrios o calpulli de Moyotlan, Teopan, Atzacualco y Cuexpopan, además de indicar aquellos que para entonces habían desaparecido. En esta representación también se puede distinguir la traza de la Capital mexicana en sus canales, calles y calzadas de Tepeyac, Iztapalapa y Tacuba.



Vista del oasis y la misión de San Ignacio (imagen izquierda y central) ubicados en el municipio de Mulegé; se muestra también a la misión de Nuestra Señora de Loreto, en el Pueblo Mágico de Loreto.

A pesar de lo agreste del territorio sudbajacaliforniano, el inicio de los asentamientos humanos tuvo como eje la presencia de oasis en la región. En este sentido, de acuerdo con estudios de la Conabio, existen 184 oasis de los cuales 171 se encuentran en territorio en la zona meridional de la península, que han sido aprovechados desde tiempos inmemorables por cochimíes, pericúes y guaycuras, así como por las misiones jesuitas y franciscanas que se asentaron en Baja California a partir del siglo XVII. La mayoría de estos importantes depósitos tienen un área de entre cincuenta y seiscientos metros cuadrados, aunque algunos son más extensos, como los de San Ignacio que se aprecia en la imagen (2.7 kilómetros cuadrados), La Purísima (2.5 kilómetros cuadrados) y Mulegé (un kilómetro cuadrado).



Las misiones

Después del intento de Hernán Cortés por fundar en 1535 una colonia en la Bahía de Santa Cruz, hoy en día La Paz, Baja California Sur, tuvieron que pasar más de ciento cincuenta años para que en 1697 un pequeño grupo de europeos pusieran pie en el territorio para fundar las denominadas “misiones”.

Aprovechando el “sistema de oasis” característico de la zona desértica de la península, el padre jesuita Salvatierra fundó en ese mismo año la misión de Nuestra Señora de Loreto, quizás el asentamiento novohispano más antiguo, así como la primera misión permanente y Capital Inicial de las Californias.

Las poblaciones de estos asentamientos fueron capaces de enfrentar prolongados periodos de sequía, así como fomentar la producción agrícola, ganadera y de oficios diversos, gracias a la conformación de un sistema de abastecimiento basado en la perforación de pozos y la construcción de norias, presas y canales en las proximidades de dichos espejos de agua, logrando con esto una relativa autosuficiencia en un área donde escaseaban alarmantemente los recursos hídricos.



Acueducto del Padre Tembleque ubicado entre el Estado de México e Hidalgo.



Arcos del Sitio, Tepotzotlán, Estado de México.

Los acueductos novohispanos

Uno de los principales retos que tuvieron que afrontar los españoles inmediatamente después de la Conquista, fue el de abastecer agua a las nuevas comunidades. Para ello se valieron de la construcción de acueductos a gran altura, además de elementos de ingeniería desconocidos en el Nuevo Mundo como las arcadas, los sifones, las cajas de regulación e, incluso, el uso de tuberías para llevar el recurso al lugar de consumo.

Entre los más notables sistemas de conducción coloniales cabe señalar al acueducto del Padre Tembleque, conocido también como el acueducto de Zempoala, notable obra hidráulica considerada como la precursora de todos los canales elevados de la Nueva España. Francisco de Tembleque, misionero franciscano, comenzó a construirlo en 1545 y lo concluyó 17 años después, con la ayuda de 400 indígenas. Se aprovechaban las aguas que brotaban al pie del cerro Tecajete en el estado de Hidalgo para abastecer a la población de Otumba en el hoy Estado de México, salvando una distancia de treinta y dos kilómetros aproximadamente. A lo largo de su vida útil de casi tres siglos, logró suministrar 2 500 metros cúbicos diarios para consumo humano y agrícola, pero se piensa que hubiera llegado a tres mil metros cúbicos al día con una pendiente de 300 metros.

A 29 kilómetros al noroeste de la cabeza municipal de Tepotzotlán se encuentra el acueducto de Xalpa, mejor conocido como “Arcos del Sitio”, el de mayor altura de la época colonial. Esta obra monumental comenzó a ser construida por frailes jesuitas en 1760 para llevar agua al colegio de Tepotzotlán, estuvo a cargo del padre Santiago Castaño pero no se concluyó debido a la expulsión de los jesuitas en 1767, terminándola en 1854 don Manuel Romero de Terreros, tercer conde de Regla. Desde la parte más profunda alcanza una altura de 61 metros, comprende en total 43 arcos repartidos en cuatro niveles, alcanzando una longitud de 438 metros.



Vista del acueducto colonial, cuyas arquerías fueron terminadas entre 1728 y 1730, construido para abastecer a la ciudad de Morelia, Michoacán, 1967 (IZQUIERDA).

Autor: Oficina de fotografía
Guillermo Cano.
Medidas: 16 x 12 centímetros.
Colección Fotográfica, caja 1038,
expediente 31700,
Núm. Inv. CF-31-31700.
Fuente: Archivo Histórico del Agua.

Vista aérea del acueducto en Querétaro, 1967 (DERECHA).

Autor: Oficina de fotografía
Guillermo Cano.
Medidas: 16 x 12 centímetros.
Colección Fotográfica,
caja 30, expediente 695,
Núm. Inv. CF-01-0695.
Fuente: Archivo Histórico del Agua.

Uno de los elementos arquitectónicos más representativos de la ciudad de Morelia lo constituye su acueducto, obra emblemática de la ingeniería hidráulica novohispana del siglo XVIII, que a lo largo del tiempo sigue destacándose por su belleza, calidad en su construcción y diseño.

De todos los acueductos que se conservan en el país, el de Morelia es el que se mantiene en mejor estado y el que conserva en mayor parte la estructura original, lo que valió para que el centro histórico de la Capital michoacana fuera declarado Patrimonio Cultural de la Humanidad por la UNESCO en 1991. Sin embargo, antes de esta maravilla arquitectónica existieron otras tres edificaciones que por la debilidad de los materiales usados y de su propia construcción tuvieron que ser reparados e incluso demolidos, hasta darle paso a la actual estructura levantada en cantera rosa entre 1785 y 1799, situación que resolvió la carencia del recurso vital en la ciudad. Este notable acueducto funcionó hasta 1910 cuando se puso en marcha un nuevo sistema de suministro.



Querétaro, ciudad desarrollada a lo largo de la ribera del río del mismo nombre, con la colonización española y el aumento de la población tuvo que repartir su caudal, que desde el siglo XVII resultaba ya insuficiente. Ante ello, se creó un sistema de abastecimiento a partir de la “acequia madre” y una serie de canales, con la finalidad de suministrar el recurso al convento de San Francisco, a un molino, así como a nuevas casas con sus respectivas huertas y, más adelante, contribuir a la ganadería y la industria.

Debido al constante crecimiento de la población y la necesidad de proveer agua para uso público-urbano, así como para el riego y la industria, nació en 1726 el proyecto de construcción del acueducto de la ciudad. Éste consistió en la edificación de una atarjea que iba desde El Capulín hasta el convento de la Santa Cruz, en la cima de la montaña del Sangremal, atravesando el vado de la hacienda de Carretas mediante la construcción de varias arcadas, distribuyendo el líquido a través de cajas de agua repartidas por las calles de la ciudad, jardines, fuentes de conventos y casas. Este sistema hidráulico comenzó a funcionar en 1738 y durante 166 años llevó 0.030 metros cúbicos por segundo de agua potable a la ciudad de Querétaro.

En 1904, se aumentó el flujo a 0.060 metros cúbicos por segundo y en 1946 al levantar el peralte del caño 40 centímetros se incrementó el suministro a 0.090 metros cúbicos por segundo. El acueducto, hecho de cal y canto, funcionó hasta la década de los sesenta del siglo XX cuando se comenzaron a perforar pozos cerca de la alberca, lo que ocasionó la disminución de los veneros que lo abastecían.



Real de Minas del Salto de Guanajuato de Nueva España, 1817.

Autor: Anónimo novohispano.

Medidas: 63.0 x 83.9 centímetros.

Técnica: Óleo sobre lienzo.

Fuente: Colección Museo Soumaya. Fundación Carlos Slim, AC / Ciudad de México.

La minería colonial se consolidó durante el siglo XVI alcanzando su mayor esplendor en el siglo XVIII, principalmente en los territorios del norte como Guanajuato, Zacatecas y San Luis Potosí, época en la que predominaba el sistema de amalgamación en frío también denominado “sistema de patios”, que requería un gran caudal para funcionar.

A través de la minería se conformó un tipo de organización muy peculiar, regido por normas especiales. Su célula básica fueron los Reales de Minas, que consistían en distritos mineros regidos por una diputación, la cual tenía como principal función cuidar los intereses de los productores, así como la aplicación de las ordenanzas propias de la industria. De los 500 reales y realitos que existían al finalizar el periodo virreinal, entre los más importantes se encuentran los Reales de Minas de Guanajuato, con su veta La Valenciana, la más importante de la Nueva España. También pueden citarse los reales de Pachuca y Real del Monte, en Hidalgo; Sombrerete y Fresnillo, en Zacatecas; Parras, en Coahuila; y Batopilas, en Chihuahua.

El papel de la minería

Durante la Colonia fue determinante la minería como un impulsor de centros urbanos e importante consumidor de recursos hídricos. Como ejemplo de ello podemos citar el origen de la ciudad de Guanajuato debido al descubrimiento de las minas de plata, que la convirtieron a fines del siglo XVIII en el principal productor de este metal a nivel mundial. Los primeros hallazgos están envueltos en un halo de leyenda del que es difícil distinguir la realidad de la fantasía. No obstante, no parece haber duda de que fue en 1548 cuando se comenzó a trabajar en los primeros tiros de minas en Rayas y Mellado; y que es en ese mismo año cuando desde estos tiros se descubre la famosa veta madre de Guanajuato. Este prodigioso filón corre a lo largo de los cerros que limitan la cañada guanajuatense por el norte y el nororiente, dejando en la superficie terrena una constelación de minas, tiros y bocaminas.

Al respecto, cabe hablar de la mina La Valenciana, propiedad de Antonio Obregón y Alcocer, que descubierta a la mitad del siglo XVI, en 1769 se convirtió en la más productiva de la Nueva España y el mundo, haciendo muy ricos a sus dueños y propiciando el desarrollo que experimentó la entidad a fines del XVIII y primeros diez años del XIX. Según las crónicas, la mina contaba con el productivo tiro de San José, que llegó a tener en 1810 una suma de 527 metros de profundidad, el más hondo del mundo en ese momento.

En la época de esplendor de la minería, La Valenciana producía una sexta parte del total producido en toda América, haciendo que Guanajuato ocupara el primer lugar en esta materia, seguido de Real de Catorce y Zacatecas. Por efecto del desarrollo impulsado por la actividad minera, para asegurar el abastecimiento de agua para la población, en 1851 entró en operación la presa de La Olla y en 1891 se puso en marcha la presa La Esperanza.



Quizás uno de los puentes más emblemáticos del periodo colonial, es el puente de Batanes, construido en los alrededores de San Andrés de Salvatierra, Guanajuato, sobre el río Lerma. Edificado por los carmelitas, a través del arquitecto fray Andrés de San Miguel, en 1649. Terminado casi en ochenta días, desde entonces ha sobrevivido a crecidas del río que en ocasiones lo han cubierto por completo.



Hacienda Sotuta de Peón, Tecoh, Yucatán.

El papel de las haciendas henequeneras

El agave henequenero es una planta originaria de la península de Yucatán cultivada desde tiempos prehispánicos con la finalidad de extraer sus fibras para diversos usos. Los indígenas continuaron con esta actividad de manera doméstica y limitada durante la Colonia, mientras en las haciendas se trabajaba el llamado “oro verde” para consumo interno. Sin embargo, a raíz de la invención de la máquina desfibradora Solís y de la introducción del vapor como fuerza motriz, en la década de 1830 comenzó a sembrarse el henequén a gran escala en los latifundios del noroeste yucateco, a efecto de satisfacer la creciente demanda de hilo en el mercado estadounidense.

Con el fin de procesar el agave se construyeron estructuras para asolear, secar y despuntar los frutos producidos, además de cobertizos con estructuras de madera, aunque las instalaciones para desfibrar el henequén o aserrar leños fueron más sólidas y de mayor tamaño pues debían guarecer maquinaria numerosa y costosa. Como en toda actividad industrial, se consideraba vital el abasto de agua para la producción. En esta región se podía acceder a los mantos freáticos y sus corrientes subterráneas a través de los cenotes. Desde esta fuente podía disponerse del vital líquido para diferentes necesidades de la actividad henequenera.

El cultivo del “oro verde” se extendió a principios del siglo XX hacia estados como Campeche, Tamaulipas y Chiapas y, mediante el contrabando de semillas, hacia naciones como Cuba, Brasil, Kenia y Tanzania, hoy conocida como Tanzania.



Forma y levantado de la ciudad de México, 1628.

Autor: Juan Gómez de Trasmonte.

Medidas: 54.5 x 62.0 centímetros en papel
(43 X 56 centímetros en impresión).

Técnica: Grabado a color sobre papel.

Fuente: Gobierno del Distrito Federal. Secretaría de Cultura. Museo de la ciudad de México.

Esta "perspectiva detallada de la ciudad", de acuerdo con Richard Boyer tiene importancia por ser prácticamente una de las dos únicas fuentes que existen para dimensionar a la ciudad de México en el siglo XVII, además de haberse realizado en 1628, un año antes de la inundación más grave que haya sufrido la Capital en su historia y que la mantuvo anegada hasta 1634.

De acuerdo con Boyer en su ensayo La ciudad de México, Gómez de Trasmonte plasmó la urbe desde el occidente: "probablemente hizo el dibujo desde las colinas de Chapultepec o desde algún punto alto cercano a Tacuba". El trazo de la ciudad es tan detallado que pueden observarse los acueductos, canales, ríos y acequias que cruzaban la ciudad, así como el lago de Texcoco que la circundaba y que con su crecida fue el responsable de la catastrófica inundación de 1629.

Breve historia de las inundaciones de la ciudad de México

La ubicación de la ciudad de México y las características del subsuelo significaron para la ingeniería colonial un reto peculiar, que sin duda se contempló con interés desde otras latitudes del país y de la propia España, ya que era inaplazable encontrar una solución a las constantes inundaciones que padecían sus habitantes. La primera de ellas aconteció en 1555, recurriéndose a los indígenas más ancianos para que informaran sobre el proceder de los gobernantes mexicas. Derivado de ello, se elaboró una lista de obras por realizar, entre otras conducir remanentes de agua fuera de la urbe, cerrar puentes y puertas, componer las principales calzadas, reparar bordos y, principalmente, reconstruir la albarrada que había sido levantada en tiempos de Nezahualcóyotl.

La nueva obra, conocida como el albarradón de San Lázaro (1555-1556), siguió tanto la ubicación como la técnica de construcción indígena, rodeando la ciudad por oriente y el sur, con lo que se logró interceptar las aguas de los lagos Zumpango y Xaltocan. Este dique medía diez kilómetros de largo aproximadamente y 3.3 metros de ancho, pero no bastó para solucionar la situación. Cabe mencionar que las inundaciones que azotaron a la Capital en la primera mitad del siglo XVII llegaron a ser tan graves que nuevamente se planteó la posibilidad de cambiar de sitio a la Capital. A pesar de ello, con motivo de las anegaciones de 1604 y 1607 se dio la orden de reparar calzadas y diques, además de que se pensó en construir un sistema para desaguar la cuenca.



Restos del muro del albarradón de Ecatepec, separado por una de capilla. Camino Real México-Pachuca, Ecatepec de Morelos, Estado de México, (s/f).

Autor: Oficina de fotografía Ernesto Barrera.

Medidas: 16 x 12 centímetros.

Colección Fotográfica, caja 278, expediente 7896, Núm. Inv. CF-07-7896.

Fuente: Archivo Histórico del Agua.

Durante la época colonial, esta emblemática instalación con muros de piedra y una serie de compuertas en su trayecto, que era utilizada para contener los niveles de los lagos Xaltocan y Zumpango y evitar posibles inundaciones en la Capital, sirvió también como camino para los viajeros procedentes de Pachuca o con rumbo a Veracruz. Se extendía a lo largo de 4 kilómetros: desde Venta de Carpio en las faldas del cerro de Chiconautla hasta el Puente de Fierro en Ecatepec de Morelos.



Plan de desagüe del Valle de México por Huehuetoca, circa 1753.

Autor: José de Páes.

Medidas: 2.22 x 2.76 metros. | Técnica: Óleo sobre tela.

Fuente: Museo Nacional de Historia-Castillo de Chapultepec.

CONACULTA-INAH-MÉX | Reproducción autorizada por el Instituto Nacional de Antropología e Historia.



Carta topográfica que comprende el terreno conducente a la inteligencia del extravío del río Cuautitlán, 1774.

Autor: Anónimo.

Medidas: 43.8 x 65.0 centímetros.

Técnica: Soporte sobre papel.

Ayuntamiento de la ciudad de México, Memorias Obras Desagüe, Vol. 339A, exp. s/n,

fecha: s/f, Carteles e Ilustraciones, caja 3, carpeta 124-3.

Fuente: Gobierno del Distrito Federal. Secretaría de Cultura. Archivo Histórico del Distrito Federal "Carlos de Sigüenza y Góngora"

El plan para controlar el río Cuautitlán y drenar el lago de Zumpango

A diferencia de la ingeniería mexicana, los españoles introdujeron técnicas de agricultura y ganadería que depredaban con rapidez el suelo y los cuerpos de agua. Los lagos eran considerados, entonces, un peligro, agua muerta pernicioso para la salud, todo lo cual dio inicio tanto a un ciclo de inundaciones recurrentes como a esfuerzos continuados para desaguar la Cuenca.

La obra colonial más importante en este sentido fue proyectada por Enrico Martínez entre 1607 y 1608, sabio alemán que concibió la idea de resguardar la ciudad de México mediante una estructura que consistía en un tajo abierto de 6 269 metros que recorría la orilla de la laguna de Zumpango hasta Huehuetoca con más de once metros de fondo; un túnel o socavón de 6 411 metros que iniciaba al terminar el tajo; y una zanja de 652 metros que comenzaba en el remate de la galería que dirigía el caudal hacia Nochistongo, ello debido a que al crecer el río Cuautitlán, el lago de Zumpango se desbordaba sobre el de Texcoco —que se encontraba 6 metros abajo de la cota del primero—, provocando serias inundaciones en la Capital.

Como consecuencia de problemas de funcionamiento, los trabajos fueron clausurados en 1629 por el virrey en turno, provocando que la Capital novohispana se inundara cinco años y que se perdieran numerosas vidas humanas. No obstante, personajes de la talla del Barón Alexander von Humboldt consideraron este sistema como uno de los más importantes del mundo preindustrial. En este sentido, se estima que Enrico Martínez mandó remover en un año, sin maquinaria, ochocientos noventa mil metros cúbicos de materiales utilizando la fuerza de sesenta mil hombres, y que hasta su culminación fueron desalojados no menos de treinta millones de toneladas en las mismas condiciones, volumen comparable al excavado en los canales de Suez y Panamá.

La construcción de dicho sistema de desagüe continuó por casi doscientos años, modificando y agregando estructuras para salvar las fallas que presentaba el diseño de la obra, sobre todo para revestir el túnel y evitar los derrumbes que pronto la obturaron. Sin duda, la más importante fue la demolición del túnel para transformarlo en un tajo, proyecto de gran complicación porque al mismo tiempo que se excavaba el canal debía permanecer en funcionamiento.

Fueron muchos los intendentes que se encargaron de dar fin al proyecto después de la muerte de Enrico Martínez en 1632, hasta que el virrey Carlos Francisco de Croix tomó la determinación de licitar la conclusión de las obras, adjudicando la tarea final al Tribunal del Consulado de México.

De este modo, el gobierno de la ciudad de México recibió en 1789 el último tramo del desagüe, 181 años después de haberlo comenzado, alcanzando una longitud total de 12 986 metros. No obstante los recursos y esfuerzos desplegados durante casi dos siglos, se terminó estimando que las obras seguían siendo insuficientes para proteger a la urbe de una futura inundación, aunque sí la protegían de las aguas provenientes del norte. Actualmente, la obra drena la corriente del río Cuautitlán, además de caudales del Interceptor Poniente, y tiene la apariencia de una barranca natural.

La Zanja Cuadrada

En el siglo XVIII, la dinastía de los Borbones que llegó al trono del Reino de España inició una serie de reformas económicas, políticas y administrativas que buscaban ordenar, controlar y recibir mayores beneficios de los territorios coloniales. Como parte de dicho proyecto, el territorio de Nueva España se dividió en doce intendencias, con la Ciudad de los Palacios como Capital de la Intendencia de México, estableciéndose una mayor vigilancia del espacio público, del uso de suelo, de la propiedad y de la renta de la tierra, medidas que coincidían con las ideas sobre el ordenamiento urbano promovidas por el pensamiento ilustrado de la época.

Sin embargo, a esta concepción de desarrollo se contraponían, en la Capital de la Nueva España, las calles anchas y rectas con las calles angostas e irregulares de los pueblos indígenas, las acequias azolvadas así como un escaso y deficiente drenaje. Con el propósito de hacer la ciudad útil, cómoda y funcional, los administradores borbónicos promulgaron una serie de reglamentos tendentes a mejorar el funcionamiento de los servicios públicos y regular el comportamiento de la sociedad. Para su realización, el segundo conde de Revillagigedo presentó dos proyectos: el primero para establecer la limpieza de los barrios y el segundo, el más importante, para elaborar lo que se considera el primer plan regulador de la ciudad de México. Dos eran sus objetivos fundamentales: alinear las calles para terminar con la irregularidad de los barrios indígenas y construir una acequia, la Zanja Cuadrada, que rodearía a la ciudad.

El proyecto de la Zanja Cuadrada presentado por el maestro Ignacio Castera, que tendría la doble función de barrera fiscal y de acequia madre, consistía en la construcción de un doble foso para, por un lado, conducir el agua proveniente de Chapultepec y Mexicaltzingo a través de diversas compuertas, e introducirlas a las atarjeas y canales interiores a fin de aumentar la corriente y hacer más eficiente el desagüe; y por otro, coleccionar y arrastrar las aguas negras y de lluvia vertidas en las acequias y las atarjeas, y llevarlas hacia la compuerta de San Lázaro.

Además de las funciones descritas, la Zanja Cuadrada vendría a definir los límites urbanizados de la ciudad, es decir, el perímetro de la ciudad de México tendría a la Plaza Mayor como eje central, por el poniente llegaría hasta la Alameda, y Santiago Tlatelolco y los nuevos paseos contruidos quedarían excluidos del recinto de la Capital hacia el norte y sur.



Plano Ygnografico de la ciudad de México, circa 1794.

Autor: Ignacio Castera.

Medidas: 52 x 67 centímetros.

Técnica: Papel marca manuscrito coloreado.

Varilla: OYBDF02 Núm. Clasificador: 930-OYB-725-A.

Fuente: Mapoteca Manuel Orozco y Berra, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, SAGARPA.

Descripción:

"Plano Ygnografico de la Ciudad de México Capital del Ymperio que demuestra el reglamento general de sus calles hasí para la comodidad y hermosura como igualmente conciliar el mejor orden de Policía y construcción futura levantado por orden del Sor. Exmo. Conde de "Revilla Gígedo", por el Mtro. mayor de la N. C. D. Ygnacio Castera, año de 1794.

"Explicación

"Lo encarnado demuestra lo interior de la Ciudad y que están sus calles rectas.

"Lo amarillo subido las casas mal formadas que hay en los barrios.

"A. Salida de las aguas por las actuales atarjeas y las que en lo sucesivo se hagan.

"B. Compuertas mayores para alzar las aguas de Chapultepec y Mexicaltzingo.

"C. Compuertas menores para introducir las aguas y dar mayor impulso y corriente a las tarjeas.

"D. Una de estas compuertas que deberá ponerse al costado del Hospital Real.

"E. Otras tres que al mismo efecto deben construirse al costado de la Alameda para dar corriente a las atarjeas de las calles de San Francisco y Tacuba.

"F. Ocho puentes que deberán construirse para dar entrada de las calzadas a las calles principales.

"G. Quatro plazas grandes en los quatro ángulos, útiles para revistas del Exercito, evoluciones militares, mercados, y otros diversos usos de una Capital.

"H. Sus quatro ángulos de la acequia principal."

El mapa reviste gran importancia en sí mismo por su elaboración y explicación, que delimita perfectamente el trazo de la llamada Zanja Cuadrada, proyecto del maestro Ignacio Castera.



Valle de México desde la Hacienda de los Morales, 1902.

Autor: Conrad Wise Chapman.

(Washington, EUA, 1842-Hampton, EUA, 1910).

Medidas: 22 x 47 centímetros.

Técnica: Óleo sobre lienzo.

Fuente: Colección Museo Soumaya. Fundación Carlos Slim, AC / Ciudad de México.

El conquistador español restableció la estructura de la Encomienda de Tacuba, la más grande del Valle de México otorgándosela a la hija primogénita de Moctezuma II, Tecuichpotzin o Tecuichpoch ("doncellita real"), bautizada Isabel por los españoles. Ahí tiene su origen la hacienda de los Morales, llamada así porque luego de 1540, con el afán de formar un criadero de gusanos de seda para la Nueva España se sembraron grandes extensiones de terreno de matas de mora. Un siglo después, en 1647 se iniciaría la construcción del casco cuyos dueños lo llamarían San Juan de Dios de los Morales, finca que perdura hasta nuestros días y que conserva su estructura original.

Haciendas ejemplares

La hacienda novohispana consistía en una unidad de producción cuya actividad económica tenía lugar dentro del sector agrario, inicialmente, diversificándose después en ramas como la ganadería, la extracción de metales, la manufactura y el comercio. Aunque su origen se mezcla con instituciones del siglo XVI como la encomienda y las mercedes reales, su apogeo ocurrió a finales del siglo XVII y principios del XVIII, época en que la organización de la vida del Virreinato giraba en su torno, constituyendo toda una forma de vida en la que se integraban elementos rurales, urbanos, individuales, colectivos, civiles y religiosos.

Físicamente, la mayor parte de las haciendas estaba conformada por las tierras de labor y un casco, donde se concentraban la residencia del dueño y de los trabajadores residentes o temporales, la capilla o iglesia, las tiendas de "raya" y la escuela, además de las funciones administrativas y de servicio, el almacenamiento de cosechas así como los implementos para la producción y los animales de trabajo.

En virtud de que llegaron a constituir unidades de producción agropecuaria, era indispensable que contaran con una infraestructura hidráulica a efecto de almacenar el vital líquido, conducirlo hacia un sistema de riego o emplearlo como fuerza motriz o, simplemente, utilizarla para consumo de hombres y animales.

Algunas contaban con fuentes naturales como arroyos o manantiales, pero otras debían obtener dicho recurso de lugares externos, para lo cual se edificaron distintas obras de conducción con un único denominador: que existiera una pendiente para lograr la circulación del líquido por gravedad. En este sentido, se fabricaron canales de madera o de mampostería para distancias largas en terrenos poco accidentados; se construyeron arcadas de piedra de varios kilómetros de extensión para salvar caminos, barrancas o ríos; e incluso fueron perforados cerros para evitar costosos desvíos.



Patio de la hacienda de Santa María Regla, 1857.

Autor: Eugenio Landesio Píemos.

(Turín, Italia, 1810-Roma, Italia, 1879).

Medidas: 45.5 x 64.0 centímetros.

Técnica: Óleo sobre lienzo.

Fuente: Colección Museo Soumaya. Fundación Carlos Slim, AC / Ciudad de México.

En la décima exposición de la Academia de San Carlos, Landesio presentó la pintura titulada *Patio de la hacienda de Santa María Regla*. La obra formaba parte de un conjunto de diez vistas que el italiano realizó para Nicanor Béistegui, socio de la compañía Real del Monte. Extraordinario documento visual de la época en que se da cuenta del procedimiento minero de “sistema de patio”, con el cual se extraía el mineral del lugar. En esta reconocida obra del siglo XIX se aprecia cómo se encuentra estrechamente vinculado el recurso vital con las haciendas y la minería.

Paisajista italiano, Eugenio Landesio, fue nombrado por Pelegrín Clavé, director de la Academia de San Carlos, como el indicado para impartir la enseñanza de la pintura de paisaje como género especial. Tuvo entre sus discípulos a pintores de renombre como Luis Coto y José María Velasco, entre otros, por lo que a él se debe la introducción de este género en México.

Desde tiempos de la Colonia, una de las temáticas más importantes, debido a su relevancia económica, ha sido las haciendas mineras o bien “haciendas de beneficio”, consideradas como las más antiguas de la Nueva España, donde se utilizó por primera vez en 1555 el sistema de beneficio de plata con base en la amalgamación con azogue, conocido como “sistema de patio”, perfeccionado y aplicado por Bartolomé de Medina.

En este proceso también se registra la participación de los condes de Regla y la compañía británica del Real del Monte, los cuales trabajaron estos sistemas mediante el uso de agua en la molienda, mezcla y lavado del mineral. Cabe señalar que en la molienda el agua era la fuerza que movía los molinos que trituraban el mineral; en la mezcla con base en el amalgamamiento se unía el mineral con ciertas proporciones de sal, sulfato de cobre y mercurio, donde el agua se utilizaba como aglutinante; finalmente, en el proceso de lavado se utilizaba para separar los lodos de la amalgama y después el mercurio.

Para realizar estos trabajos se construyeron sendos canales que conducían el recurso vital hasta la hacienda, la cual se almacenaba en estanques o albercas en los patios de beneficio y el lavado de los minerales, siempre cerca de los hornos de fundición.

Ya en terrenos de la hacienda se iniciaba el proceso de almacenamiento y distribución interna. El gasto se almacenaba en cajas de agua para evitar su evaporación, así como en piletas cuando era destinada al consumo de los trabajadores o de los animales de trabajo y crianza. También había tres tipos de receptáculos para aprovechar la lluvia y los escurrimientos naturales que bajaban por las montañas: los aljibes solían construirse en el casco, los jagüeyes en lugares donde se encontrara una hondonada, y los diques se empleaban para contener los caudales de un manantial.

Cuando las fuentes naturales se encontraban en partes profundas del subsuelo se recurría a la perforación de pozos, en cuya boca se construía una noria o un malacate, los cuales eran impulsados por ganado o fuerza humana. El engranaje de la noria era movilizado por una recua y podía proporcionar agua de manera continua, mientras que el malacate era accionado por algún trabajador y surtía líquido de forma esporádica.

Un caso ejemplar en esta asignatura lo es el estado de Hidalgo, que ostenta un inventario de más de doscientas haciendas, majestuosas construcciones que datan de los siglos XVII, XVIII y XIX, que en su momento fueron modelo de explotación minera y producción pulquera, palacios que perduran hasta nuestros días con sus grandes trojes, almenas, lujosos salones, tinacales, canales, pozos, jardines y torres. No obstante que muchas se encuentran en ruinas o tienen hoy un uso turístico o agropecuario, cuarenta de ellas al menos se conservan en condiciones dignas de ser visitadas.

Entre estos tesoros se ubican, en el municipio de Huasca de Ocampo —una demarcación que en ese entonces era abastecida por numerosos manantiales—, las haciendas de San Miguel, San Antonio y Santa María Regla, construida esta última en una barranca donde se contaba con abundantes reservas de agua para el funcionamiento de los procesos mineros, nombrada de este modo por la enorme devoción que don Pedro Romero de Terreros guardaba hacia la Virgen de Cádiz y quien obtuvo de la Corona Española el título nobiliario de “conde”. Construida entre 1760 y 1780, fue la primera hacienda de beneficio de plata y oro de esta región del país.



Plano del Valle de México con indicación de canales de desagüe y riego, 1856 (IZQUIERDA).

Publicación: Tipografía del ingeniero Francisco de Garay.

Medidas: 62.2 x 46.2 centímetros.

Técnica: Litografía.

Memorias Obras Desagüe, Vol. 339A, exp. s/n, fecha:

1856, Carteles e ilustraciones, caja 3, carpeta 124-1

Fuente: Gobierno del Distrito Federal. Secretaría de Cultura. Archivo Histórico del Distrito Federal "Carlos de Sigüenza y Góngora".

Paseo de la Viga con la iglesia de Iztacalco, 1706 (DERECHA).

Autor: Pedro Villegas.

(activo en México, 1706-1723).

Medidas: 143.5 x 171.5 centímetros.

Técnica: Óleo sobre lienzo.

[Paseo del virrey don Francisco Fernández de la Cueva, duque de Albuquerque, y su esposa doña Juana de la Cerda por el Canal de la Viga]

Fuente: Colección Museo Soumaya. Fundación Carlos Slim, AC / Ciudad de México.

El Paseo de la Viga surge gracias a la traza de una vía a la orilla del Canal del mismo nombre, que ordenó en 1785 el entonces virrey de la Nueva España, el conde de Gálvez, cuyo cauce se originaba en el lago de Xochimilco. Pero fue el virrey don Juan Vicente de Güemes Pacheco de Padilla y Horcasitas, segundo conde de Revillagigedo, quien le dio vida convirtiéndolo en un punto de reunión donde se podía disfrutar de recorridos a pie, a caballo o en trajinera, por el canal hasta la garita de la Viga, también conocido como el Paseo de la Orilla. El óleo de Pedro Villegas hace referencia a la llegada a la Nueva España del virrey don José Sarmiento y Valladares, conde de Moctezuma, a través del Canal de la Viga en 1706.

México Independiente



Una ciudad en un entorno lacustre

Desde la época prehispánica hasta principios del siglo XIX, los habitantes de la ciudad de México mantuvieron una estrecha relación con su entorno lacustre a través de la navegación, actividad que se vio sumamente afectada a partir de la primera mitad del siglo XVII por los proyectos de desecación de los lagos. Pese a ello, la circulación de canoas y embarcaciones por canales y acequias siguió siendo una actividad cotidiana.

El Canal de la Viga, que fue un importante medio de comunicación lacustre, formó parte del canal México-Chalco y en algunos tramos era conocido como "Acequia Real" y "Canal Nacional". De acuerdo con un plano de 1877, iniciaba en la población de Chalco, seguía por Xico, después atravesaba el dique de Tláhuac (que dividía los lagos de Chalco y Xochimilco) para unirse con la acequia que comprendía los pueblos de Culhuacán, Mexicaltzingo, Iztacalco y Santa Anita, hasta entrar a la ciudad de México por la garita de la Viga —edificio construido en 1604—, y llegar finalmente a las calles de Roldán en el rumbo de La Merced. Por este Canal fueron transportados, desde tiempos ancestrales, alimentos procedentes de Xochimilco, al igual que de regiones como Tierra Caliente y el occidente del país.

Los tiempos de esplendor del Canal de la Viga y la zona lacustre de la Cuenca de México terminaron sus días a principios del siglo XX. Entre los motivos pueden citarse el aumento de población, la ocupación de tierras con fines habitacionales e industriales así como la necesidad de construir más vías terrestres.

Mucho influyó también la captación y entubamiento de los caudales provenientes de los manantiales y ríos del Valle de México, que dejaron sin corriente y con agua estancada a los canales de la Viga, Bucareli y la Ciudadela. De ahí que la Comisión de Higiene de la ciudad de México declarara a esa zona como de alto riesgo para la salud pública, siendo en 1940 cuando comenzó a rellenarse y en 1957 a pavimentarse.

El Porfiriato

Plan de alcantarillado de Roberto Gayol

Una práctica común durante la Colonia fue la de cegar muchas de las acequias existentes, rellenándolas con escombros diversos. Posteriormente, aprovechando los cauces de los principales canales que cruzaban la ciudad se edificaban conductos para el drenaje de las calles, continuándose con esta práctica durante el México Independiente y hasta finales del siglo XIX.

Para revertir dicha situación, 14 años antes de la inauguración del Gran Canal, en 1886, el Ayuntamiento de la Capital había comisionado al ingeniero Roberto Gayol y Soto, director de la Junta Directiva del Saneamiento de la ciudad de México, el estudio de una obra complementaria de drenaje: un sistema de alcantarillado que permitiera proteger a la Capital de las constantes inundaciones.

En 1891, Gayol presentó un plano general de las atarjeas conforme al *Proyecto de desagüe y saneamiento de la ciudad de México*, dividiéndola en cinco zonas para desarrollar su propuesta, cada una con un colector constituido por una tubería de fierro distribuidora de agua de lavado y, por ambos lados, las atarjeas que recogían las aguas residuales y pluviales que terminaban en un colector. A su vez, los colectores de cada zona vertían las aguas en los colectores General del Norte y General del Sur, cuyos flujos convergerían hacia el Gran Canal de Desagüe.

La obra representó un gran avance para la ingeniería hidráulica del país, así como un impulso a la sanidad e higiene públicas, ya que incluso consideraba el lavado de atarjeas mediante un caudal derivado del Canal de la Viga. Obra inaugurada por el Presidente Porfirio Díaz, a la postre también permitió identificar un problema adicional al realizarse inspecciones para explicar las deficiencias que se iban detectando: comprobó que el nivel de los colectores había bajado más de medio metro en promedio desde 1898, pro-



vocando que gran cantidad de alcantarillas tuvieran pendientes menores que las prescritas y que el hundimiento diferenciado dislocara la red de alcantarillado, formando columpios y contrapendientes en los colectores que alimentaban al Gran Canal, provocando recurrentes inundaciones.

Dos décadas después de la inauguración en 1895 del sistema de alcantarillado de la ciudad de México, el ingeniero Gayol había encontrado sin querer un nuevo fenómeno: el hundimiento diferencial en la Capital.

Plano general de atarjeas, que forma parte del Proyecto de desagüe y saneamiento de la ciudad de México: Distribución de los pozos de visita, compuertas, pozos para lámparas o ventilación y de las coladeras en la zona del Centro Histórico de la Capital, 1891.

Autor: Roberto Gayol y Soto.

Medidas: 29 x 41 centímetros.

Tomado de: Gayol y Soto, Roberto, Proyecto de desagüe y saneamiento de la ciudad de México. México: Impr. de JF Jens., 1891. 94, [s]p., 11 láms. Col. Pleg. (Alguna Col.); 23 cm. Fondo de la Asociación de Ingenieros y Arquitectos de la Biblioteca Ing. Antonio M. Anza.

Fuente: Archivo Histórico del Palacio de Minería, Universidad Nacional Autónoma de México.

En 1888 se le encomendó al ingeniero Roberto Gayol y Soto la obra definitiva del desagüe de la Ciudad de México, cuyo proyecto consistía en una red de 38 743 metros de colectores, 222 307 metros de atarjeas laterales, 7 964 coladeras pluviales y 1 189 pozos de visita en beneficio de más de ciento diecisiete mil habitantes en un área de 1 700 hectáreas.

Sin embargo, quizás el hecho más importante descubierto por el ingeniero Gayol fue el hundimiento que estaba comenzando a registrar la Capital, debido a la explotación de los mantos acuíferos. Fenómeno que años más tarde, a partir de la década de los cuarenta del siglo XX, provocaría el deterioro y desnivel del sistema de drenaje, reduciendo la capacidad de desalojo.



Plano general del terreno que comprende las obras del desagüe ejecutadas del sur del Valle de México, 1866.

Autor: Francisco de Garay.

Medidas: 71 x 99 centímetros.

Técnica: Papel marca manuscrito coloreado. Escala: 10 000.

Varilla: OYBDF01 Núm. Clasificador: 655-OYB-725-A.

Fuente: Mapoteca Manuel Orozco y Berra, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, SAGARPA.

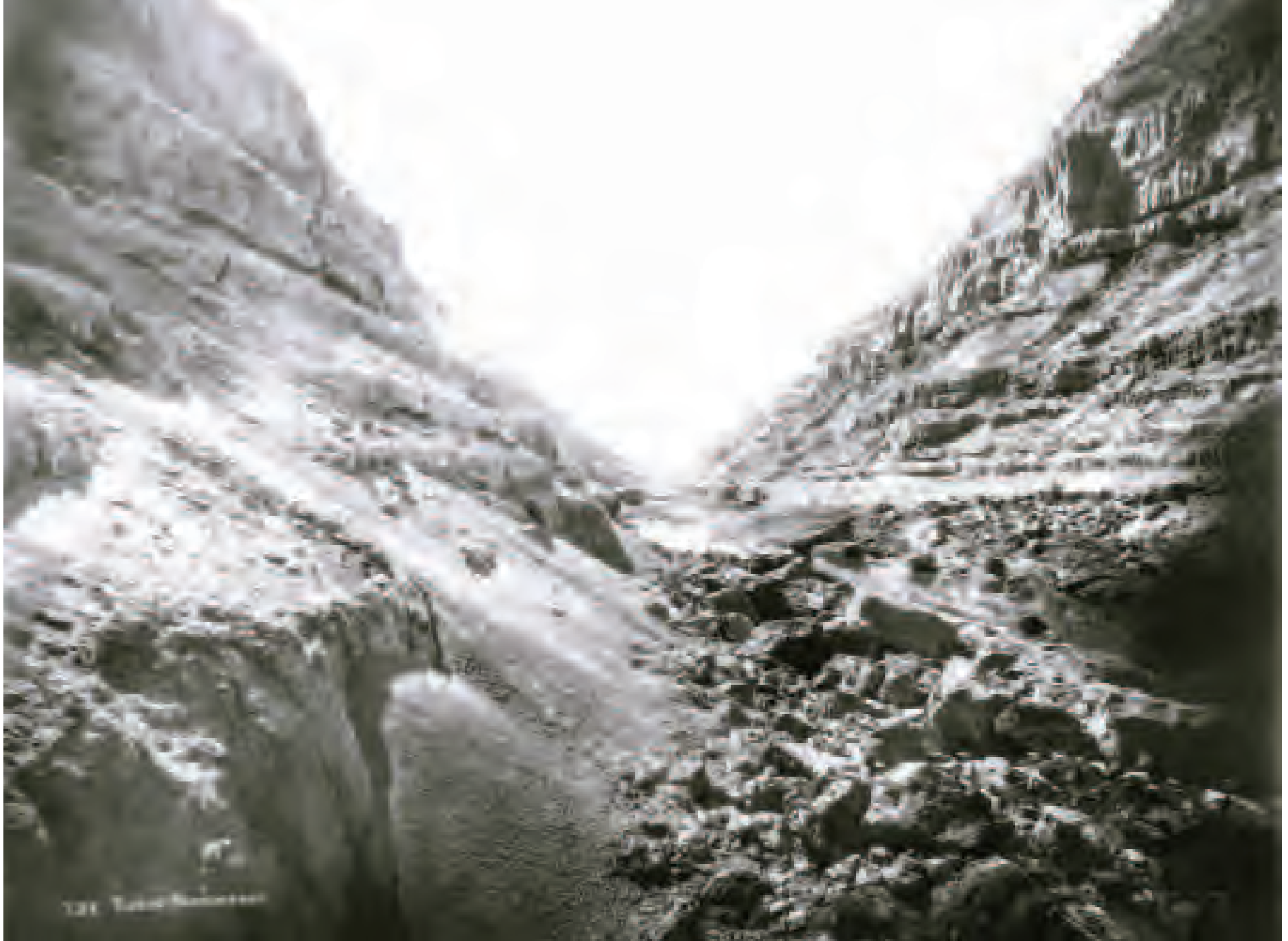
En 1885 ocurrió una nueva inundación en la ciudad de México. En ese momento gobernaba Maximiliano de Habsburgo, quien tuvo que enfrentar la inestabilidad que provocó tal evento. Después de varias reuniones entre las autoridades del Ayuntamiento y el Colegio de Ingenieros para solucionar el problema, con la presencia del emperador se aprobó el proyecto ideado por el ingeniero Francisco de Garay para desaguar la Cuenca del Valle de México.

Entre otras obras, se trataría de detener las corrientes del sur que llegaban por los canales Nacional y Santa Martha por un dique que se levantaría en la calzada de Culhuacán: 2 metros de alto por 5 en la corona y 9 en la base, sobre una calzada de 4 kilómetros de longitud. De este modo, los volúmenes del Canal Nacional fueron contenidos al cerrar el ojo de los puentes, creándose vasos artificiales donde represaron las aguas que iban en camino al lago de Texcoco, propiciando la inundación de fincas y pueblos ribereños de los lagos de Chalco y Xochimilco. Las tierras anegadas que se observan en el plano corresponden a los terrenos de la hacienda de Coapa y San Antonio principalmente.

Tajo de Nochistongo

El empuje final de las obras de desagüe tuvo lugar durante el régimen porfirista —afianzado en el poder desde 1884—, cuando al instalarse la Junta Directiva del Desagüe de México se encargó al ingeniero Luis Espinosa la supervisión de las obras que se basarían en el proyecto presentado por Francisco de Garay en 1866, una propuesta que tenía como objetivo “dominar las aguas del Valle y dirigirlas de modo que la ciudad de México y poblaciones vecinas quedasen al abrigo de una inundación”, y asimismo asegurar la evacuación de las aguas de las atarjeas de la urbe, favoreciendo también el drenaje del subsuelo, además de “recoger las aguas de los ríos que encontraran en su tránsito”.

Para lograr esta magna empresa, De Garay había propuesto la construcción simultánea de tres obras: 1) un canal a cielo abierto de más de cincuenta kilóme-



tros de longitud, que iniciaría en la garita de San Lázaro, atravesaría el lago de Texcoco y pasaría por los lagos San Cristóbal y Xaltocan, para concluir cerca del pueblo de Zumpango; 2) un túnel de casi nueve kilómetros que arrancaría en el bordo norte de la laguna de Zumpango y terminaría en la barranca de Acatlán; y 3) un tajo de desembocadero de 1 480 metros ubicado al final del túnel en Nochistongo, que se uniría al final de su trayecto con el río Tequixquiac, además de infraestructura diversa al sur y norte de la cuenca.

De acuerdo con las crónicas, el tajo de Nochistongo fue la primera obra realizada entre 1868 y 1870, con una extensión de 12 kilómetros, que aprovechó “la excavación natural realizada por el agua en la barranca de Acatlán”. En cambio, el Túnel y el Gran Canal de Desagüe, verdaderos retos técnicos de la época que se abordaron simultáneamente, demandaron mucho más esfuerzo, recursos económicos y tiempo invertido.

Aunque se tenían ciertos avances en la construcción del túnel, su conclusión se encargó a la *Mexican Prospecting and Finance Co. Ltd.* en 1889, a la cual se le entregaron lumbreras con una tercera parte de avance, y un túnel concluido en una quinta parte. Sin embargo, las dificultades en su construcción desbordaron la capacidad de los empresarios ingleses, pues debido a errores de cálculo tuvieron problemas para desaguar las lumbreras y galerías, superando con creces el presupuesto pactado.

Vista del Tajo de Nochistongo, obras de desagüe, circa 1890.

Autor: Archivo Casasola.

Fondo: Felipe Teixidor.

Medidas: 28.0 x 35.6 centímetros.

Técnica: Positivo en albúmina.

Fuente: Fototeca Nacional del INAH-SINAFO.

© (450440) CONACULTA, INAH, SINAFO, FN, MÉXICO



Hombres trabajan durante proceso constructivo del Gran Canal de Desague, Zumpango, Estado de México, circa 1905.

Autor: Archivo Casasola.

Medidas: 12.7 x 17.8 centímetros.

Técnica: Negativo de película de nitrato.

Fuente: Fototeca Nacional del INAH-SINAFO.

© (2296) CONACULTA, INAH, SINAFO, FN, MÉXICO

Cabe recordar que las primeras obras para el desagüe de la ciudad de México iniciaron luego de las inundaciones de 1865 y estuvieron a cargo del ingeniero Miguel Iglesias, quien determinó que el túnel de desalojo desembocaría en la barranca de Tequixquiac. Sin embargo, la situación convulsa que vivía el país detuvo los trabajos en 1869.

Ya en la presidencia de Porfirio Díaz se retomaron las obras del Gran Canal, esta vez a cargo del ingeniero Luis Espinosa, cuyo proyecto se componía de tres partes: un canal de 47.5 kilómetros, un túnel de 10.2 kilómetros y un tajo de salida de 2.5 kilómetros. Las labores comenzaron en 1885 quedando concluido el túnel en 1894 y seis años más tarde el Gran Canal.

Debido a estos imprevistos, la Junta Directiva del Desagüe de México tomó a su cargo el total de la obra el 1 de marzo de 1892, a la que faltaban por ejecutar el acabado y revestimiento de 12 lumbreras y casi la mitad de la galería.

Con gran esfuerzo y gracias al desarrollo de la ingeniería y técnica mexicanas y sus operarios, durante el mes de agosto de 1894 quedó concluido el túnel de Tequixquiac, finalmente de 10 kilómetros, que según el ingeniero Espinosa necesitó de grandes volúmenes de materiales para su construcción, entre ellos “22 millones de ladrillos, un millón de dovelas de betón comprimido, 25 mil metros cúbicos de mortero de tezontle y cal, 20 mil metros cúbicos de piedra común de mampostear, 20 mil toneladas de carbón quemado en las máquinas y fraguas, 10 mil cuerdas de leña en los hornos de materiales y 11 800 metros cúbicos de madera”.

Para finiquitar la obra hidráulica más emblemática de principios del siglo XX sólo faltaba concluir el Gran Canal. Además de proceder a la excavación, alcanzar la profundidad establecida, y la formación y revestimiento de taludes, debían realizarse obras complementarias que integrarían el sistema hidráulico de la cuenca con el del desagüe.

A mediados de 1895, se resolvió por primera vez dar salida a las aguas contenidas en el Canal, a fin de proceder al perfeccionamiento de los taludes y del fondo. El acto constituyó un suceso excepcional, que ameritó la presencia del Presidente Porfirio Díaz y una importante comitiva. Y no era para menos, ya que con la apertura de un potrillo de la represa situada en el pueblo de Zumpango, exactamente en el kilómetro 46.5 del Gran Canal, se consideró resuelto el secular problema del desagüe del Valle de México, pues todos los concurrentes vieron discurrir las aguas, sin ningún tropiezo, en dirección de Tequixquiac.



Esta situación cambiaría tres décadas después ya que para que funcionara el Canal, tuvo que establecerse un oneroso sistema para bombear el drenaje, y sin embargo resultó insuficiente en relación con los caudales generados por la creciente población. Por ello, ya entrado el siglo XX se plantearían diversas obras para su fortalecimiento ante una ciudad de México que seguiría creciendo hasta conurbarse con los municipios del Estado de México.



Compuerta del Gran Canal de Desagüe del Valle de México, 17 de marzo de 1900 (IZQUIERDA).

Autor: Archivo Casasola.

Medidas: 12.7 x 17.8 centímetros.

Técnica: Placa seca de gelatina.

Fuente: Fototeca Nacional del INAH-SINAFO.

© (35957) CONACULTA, INAH, SINAFO, FN, MÉXICO

Una vez terminados los trabajos, el 17 de marzo de 1900 se realizó la ceremonia de inauguración del Gran Canal de Desagüe. Ese día, Porfirio Díaz dio la orden de levantar las compuertas de San Lázaro para dar paso al caudal y entregar la obra a la entonces Secretaría de Fomento.

Este sistema de drenaje urbano combinado que desalojaba tanto aguas pluviales como residuales por un mismo conducto, es una obra notable del porfirismo, que ha sido ampliada y perfeccionada a medida que se ha requerido, que dependía para su eficaz funcionamiento de la estabilidad y pendiente del suelo metropolitano, pues cualquier fractura o hundimiento podría obstruir la expulsión de las aguas negras hacia el Gran Canal.

Con el tiempo se demostró que si bien no se resolvió el problema de las inundaciones, sí contribuyó a disminuir su ocurrencia y magnitud.

Vista actual del primer túnel de Tequixquiac (DERECHA).





II ORGULLOS HIDRÁULICOS
DE MÉXICO

Inaugurado el 17 de marzo de 1900 por el Presidente Porfirio Díaz, meses antes de las fiestas del Centenario de la Independencia, el Gran Canal y su entrada en el túnel de Tequixquiac destacan tanto por su magnitud como por la considerable cantidad de personal y recursos económicos que fueron invertidos, además por el empleo de las más avanzadas tecnologías hidráulicas de la época. No obstante ello, décadas después se requeriría de un segundo túnel de Tequixquiac (PÁGINAS 58-59).

CUANDO se emprende un viaje alrededor de la historia de México, hasta el lector menos avezado queda maravillado con la grandeza en la que hemos basado nuestro porvenir. En este sentido, todas nuestras obras hidráulicas, los modernos acueductos y las imponentes presas e instalaciones de drenaje y tratamiento –fruto del trabajo conjunto de miles de mexicanos que, sin tregua, ha abonado a los requerimientos de sustentabilidad característicos de los siglos XX y XXI–, no pueden menos que motivar un amplio y sentido homenaje.

A partir de este viaje por nuestras raíces, la Comisión Nacional del Agua no puede dejar de rememorar con profundo respeto a varias Instituciones que han sido fundamentales en el desarrollo de nuestra infraestructura hidráulica: la Comisión Nacional de Irrigación, creada en 1926 con la consigna de trabajar bajo el lema “Por la grandeza de México”; la Comisión Federal de Electricidad, consolidada en 1937; la Secretaría de Recursos Hidráulicos, acuñada en 1946; la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, cuyas tareas iniciaron en 1976 y que daría pie a la instauración de la Comisión Nacional del Agua el 16 de enero de 1989, órgano desconcentrado de la Federación al servicio del cuidado y gestión de las aguas nacionales; así como la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Materiales y Pesca, que en 2000 fue transformada en la actual Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Con la mirada puesta en un sólido pasado, en un dinámico presente y un prometedor futuro, la Comisión Nacional del Agua presenta en este apartado una síntesis de las obras más emblemáticas del país en materia de explotación, almacenamiento, conducción, desalojo y tratamiento de agua, que en su momento incluso fueron consideradas ejemplo tanto a escala nacional como internacional, que lograron consolidar los objetivos para los que fueron creadas y que generaron condiciones de progreso y salud pública en gran parte de las entidades federativas.

Por ello, en las presentes líneas se trata de preservar la memoria institucional con ánimo fortalecido para que continúen desarrollándose las obras y proyectos que enaltezcan a las distintas regiones de nuestra Nación, que conduzcan caudales hacia los mexicanos que lo requieran y logren vencer con fuerza y determinación los retos que se presentan.

De cara a la legítima aspiración de consolidar un México Próspero; de superar los desafíos que presentan el cambio climático en materia hídrica y la consolidación de los núcleos urbanos; de cumplir con la Misión establecida en la Ley de Aguas Nacionales, reglamentaria del Artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos –de observancia en el país, con disposiciones de carácter público y un profundo interés social–, ratificamos el objeto de regular la explotación, uso, aprovechamiento, distribución y control de nuestros recursos hídricos, además de promover la preservación tanto de su cantidad como de su calidad, para llevar a cabo el desarrollo integral sustentable que la Nación demanda.

Abastecimiento y conducción de agua potable en el siglo XX



El acueducto Porfirio Díaz

Ubicado en el cruce de las avenidas Pablo Casals y Montevideo, el acueducto Porfirio Díaz o Barranca Ancha comenzó a construirse en 1901 con la finalidad de descargar el caudal proveniente de los manantiales de Los Colomos que aportaba 0.210 metros cúbicos por segundo. Desde 1905 abasteció a la ciudad de Guadalajara, Jalisco, aunque desde 1978 se emplea sólo para regar áreas verdes.

El acueducto constituye una de las seis obras del llamado Sistema de Agua Los Colomos que ingenieros tapatíos diseñaron entre 1902 y 1905 para saciar la sed de una ciudad de casi cien mil habitantes. A Gabriel Castañón y Agustín Pascal se debe este sistema, que aprovecha aguas del norte de Zapopan, donde convergen los arroyos de La Campaña, Chochocastle y El Colomo. Construido con una longitud de 294 metros, 45 arcos de medio punto de 5.31 metros, así como dos arcos pequeños de 2.02 metros, cuenta con galerías superficiales que captan varios veneros antes de escurrir a los arroyos. Tenía por objeto salvar la cuenca del arroyo Providencia o Barranca Ancha, que en época de lluvias se convertía en una caudalosa corriente que confluía en la presa Zoquipan (hoy el parque Manuel Ávila Camacho). De acuerdo con el ingeniero Ambrosio Ulloa, el acueducto se construyó con materiales y recursos locales: la piedra fue transportada desde los bancos de Santa Ana Tepetitlán y las canteras de La Experiencia y El Batán, usándose primero recuas de mulas y luego los vagones del ferrocarril *Decuaville Aine* para trasladar a los operarios, equipo y material requeridos.



Presa La Esperanza “Manuel González”

Inaugurada en 1893 durante la administración del Presidente Porfirio Díaz, la presa La Esperanza, también conocida como “Manuel González”, gobernador de Guanajuato por aquella época, fue construida para satisfacer los requerimientos de la población, así como de inversionistas y empresas mineras que se instalaron en Guanajuato desde mediados del siglo XIX, además de controlar avenidas y evitar inundaciones.

A través de un vertedor con una capacidad máxima de 42.74 metros cúbicos por segundo, así como una cortina de 163 metros de longitud y 34 de altura, dicho embalse actualmente cuenta con un aforo de 1.54 hectómetros cúbicos, donde desembocan los arroyos La Cebada, El Potrero, La Escondida y La Concepción, que a su vez se alimentan de los arroyos Llano Grande, Melchores, La Taponá, Duraznillo y Mexicanos. Años después, al terminar la Revolución Mexicana se construiría la presa de La Soledad, para completar el abastecimiento de la Capital del Estado.



Minera El Boleo

Localizada al noroeste de Baja California Sur, en el litoral del Golfo de California, Santa Rosalía es una ciudad minera que guarda una historia muy especial debido a su vocación económica –iniciada entre finales del siglo XIX y mediados del XX– que en la actualidad ha tenido un nuevo despegue. Mientras en los poblados septentrionales de El Triunfo y San Antonio se explotaban exitosamente vetas y depósitos de oro, en 1868 se descubrieron en El Boleo, municipio de Mulegé, los que serían los depósitos de cobre más importantes en el país, después de Cananea, Sonora.

Con el fin de abastecerse del vital líquido, se capturaron los manantiales de Santa Agueda y San Ignacio para consumo de los habitantes y el agua de mar para los procesos de la minería. En principio, los yacimientos fueron explotados por la Compañía Eiseman y Valle, pero después de que ingenieros franceses lograron estimar en setecientas mil toneladas las reservas del mineral, en 1885 el Presidente Porfirio Díaz concesionó la explotación de los depósitos 99 años –y 50 de exención de impuestos– a la *Compagnie du Boleo*, SA. A cambio, la compañía francesa debía construir el pueblo, el puerto, los edificios públicos, establecer una ruta marítima entre Santa Rosalía y Guaymas, así como dar empleo a trabajadores mexicanos. De este modo es como nace el poblado de Santa Rosalía, recordado por el estilo francés de sus construcciones. Al respecto, debe mencionarse el caso de la iglesia de Santa Bárbara, una construcción desarmable de hierro del año 1887 que ganó un premio en la Exposición Universal de París celebrada en 1889, templo adjudicado a Gustavo Eiffel, autor de la emblemática torre que engalana a la ciudad de París.



Planta potabilizadora El Tejar

Al ser inaugurado el Ferrocarril Mexicano en 1873, las autoridades del puerto de Veracruz tuvieron la necesidad de mejorar la infraestructura urbana, el abastecimiento de agua así como las condiciones sanitarias de la ciudad.

Dada su importancia comercial, desde el siglo XVIII se pensó en construir en Veracruz un sistema de suministro derivado del río Tenoya para conducir por gravedad el agua hasta el puerto. Debido a diversas situaciones, fue edificada con algunas variaciones hasta finales del siglo XIX por ingenieros ingleses, los cuales abastecieron a la ciudad instalando bombas en el río Jamapa, haciendo llegar el gasto al poblado El Tejar, después a una planta potabilizadora y mediante bombeo hasta un tanque elevado en el Médano del Perro.

Construida durante el porfiriato y puesta en marcha en 1902, la planta potabilizadora El Tejar, ubicada en Medellín, fue rehabilitada en 1937 y 1990, gracias a lo cual todavía abastece a trescientos cincuenta mil habitantes de 35 colonias del área conurbada.



Personal que trabajó en el entubado de un pozo (retrato de grupo), circa 1920.

Autor: Archivo Casasola.

Medidas: 12.7 x 17.8 centímetros.

Técnica: Placa seca de gelatina.

Fuente: Fototeca Nacional del INAH-SINAFO.

© (93408) CONACULTA, INAH, SINAFO, FN, MÉXICO

A los primeros pozos que se explotaron se les denominó artesianos debido a que la técnica aplicada para su perforación provenía de Artois, Francia.

La explotación de pozos en la Capital

Frente a la paulatina desecación de los lagos de la Cuenca del Valle de México y la disminución del gasto que proporcionaban los manantiales para el abasto de agua de la ciudad de México, a mitad del siglo XIX se hizo necesario recurrir a la extracción de fuentes subterráneas. De acuerdo con diversos estudios geológicos se ha logrado determinar que el acuífero Zona Metropolitana de la Ciudad de México se encuentra al sur del Valle de México e, incluyendo en su totalidad la cuenca de Xochimilco, cuenta con una extensión aproximada de dos mil ciento catorce kilómetros cuadrados y, en cuanto a su explotación, los registros señalan que en 1847 se perforó el primer pozo somero en el centro de la ciudad, con una profundidad de 40 metros, extrayéndose agua de excelente calidad.

Cabe señalar que en 1864 ya existían 200 pozos del mismo tipo, en 1877 el número había crecido a 483 y en 1888 se contabilizaban hasta 1 100.

Posiblemente, el fenómeno de los hundimientos diferenciales de la ciudad y el Valle de México comenzó en esas fechas ya que, entre 1881 y 1895, diversos estudios de nivelación registraron hundimientos de cinco centímetros por año en la zona central.

Por ello, ante la creciente escasez de agua en algunas zonas de la ciudad, se recurrió a la explotación de los manantiales del Desierto de los Leones, aún más alejados que los de Santa Fe en el poniente, e incluso se llegó a captar recurso proveniente de los llanos de Salazar, iniciándose en 1878 las importaciones de una cuenca a otra, aunque en un limitado volumen.

El acueducto y Sistema Xochimilco

De acuerdo con algunos estudios, además de que era escasa la dotación de agua que registraba la ciudad de México durante las postrimerías del siglo XIX y principios del XX, la calidad del líquido en algunos casos no era aceptable para las necesidades de los capitalinos. De acuerdo con el ingeniero Manuel Marroquín, la población había alcanzado los trescientos sesenta mil habitantes y la dotación del líquido en 1899 era de 0.770 metros cúbicos por segundo, volumen a todas luces insuficiente para satisfacer la demanda. En ese entonces, el abasto provenía de los manantiales de Chapultepec, el Desierto de Los Leones y Santa Fe, así como del río Hondo.

De hecho, en 1900 se propuso llevar a cabo estudios a efecto de conducir mayores caudales destinados a la creciente población. Dicha iniciativa se iba a materializar en una obra hidráulica de gran envergadura, proyectada y realizada por el propio Marroquín entre los de 1901 y 1912.

De acuerdo con la *Memoria descriptiva de las obras de provisión de aguas potables para la ciudad de México* publicada en 1914, se determinó como una posibilidad real emplear los manantiales de Xochimilco como fuente de abastecimiento, incluso, fueron especificadas las características de las líneas de captación, bombeo y conducción, las condiciones requeridas para la construcción de las bóvedas o depósitos de almacenamiento, así como de la red de distribución adicional.

A grandes rasgos, los trabajos de la Comisión Hidrográfica del Valle de México consistieron en ejecutar obras para aislar 1.700 metros cúbicos por segundo de los manantiales de La Noria, Nativitas y Quetzalapa, sin contar con que existían otros manantiales en Iztapalapa y Culhuacán cuyo volumen excedente podía también aprovecharse.

Para lograr la conducción del agua de los manantiales de Xochimilco hasta la red de distribución de la urbe capitalina, se optó por bombear el líquido captado a través de



Tramo del acueducto de agua potable México-Xochimilco, kilómetro 20, ciudad de México, 28 de julio de 1928 (ARRIBA).

Autor: Archivo Casasola.

Medidas: 12.7 x 17.8 centímetros.

Técnica: Negativo de película de nitrato.

Fuente: Fototeca Nacional del INAH-SINAFO.

© (4591) CONACULTA.INAH.SINAFO.FN.MÉXICO

Respiraderos del acueducto Xochimilco, que conduce agua potable a la ciudad de México, circa 1935 (DERECHA).

Autor: Archivo Casasola.

Medidas: 12.7 x 17.8 centímetros.

Técnica: Negativo de película de nitrato.

Fuente: Fototeca Nacional del INAH-SINAFO.

© (90885) CONACULTA.INAH.SINAFO.FN.MÉXICO

El Sistema Xochimilco se completó con el trazo y los trabajos de la línea de conducción, levantamiento e instalación de los depósitos de almacenamiento de Molino del Rey y la casa de válvulas de La Condesa, para posteriormente completarlo con una nueva red de tuberías para su distribución por gravedad. El acueducto contaba con varios respiraderos hechos de cantera a la manera de columnas dóricas, de los cuales algunos todavía se encuentran en pie sobre la avenida División del Norte.





La casa de válvulas de La Condesa, 1928.

Autor: Anónimo.

Medidas: 5 x 7 pulgadas.

Técnica: Positivo blanco y negro; plata/gelatina.

Núm. de inv.: 44668 196 339.

Fuente: ©Gobierno del Distrito Federal. Secretaría de Cultura. Museo Archivo de la Fotografía.

La magnífica fachada de la casa de válvulas de La Condesa es de estilo ecléctico con influencia francesa, fue decorada con motivos acuáticos como tritones, serpientes, caracoles y tortugas, destacando al centro de la bóveda la imagen del dios de los mares, Neptuno. Fue concebida por el célebre ingeniero Alberto J. Pani para impulsar desde dicho lugar el volumen de agua obtenido hacia el resto de la ciudad.

En virtud de sus atributos, en la década de los setenta del siglo XX fue desmantelada la edificación, piedra por piedra, y su fachada fue reconstruida íntegramente en 1988 en el acceso al bosque de Tlalpan, sobre el Camino a Santa Teresa. En la actualidad, esa bella construcción aloja la Casa de Cultura de Tlalpan así como una biblioteca diseñada por Pedro Ramírez Vázquez, connotado arquitecto mexicano.

La casa de válvulas era un palacio para el agua, una magnífica construcción donde culminaba el acueducto subterráneo que conducía el agua pura y cristalina de los manantiales de Xochimilco.

un acueducto ubicado a una pequeña altura, construido con un ligero declive para trasladar el caudal mediante la acción de la gravedad hasta las orillas de la Capital, en donde se instalaría una planta de bombeo que se encargaría de dotar a los volúmenes acuíferos la presión necesaria para su distribución. En los hechos, se construyó una vía de concreto con una longitud de 25 kilómetros, que corría por las actuales avenidas México-Xochimilco, División del Norte, Nuevo León y la calle de Alfonso Reyes.

Una vez trazada la línea de conducción, la siguiente etapa del sistema contemplaba obras para regularizar y distribuir las aguas en la ciudad de México mediante la instalación de depósitos de almacenamiento y una red de tuberías.

Con base en dichos estudios se determinó que los contenedores se construyeran en la loma del Molino del Rey, ubicada en la zona del cerro de Chapultepec, ya que en ese sitio se disponía de un espacio a 50 metros sobre el nivel de la urbe, altura que se había considerado en el proyecto original.

En resumen, a principios de 1908 se iniciaron los trabajos de levantamiento de los depósitos del Molino del Rey, concluyéndose en enero de 1909. Asimismo, entre agosto de 1908 y septiembre de 1910 se construyó en Tacubaya la casa de válvulas de La Condesa y en abril de 1911 comenzaron las obras para tender la nueva red de tuberías, la cual quedó instalada en su parte principal en octubre de 1913.

Cabe advertir que en esa época, en otras ciudades del país se comenzó a requerir de mayores captaciones como fueron los casos de los manantiales Los Colomos en Guadalajara (1905), la presa Chuvíscar en Chihuahua (1910) y la captación de agua subterránea en la ciudad de Monterrey (1909).

Actualmente el caudal proveniente del sistema Xochimilco se destina para el abasto de la delegación de mismo nombre.

El Sistema Lerma

El constante crecimiento poblacional de la Capital del país volvió insuficiente el suministro de agua proveniente del Sistema Xochimilco, incrementándose la perforación de pozos. Por ello, en la década de los cuarenta del siglo XX se decretó una Veda a la Extracción de Aguas Subterráneas. Sin embargo, la necesidad por cubrir con la demanda requerida llevó al gobierno de Manuel Ávila Camacho a buscar nuevas fuentes para el suministro de la Capital, eligiéndose la zona lacustre de Lerma en el Valle de Toluca.

Para ello se hizo necesario captar el aforo de cada manantial, aprovechando la gravedad, cruzando la sierra de Las Cruces a través de un túnel de 2.5 metros de diámetro. En 1937 se tenía el proyecto listo: el gasto inicial sería de seis a diez metros cúbicos por segundo, hasta llegar a 14, con una capacidad proyectada de 15 metros cúbicos por segundo, contando con instalaciones paralelas al cauce.

La primera etapa consistía en la perforación de 40 pozos. Finalmente, en marzo de 1942 comenzó la construcción de este primer sistema de trasvase de cuenca, incluyendo un acueducto de 62 kilómetros de longitud y el túnel Atarasquillo-Dos Ríos, unión entre los valles de México y Toluca.

El Sistema Lerma comenzó a operar en 1951 con un gasto de entre 2.45 y cuatro metros cúbicos por segundo, mediante el funcionamiento de 80 pozos a una profundidad media de 100 metros. Esta emblemática obra marcó un hito en cuanto al abasto puesto que por primera vez se hacía posible conducir agua de una cuenca a otra. Posteriormente, entre 1954 y 1955 se iniciaron las obras para captar 4.8 metros cúbicos por segundo adicionales de las lagunas del Lerma, y para el periodo 1956-1957 se realizaron los proyectos para ampliar tal aprovechamiento en 2 metros cúbicos por segundo. Sin



Ciénagas del río Lerma, Estado de México.

Decretadas en 2002 como Área de Protección de Flora y Fauna, constan de 3 024 hectáreas de humedales en los municipios de Lerma, Santiago Tianguistenco, Almoloya del Río, Calpulhuac, San Mateo Atenco, Metepec y Texcalyacac. En 2004 fueron declaradas Sitio Ramsar.



Obras para la captación de aguas del río Lerma, 10 de julio de 1951 (IZQUIERDA).

Autor: Anónimo.

Medidas: 7 x 5 pulgadas.

Técnica: Positivo blanco y negro; plata/gelatina.

Núm. Inv. 155 1 Lerma.

Fuente: ©Gobierno del Distrito Federal. Secretaría de Cultura. Museo Archivo de la Fotografía.

Vista actual del Cárcamo de Dolores, Miguel Hidalgo, Distrito Federal (DERECHA).



embargo, una crisis de agua en la Capital del país a mediados de los años sesenta obligó a extraer más caudales de la zona de Lerma. Durante esta segunda etapa, que tuvo lugar entre 1965 y 1975, se perforaron 230 pozos complementarios en las regiones de Ixtlahuaca y Jocotitlán, con lo cual el suministro a la ciudad se incrementó hasta llegar a catorce metros cúbicos por segundo.

De acuerdo con esta situación, en agosto de 1970 se habían perforado 156 pozos piezométricos y 188 de explotación, con una extracción total de 10 metros cúbicos por segundo, comprendiendo los ramales de la presa José Antonio Alzate a Ixtlahuaca, el de Jiquipilco y los pozos de La Gavia.

El sistema de llegada y almacenamiento de los caudales provenientes del Sistema Lerma fue construido en la segunda sección del bosque de Chapultepec, donde un depósito magníficamente pintado por el maestro Diego Rivera, el “Cárcamo de Dolores” mediante la técnica de cal al fresco con el tema “El agua, origen de la vida”, canalizaba el caudal hacia cuatro tanques-cisterna de 100 metros de diámetro y 10 de profundidad cada uno.

Como añadidura a los más de sesenta y dos kilómetros de longitud y 2.5 metros de diámetro de la tubería del Sistema Lerma, se modelaron una serie de fuentes ondulantes para incorporar estilísticamente los tanques de almacenamiento del Sistema Xochimilco al nuevo conjunto impulsado por la antigua planta de bombeo Xotepingo. Las cuatro serpientes que se muerden la cola fueron diseñadas en 1963 por el arquitecto Leónides Guadarrama y rodean los tanques-cisterna, articulando una serie de estanques y cascadas que enmarcan los bordes de las plataformas con piedra braza.



No obstante el importante caudal proveniente del Sistema Lerma, a efecto de incrementar el abasto, en 1956 fue concluida la perforación del sistema de pozos Chiconautla, ubicado al norte de la ciudad: 40 de ellos a una profundidad media de 150 metros. Además, entre 1964 y 1975 se incrementaron los caudales como consecuencia de la perforación de 50 pozos profundos más en Xochimilco, Santa Catarina, Tláhuac, Nezahualcóyotl, Los Reyes y Teoloyucan.

En suma, el suministro para consumo humano, industria y servicios alcanzó 32 metros cúbicos por segundo, los cuales eran distribuidos entre algunos municipios conurbados del Estado de México y el Distrito Federal.

Actualmente el caudal proveniente del sistema Lerma aporta 4 metros cúbicos por segundo para el Distrito Federal.



El agua, el origen de la vida, una emblemática obra de Diego Rivera.



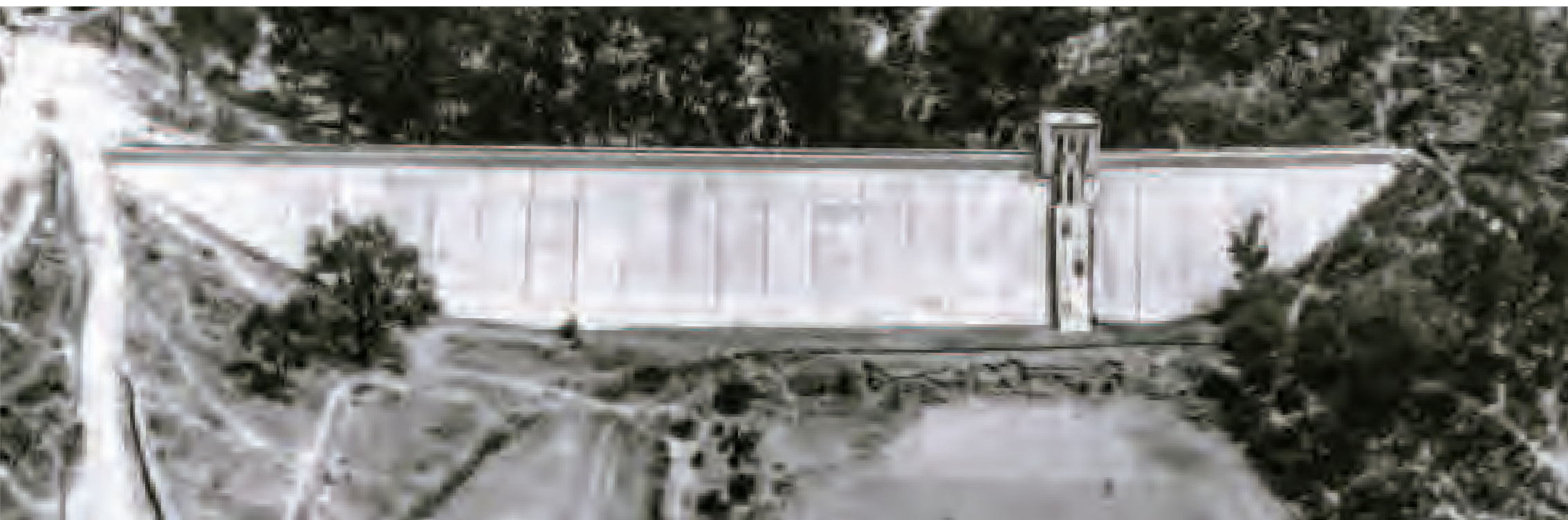
“Caída de San Joaquín”, Miguel Hidalgo, Distrito Federal.

Vista actual del Cárcamo de Dolores donde se aprecia una enorme fuente que representa a “Tláloc emergiendo del ciéno” y una serie de estanques que incorporarían al conjunto las cisternas del Porfiriato.

El Cárcamo de Dolores, sitio donde confluyen los caudales de los sistemas Lerma y Cutzamala, guarda en sus paredes interiores el mural El agua, el origen de la vida, una magnífica obra que integra el arte, la ciencia y la tecnología en una imagen que vista a través del agua, remite al carácter sagrado que los pueblos prehispánicos le daban al líquido vital. Cuarenta años después de su puesta en marcha, se decidió desviar los caudales hacia los 4 tanques construidos a un costado del cárcamo, con el objetivo de aislar al mural.

El Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACMEX) cuenta con otras instalaciones hidráulicas en el municipio de Huixquilucan, Estado de México, consideradas estratégicas para la distribución del recurso en el Valle de México. Una de ellas está ubicada en el sitio conocido como la “Caída del Borracho”, estructura construida con el objetivo de aminorar fuerza y velocidad del caudal proveniente del Valle de Toluca, conformada por una serie de caídas o cascadas artificiales que terminan en un “oscilador”, donde el caudal da varias vueltas, antes de continuar su camino hacia la ciudad de México.

Drenaje y desalojo de aguas pluviales y residuales en el siglo XX



Panorámica aérea de la presa de control de avenidas Tacubaya (se observa que los terrenos del vaso son campos de fútbol en época de secas), ciudad de México, 1975 (ARRIBA).

Autor: Oficina de fotografía Guillermo Cano.

Medidas: 12 x 16 centímetros.

Colección Fotográfica, caja 1452, expediente 44552,

Núm. Inv. CF-44-44552.

Fuente: Archivo Histórico del Agua.

A pesar de las obras realizadas para controlar las aguas del río Cuautitlán y del lago de Texcoco, las autoridades de la época observaron que la ciudad seguía en peligro latente de inundación por las avenidas de los ríos del poniente. Con este criterio se puso en práctica un proyecto de contención de los caudales mediante la construcción de pequeñas presas en paralelo con la perforación de túneles que los conectaran con el sistema de drenaje para desalojarlos de la ciudad.

Sistema Hidráulico de Derivación Combinada

Con la finalidad de regular los niveles de las aguas pluviales y como una estrategia complementaria para reducir la presión sobre el Gran Canal de Desagüe, también propuesta en la década de los treinta del siglo XX, se conformó el Sistema Hidráulico de Derivación Combinada, un conjunto de presas construidas sobre los ríos de la vertiente oriental de la sierra de Las Cruces para regular sus aguas, desviando sus cursos al norte de la Capital por el río Hondo hasta llegar al lago de Texcoco. No obstante, la construcción de estos embalses en la ciudad de México data de 1901 y bajo esta nueva estrategia se reforzaría su número, además de que la responsabilidad de su operación pasó al Departamento del Distrito Federal (DDF) mediante concesión el 24 de junio de 1985.

En este sentido, fueron afectados ríos como Mixcoac, Becerra, Tacubaya, Tecamachalco, San Joaquín, El Tornillo, Hondo, Los Cuartos, Totolica, Tlalnepantla, Chico de los Remedios, Sordo, San Javier y Cuatepec.

Como consecuencia de lo anterior, la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas (SCOP) inició en 1929 la construcción de las presas de Tecamachalco y San Joaquín. Posteriormente, comenzaron las obras para edificar la presa derivadora del Tornillo hacia el río Hondo, disminuyendo así los caudales del río Consulado. Tiempo después, entre 1935 y 1938 se construyeron las presas de Becerra y Tacubaya, así como los túneles Mixcoac-Becerra y Becerra-Tacubaya, para regular las corrientes de las barrancas respectivas y, en 1944, se dieron por concluidas las presas Mixcoac y Capulín. En 1977, la Secretaría de Recursos Hidráulicos (SRH) complementaría el sistema con las presas Totolica, Los Cuartos, El Sordo, Las Ruinas y Madín, y diversos túneles de interconexión.



El segundo túnel de Tequixquiac

A partir de la década de los treinta del siglo XX, fenómenos como el acelerado crecimiento de la población, la sobreexplotación de los mantos acuíferos, el asentamiento y hundimiento diferencial del terreno, ocasionaron que la Capital padeciera inundaciones cada vez más frecuentes, debiéndose reestructurar todo el sistema de desagüe porfirista. Entre una gama de diversas de soluciones se pensó en aliviar el gasto del túnel de Tequixquiac mediante la construcción de una segunda salida de agua.

El “nuevo” túnel de Tequixquiac comenzó a construirse en la barranca de Acatlán en 1937, y sería inaugurado por el Presidente Adolfo Ruiz Cortines en 1954. Fue diseñado con una longitud de 11.2 kilómetros, de sección circular, para conducir un gasto máximo de 60 metros cúbicos por segundo.

Cabe destacarse que la primera salida artificial del desagüe del Valle de México lo comprende el tajo de Nochistongo; la segunda se encuentra integrada por los dos túneles de Tequixquiac y, la tercera, está conformada por el Sistema de Drenaje Profundo.

El Gran Canal del Desagüe en la entrada al nuevo túnel de Tequixquiac, Zumpango, Estado de México, 1973 (ARRIBA).

Autor: Oficina de fotografía Gabriel Cano.

Medidas: 12 x 16 centímetros. Colección Fotográfica, caja 798, expediente 23495, Núm. Inv. CF-23-23495.

Fuente: Archivo Histórico del Agua.

Vista actual del segundo túnel de Tequixquiac, Zumpango, Estado de México (ABAJO).





Puente sobre el río de La Piedad, ciudad de México, 23 de junio de 1949 (ARRIBA).

Autor: Anónimo.

Medidas: 5 x 7 pulgadas.

Técnica: Positivo blanco y negro; plata/gelatina.

Núm. Inv. 6336; 6336 2.

Fuente: ©Gobierno del Distrito Federal. Secretaría de Cultura. Museo Archivo de la Fotografía.

Entubamiento del río Mixcoac, ciudad de México, 11 de abril de 1955 (ABAJO).

Autor: Anónimo.

Medidas: 35 milímetros.

Técnica: Negativo blanco y negro; plata/gelatina.

Núm. Inv. 11260 11; 11260 18.

Fuente: ©Gobierno del Distrito Federal. Secretaría de Cultura. Museo Archivo de la Fotografía.



El entubamiento de los ríos en la Capital

En las postrimerías de la mitad del siglo XX, la mancha urbana de la ciudad de México daba señales claras de que absorbería pronto los campos de cultivo que la rodeaban, anunciando la desaparición de los ríos que durante siglos caracterizaron a la Cuenca del Valle de México. El crecimiento urbano e industrial, la migración del campo hacia la Capital y el aumento de la mancha urbana cancelarían muchos proyectos encaminados a sanear los ríos y dejar libres sus cauces, que como sabemos guardaban una perfecta armonía con su Cuenca en tiempos pasados.

El hundimiento de la ciudad de México puso en evidencia que la magna obra porfirista, el Gran Canal de Desagüe, estaba llegando a su límite, por lo cual nuevos planes y proyectos dieron paso a la metamorfosis de la otrora ciudad lacustre. La permanente lucha contra el agua fue ganando terreno y el siguiente paso fue el entubamiento de los ríos, los cuales se habían convertido también en fuentes de contaminación al ser utilizados como medio para desalojar las aguas residuales que se generaban. La idea de entubarlos la vislumbró por primera vez el ingeniero Carlos Contreras en la década de los treinta del siglo XX.

Para entonces, debido a que las zonas habitacionales se inundaban con frecuencia por las crecidas de los numerosos ríos que irrigaban al Valle de México, se tomó la decisión de cambiarles su vocación. El primero en entubarse fue el río Consulado entre 1944 y 1960, y en 1945 iniciaron las obras en el mismo sentido del río La Piedad, el cual, 15 años después fue confinado en una extensión de 11.3 kilómetros, mediante líneas de conducción de 2.13 metros de diámetro, para formar el viaducto Miguel Alemán, vía rápida construida bajo la dirección del arquitecto Carlos Lazo que conectaría el oriente con el poniente del Distrito Federal (DF), compuesto entonces por más de cuatro millones de habitantes y, se estima, con sólo 83 333 autos y camiones.

Dentro del proyecto de modernización de la Capital emprendido a comienzos de la administración del regente Ernesto P. Uruchurtu, y concluido en 1975, cabe mencionar el entubamiento de 21 kilómetros del río Churubusco, un cauce artificial que se formó en la ribera sudoccidental después de la desecación del lago de Texcoco, para enviar su caudal por Canal Nacional hacia los mermados lagos de Xochimilco, Tláhuac y Mixquic. Su lecho, columna vertebral del drenaje del sur y buena parte del oriente del DF, recibía el gasto de los ríos Magdalena y Mixcoac, desde la sierra de Las Cruces.



La modernidad trajo consigo muchos cambios, las obras públicas sobre los ríos continuaron, complementadas con la construcción de redes de colectores y de drenaje. Poco a poco los cauces de Churubusco, La Magdalena, San Ángel, Barranca del Muerto, Mixcoac, La Piedad, Becerra, Tacubaya, Consulado, San Joaquín y Miramontes fueron entubados para desaparecer de la fisonomía urbana, quedando sólo recuerdos, subterráneos canales de aguas negras y más de ochenta kilómetros de vialidades por donde hoy circulan millones de automóviles.

Trabajos de entubamiento del río Churubusco, ciudad de México, 5 de junio de 1979.

Autor: Mejía.

Medidas: 35 milímetros.

Técnica: negativo color.

Núm. Inv. 20882 17.

Fuente: ©Gobierno del Distrito Federal. Secretaría de Cultura. Museo Archivo de la Fotografía.

Grandes presas en el siglo XX



Vista de la presa Tenango.



Válvulas eléctricas en la presa Laguna (El Tejocotal).

Sistema Hidroeléctrico Necaxa

Considerado el primer sistema regional de generación eléctrica en el país –localizado en la Sierra Norte del Estado de Puebla, colindando con Veracruz–, el Sistema Hidroeléctrico Necaxa se puso en marcha el 6 de diciembre de 1905 para abastecer energía eléctrica al Distrito Federal y parte del estado de Hidalgo. Comprende una superficie de 1 400 kilómetros cuadrados y un túnel de concreto de casi treinta kilómetros de longitud, por medio del cual se captan los cauces de 40 ríos y escurrimientos, entre ellos el Necaxa, Cuacuila, Acazintla y Piedras de Amolar, mediante tomas de la Sierra Norte de Puebla, con una capacidad de 30 metros cúbicos por segundo, siendo una obra de ingeniería considerada en su época el túnel más largo del mundo. El sistema comprende los siguientes cinco vasos: Necaxa (29.05 hectómetros cúbicos), Laguna/El Tejocotal (40.63 hectómetros cúbicos), Los Reyes/Omiltémetl (24.03 hectómetros cúbicos), Tenango (26.82 hectómetros cúbicos) y Nexapa (12.50 hectómetros cúbicos), con una capacidad total de 133.03 hectómetros cúbicos, que alimentan cuatro centrales hidroeléctricas: Texcapa (4.89 megawatts), Necaxa (109 megawatts), Tepexic (45 megawatts) y Patla (45.6 megawatts), con una capacidad total instalada de 209.4 megawatts, aunque su potencial de generación puede llegar hasta mil megawatts.

Planeado por Porfirio Díaz para inaugurarse durante la celebración del primer Centenario de la Independencia, se invitó a inversionistas de Canadá, Inglaterra y Estados Unidos de América a que participaran en el proyecto, quienes encabezados por Frederick Pearson fundaron la compañía eléctrica *Mexican Light and Power*. La construcción de las plantas en cascada de las presas tardó 24 años debido a que sus cortinas se rellenaban de manera paulatina con arcilla conducida mediante el flujo del agua y puesta a secar al sol y el viento. Por eso, el dique de la obra debía permanecer húmedo para evitar fracturas y con ello filtraciones o fugas.



Presa La Boquilla “Lago Toronto”

Con el objetivo de aprovechar las aguas del río Conchos para la generación de energía eléctrica en beneficio de la explotación minera en Chihuahua, la Compañía Agrícola de Fuerza Eléctrica del Río Conchos, SA, obtuvo la concesión para construir la presa La Boquilla, obra cuya construcción comenzó casi a la par que la gesta revolucionaria, en 1910, y fue concluida seis años después.

No obstante que su origen respondía a las demandas de la actividad minera, en 1929 el Gobierno Federal, por medio de la Comisión Nacional de Irrigación (CNI), puso en marcha un programa encaminado al diseño y creación de distritos de riego para responder a una de las principales demandas revolucionarias.

En Chihuahua dicho programa dio como resultado el Distrito de Riego 005 Delicias, vigente hasta hoy y que ha determinado la función principal de la presa: el riego. La Boquilla, ubicada en San Francisco de Conchos, sufrió en 1952 las consecuencias de una sequía prolongada que azotó el norte del país, por lo cual —aprovechando el máximo caudal de agua en el vaso— se decidió construir una toma baja con compuerta metálica y válvula de aguja perforando la cortina e insertando tubería de hierro de 1.8 metros de diámetro, con una capacidad de almacenamiento al nivel de agua máximo ordinario (NAMO) de 2 894 hectómetros cúbicos. La central hidroeléctrica (CH) de la presa se ubica al pie de la cortina, la cual es de tipo gravedad elaborada con concreto ciclópeo, su altura máxima es de 70 metros, en tanto que la corona tiene 259 metros de longitud y 6 metros de ancho. En 2010, la CH contaba con una capacidad de 25 megawatts.



Presa Abelardo L. Rodríguez “Tijuana”

Considerada en su tiempo como modelo de ingeniería hidráulica, esta emblemática presa se construyó durante los años de 1928 y 1936, comenzando con la administración del Presidente Plutarco Elías Calles, caracterizada por impulsar diversos proyectos de irrigación en todo el país. Con ello se buscaba, por un lado, lograr la autosuficiencia agroalimentaria y, por otro, colonizar las regiones que se hallaban despobladas, en este caso Baja California.

Con dicho objetivo, el entonces gobernador, el general Abelardo L. Rodríguez, se dio a la tarea de analizar las posibilidades de captar las corrientes del río Tijuana, además de aprovechar los escurrimientos pluviales para consumo público-urbano. El sitio elegido fue el llamado cañón de García, ubicado a 20 kilómetros al sureste de la ciudad fronteriza, próximo al camino a Mexicali y a la línea de ferrocarril San Diego-Arizona. Luego de estudiar la orografía de la región, se decidió comenzar la construcción de la presa en 1928, obra que cuenta con una capacidad actual de 76.9 hectómetros cúbicos, un vaso de 545 hectáreas y una cortina de 579 metros de longitud por 72 de altura. Aunque su inauguración tuvo lugar hasta el 20 de noviembre de 1940, desde el 22 de septiembre de 1936 había empezado el proceso de almacenamiento y, para enero de 1937, el caudal comenzaría a ser distribuido en los canales situados en las márgenes del río.



Presa Plutarco Elías Calles

Ubicada a unos 30 kilómetros al noroeste de la ciudad de Aguascalientes, en el municipio de San José de Gracia, la finalidad principal de la presa Plutarco Elías Calles consistió desde su inicio en aportar caudales para el aprovechamiento del Distrito de Riego 001 Pabellón, así como el control de avenidas.

Fue construida entre 1926 y 1931 por contrato con *The JG White Engineering Corporation*.

Con un embalse de 2 350 hectáreas, se estima que la presa cuenta con una capacidad de almacenamiento al NAMO de 351 hectómetros cúbicos, volumen del que se extraen hasta veinte hectómetros cúbicos. Ésta fue la primera presa construida por la CNI, como parte de su programa de obras de riego a nivel nacional. El embalse controla los caudales provenientes de los ríos Santiago y Pabellón, así como de la presa Pabellón o Potrerillos y, en conjunto con la presa Jocoqui, situada aguas abajo, abastecen al emblemático Distrito de Riego 001.



Presa derivadora Jocoqui

Situada a 9 kilómetros aguas río abajo de la presa Plutarco Elías Calles y a 26 kilómetros al noroeste de la ciudad de Aguascalientes, en el municipio de San José de Gracia, el propósito principal de la presa Jocoqui consiste en derivar los caudales que se extraen de la presa Elías Calles hacia la zona de riego. Fue construida entre 1928 y 1929, teniendo como fuente de abastecimiento al río Santiago.

Diseñada para almacenar un caudal de 10.6 hectómetros cúbicos mediante una cortina de arcos múltiples, con 44 metros de altura y 77 de longitud, permite regular las extracciones y aprovechar las aportaciones del tramo de conducción, el cual consiste en un túnel de concreto ubicado en la margen izquierda de la presa.



Presa Lázaro Cárdenas “El Palmito”

Con la finalidad de aprovechar las aguas del río Nazas, corriente que conforma una cuenca de 18 321 kilómetros cuadrados, la presa Lázaro Cárdenas conocida también como “El Palmito”, fue construida en Durango entre 1936 y 1946, caracterizándose por su cortina de tipo de tierra impermeable, provista en la ladera izquierda de una obra de toma.

Su capacidad de almacenamiento al NAMO es de 2 873 hectómetros cúbicos. Localizada en la boquilla de El Palmito, a 4 kilómetros aguas abajo de la confluencia de los ríos Ramos y del Oro, aproximadamente a doscientos kilómetros aguas arriba de la ciudad de Gómez Palacios, en el municipio de Indé, del Estado de Durango, en la actualidad sirve para controlar los escurrimientos del río Nazas; irrigar una superficie de hasta setenta y dos mil hectáreas del Distrito de Riego 017 Región Lagunera; y proteger contra inundaciones a las ciudades de Lerdo, Gómez Palacio y Torreón. Por muchos años esta presa fue considerada como la cuarta más grande de Latinoamérica por su capacidad de almacenamiento.

Cabe señalar que su diseño, desarrollado por *Pearson and Son*, la empresa constructora, estuvo basado en la presa San Carlos que se encuentra en California, en el vecino país del norte.





Presa Venustiano Carranza “Don Martín”



Conocida como “Don Martín”, la presa Venustiano Carranza fue una de las primeras obras hidráulicas de importancia del México posrevolucionario. Se ubica entre los municipios de Juárez y Progreso, en el Estado de Coahuila, a 70 kilómetros al noreste de Ciudad Anáhuac, Nuevo León. Su construcción fue ordenada en 1927 por el Presidente Plutarco Elías Calles, y puesta en servicio tres años después por Pascual Ortiz Rubio.

Tiene como objetivos abastecer a los campos de cultivo de la región, controlar las avenidas de los ríos Sabinas, Salado o Nadadores, así como suministrar agua potable a las comunidades colindantes de Don Martín y Ciudad Anáhuac.

Fue construida para aprovechar la corriente del río Salado en apoyo de la agricultura y, posteriormente, la ganadería. La obra consta de una cortina de 35 metros de tipo mixto, una sección de gravedad vertedora de machones de cabeza redonda provista de compuertas radiales y sección de tierra homogénea, con pantalla impermeable formada con una losa de concreto reforzado, aguas arriba. Con un embalse de 19 416 hectáreas y una capacidad de almacenamiento al NAMO de 1 312.86 hectómetros cúbicos, la presa Venustiano Carranza destina su caudal almacenado al uso público-urbano, a irrigar una superficie de hasta de dieciséis mil cuatrocientas hectáreas, además de constituir un sitio donde se practica la pesca deportiva en gran escala, gracias a sus condiciones naturales, aunque su principal objetivo es abastecer al Distrito de Riego 004 Don Martín, compartido entre los estados de Coahuila y Nuevo León.



Presa General Salvador Alvarado “Sanalona”

Ubicada en el cauce del río Tamazula, 24 kilómetros al oriente de la ciudad de Culiacán, en la parte centro-occidente del Estado de Sinaloa, cerca de sus límites con Durango, la presa “Sanalona” capta el gasto de los cauces de los ríos Tamazula y Tomo, además de los arroyos Los Amoles, El Palmar, Quebrada La Calera, Quebrada de Guayabas, Quebrada San Quintín, Los Cedros, Los Arrayanes, Grande, El Potrero, El Palmarito, Corral Viejo, El Carricito, así como corrientes y escurrimientos de la Sierra Madre Occidental.

Se construyó entre 1940 y 1948, cuenta con más de cuatro mil doscientas veinte hectáreas de superficie pero, debido a que se quemó la planta central de fuerza, área vital para concluir el cierre febril antes de las avenidas de la temporada formal de lluvias, fue concluida por la CNI, ampliándose su capacidad durante la administración del Presidente Adolfo Ruiz Cortines y poniendo en marcha en 1963 dos unidades para la generación de 14 megawatts. Entre otros motivos, la presa fue edificada con una capacidad al NAMO de 845 hectómetros cúbicos –en la actualidad llega a almacenar 673.47 hectómetros cúbicos– para contener los impredecibles escurrimientos provocados por las lluvias de invierno en la región, conocidas por los lugareños como “equipatas”. Ejemplo de este fenómeno es la gravísima inundación de 1917 en Culiacán que anegó áreas urbanas y derribó los puentes Cañedo y del Ferrocarril. Junto con la presa Adolfo López Mateos “El Humaya” riegan más de doscientas quince mil hectáreas del Valle de Culiacán.



Presa Gobernador Leobardo Reynoso “Trujillo”

Construida en 1949, la presa Gobernador Leobardo Reynoso, también conocida como “Trujillo”, se ubica en el municipio de Fresnillo en el estado de Zacatecas. Se alimenta del río Los Lazos y su cortina, de corazón de arcilla de materiales graduados con cubierta de rocas, tiene una longitud de 580 metros y 40 de altura, la cual fue sobreelevada en 1976.

El embalse ocupa el segundo lugar en la entidad por su capacidad de almacenamiento al NAMO de 118 hectómetros cúbicos, cuyo uso principal consiste en la irrigación de 4 750 hectáreas de cultivos del Distrito de Riego 034 Estado de Zacatecas. La presa se distingue actualmente por contar con una de las mayores áreas compactas modernizadas y tecnificadas en los sistemas de riego del país.



Presa Solís

Inaugurada en 1949, la presa Solís contaba en su momento de construcción con un embalse al NAMO de 800 hectómetros cúbicos, pero debido a que en 1980 fue elevada su cortina cerca de cinco metros, la capacidad de almacenamiento aumentó a 1 037 hectómetros cúbicos. El dique y el embalse localizados a 5 kilómetros de la ciudad de Acámbaro, Guanajuato, se utilizan para el almacenamiento y suministro de tierras localizadas en el Distrito de Riego 011 Alto Río Lerma y para el control de avenidas.

Considerada entre las infraestructuras de riego, tecnificación y abasto para el campo más importantes de México, la presa Solís integra con la presa Tepuxtepec y la laguna de Yuriria, un sistema cuyo caudal es utilizado para la irrigación de ciento dieciséis mil hectáreas de tierras agrícolas del Distrito de Riego 011, gasto que es conducido por el canal Bajo Salamanca.

La principal fuente de la presa Solís es el río Lerma, pero también llegan a aportar los ríos Tlalpujahua, Los Ailes, Tigra, así como los arroyos Cachivi, Conejo, Colorado y Tarandacuaro. Forma parte de la Región Hidrológica XII Lerma-Santiago, abarcando los estados de Guanajuato, Jalisco, Michoacán y Querétaro, cuya corriente principal es el río Lerma, de cerca de setecientos ocho kilómetros de longitud, al cual se suman durante su recorrido importantes afluentes como La Gavia, Jaltepec, La Laja, Silao, Guanajuato, Turbio, Angulo y Duero, hasta descargar en el lago de Chapala, en Jalisco.



Presa Manuel Ávila Camacho “Lago Valsequillo” “Balcón del Diablo”

Construida entre 1941 y 1946 sobre el río Atoyac, a 30 kilómetros al sur de la ciudad de Puebla de los Ángeles, la presa Manuel Ávila Camacho tenía como objetivo almacenar agua para el riego de 33 820 hectáreas de 18 municipios asentados en los valles de Tecamachalco, Tlacotepec y Tehuacán, gracias a la captación de los caudales del río Atoyac y sus afluentes Zahuapán, San Francisco y Alseseca, principalmente.

El embalse cuenta con una superficie de 2 750 hectáreas y una capacidad al NAMO de 331 hectómetros cúbicos –en la actualidad almacena hasta trescientos cuatro hectómetros cúbicos–. Su cortina es de tipo gravedad, con una altura máxima de 85 metros y 425 de longitud. Hoy tiene como principales usos la irrigación de veintiún mil hectáreas del Distrito de Riego 030 Valsequillo y de la zona de Atlixco-Izúcar de Matamoros, aunque en esta última con ciertas restricciones, además de control de avenidas y el desarrollo de actividades propias del turismo recreativo como la pesca ribereña. En fechas recientes, la CONAGUA y los gobiernos estatal y municipales han puesto en marcha un plan que incluye la construcción de redes de agua potable, alcantarillado, colectores y plantas de tratamiento, así como la rehabilitación de las ya existentes, además de la depuración de las aguas del embalse y el control de la maleza acuática.



Presa General Álvaro Obregón “El Oviachic”

Esta emblemática presa fue la segunda de tres embalses –Lázaro Cárdenas y Plutarco Elías Calles– que detonaron el desarrollo agrícola del Valle del Yaqui, razón por la cual Sonora recibió el título de “granero del país”. Inaugurada por el Presidente Miguel Alemán Valdés en 1952, se le considera la más grande del estado al irrigar doscientas cincuenta y seis mil hectáreas de los valles del Yaqui y Mayo.

Se ubica en el poblado El Oviachic en el municipio de Ciudad Obregón, tiene un área de 20 500 hectáreas, una capacidad de almacenamiento al NAMO de 2 989 hectómetros cúbicos, su cortina se levanta a 90 metros de altura desde sus cimientos y se extiende a lo largo de 1 457 metros. Aunque su objetivo principal es la irrigación del Distrito de Riego 041 Río Yaqui y el Distrito de Riego 018 Colonias Yaquis –uno de los valles más tecnificados y mejor planeados del país–, cuenta también con una CH con capacidad de generar 20 megawatts, así como dos plantas potabilizadoras. Secundariamente, se ha favorecido la explotación y comercialización de peces como la tilapia, el bagre de canal, la carpa común y la lobina negra, fuente de ingresos adicional de un importante número de familias.



Archivo: CONAGUA-SGT.

Presa Marte R. Gómez “El Azúcar”

Se ubica a 65 kilómetros al oeste de la ciudad de Reynosa y a 16 al suroeste de Camargo, en el Estado de Tamaulipas. Construida en 1946, cuenta con una cortina de 49 metros de altura, abarca una superficie de embalse de más de dieciséis mil quinientas hectáreas, y registra una capacidad al NAMO de 781.70 hectómetros cúbicos provenientes de los ríos San Juan, San Antonio y Álamo, cuyo destino primordial es el Distrito de Riego 026 Bajo Río San Juan, pero también el Distrito de Riego 025 Bajo Río Bravo.

De este embalse se desprende un canal denominado “Rhode”, que se prolonga hasta el municipio de Reynosa, cuya finalidad consiste en dotar el aforo necesario para el riego de poco más de sesenta y seis mil hectáreas de la primera, segunda y tercera unidades del Distrito de Riego 026, el cual hoy es considerado uno de los representantes de irrigación y abasto más importantes del país.



Archivo: CONAGUA-SGT.

Presa internacional Falcón

Inaugurada el 19 de octubre de 1953 por los presidentes Adolfo Ruiz Cortines y Dwight D. Eisenhower, los principales objetivos de la presa internacional Falcón son el abasto, la irrigación de doscientas un mil hectáreas del Distrito de Riego 025 Bajo Río Bravo y de diez mil hectáreas para el Distrito de Riego 026 Bajo Río San Juan, la generación de energía hidroeléctrica, así como equilibrar los derechos de uso del agua en la región. Se ubica a 202 kilómetros de Matamoros, Tamaulipas, entre el municipio de Nueva Ciudad Guerrero y los condados de Zapata y Starr, en Texas, exactamente en la línea divisoria territorial entre México y Estados Unidos de América. Forma parte de la cuenca del río Salado, corriente que se origina en el Estado de Coahuila, en la confluencia del río Monclova y los arroyos Aura, Seco y Pájaros Azules.

Con una capacidad al NAMO de 3 264.8 hectómetros cúbicos, una profundidad de entre diez y treinta metros, y un vaso donde realizan actividades de pesca deportiva y comercial, la presa Falcón forma parte del grupo de embalses internacionales destinado al uso público-urbano, al control de avenidas y a la generación de energía a partir del río Bravo. Consiste en una cortina del tipo de tierra de 50 metros de altura y 4 926 de longitud en México y 3 088 metros en el vecino país; una obra de excedencias ubicada en la margen izquierda, constituida por seis grandes compuertas reguladoras del tipo “Stoney”; dos obras de toma, una para cada nación, del tipo de torre con conducto de concreto para México y una sección de gravedad adyacente al vertedor de excedencias para los Estados Unidos de América, además de dos CH, una de las cuales, abastece a nuestro país y cuenta con una capacidad efectiva de 32 megawatts.



Presa Endhó

Construida entre 1947 y 1951, durante la administración del Presidente Miguel Alemán Valdés, la finalidad de la presa Endhó ha sido la de contener los volúmenes totales del río Tula, que benefician a los distritos de riego 003 Tula y 100 Alfajayucan, en Hidalgo.

Alimentada por el cauce del río mencionado, el embalse se caracteriza por contener aguas residuales que, a través del río El Salto, son expulsadas del Valle de México por el Emisor Central. Localizada entre los municipios de Tepetitlán y Tula de Allende, la presa Endhó tiene una capacidad de almacenamiento al NAMO de 182 hectómetros cúbicos en una superficie de 1 260 hectáreas.

Por su tamaño se le considera la más grande de las cinco presas que alimentan al Distrito de Riego 003, entre ellas la Taxhimay y la Requena (ambas de aguas blancas), la Rojo Gómez, la Vicente Aguirre y, por supuesto, la Endhó, cuyo caudal representa 80 por ciento de todo el sistema. Cuenta con una cortina de 60 metros de altura, un canal de toma y un gasto máximo de alrededor de 14 metros cúbicos por segundo, que salen a través de compuertas deslizantes, y en la actualidad se le ha añadido un nuevo canal de toma de 25 metros cúbicos por segundo. Adicionalmente, esta obra posee un vertedero de demasías con una capacidad de desfogue de 1 700 metros cúbicos por segundo, que es utilizado en los periodos cuando el nivel de almacenamiento llega a su límite.



Presa Miguel Hidalgo y Costilla “El Mahone”

Construida entre 1952 y 1956 sobre el río Fuerte, caudal que nace en la sierra Tarahumara, la presa “El Mahone” se alimenta de los arroyos tributarios Verde y Chinatú y recorre 670 kilómetros hasta su desembocadura en el Golfo de California. Ubicada a 90 kilómetros de Los Mochis, Sinaloa, cuenta con un área de cuenca de 29 427 kilómetros cuadrados y una capacidad al NAMO de 2 921 hectómetros cúbicos. Su cortina mide 81 metros de altura y está edificada con un corazón de material impermeable protegido en ambos lados por zonas de material de rezaga.

Entre otros motivos, fue diseñada para controlar avenidas, con una capacidad de generar energía eléctrica hasta por cincuenta y nueve megawatts en la CH “27 de Septiembre”, además de irrigar más de doscientas treinta mil hectáreas de los municipios El Fuerte, Ahome, Sinaloa y Guasave, incluyendo las pertenecientes al poblado El Carrizo, mediante una infraestructura compuesta por las presas derivadoras Sufragio y Cahuinahua, así como de los canales SICAE, Cahuinahua, Sabino, Florida y Cubilete. Durante 1962 y 1964 fue sobreelevada su cortina mediante una adaptación al vertedor de demasías, con el propósito de proteger al valle de los riesgos de una inundación. Cabe señalar que esta obra hidráulica en particular fue una de las más adelantadas de su tiempo a escala mundial, por lo cual especialistas mexicanos fueron llamados desde el extranjero para dirigir construcciones o formar parte de consejos directivos encargados de mejorar la gestión hídrica.



Presa Adolfo Ruiz Cortines “El Mocúzari”

Terminada de construir en 1955, ubicada en la región sur de Sonora y con una área de cuenca de 10 742 kilómetros cuadrados, la presa Adolfo Ruiz Cortines “El Mocúzari” tiene un almacenamiento de conservación de 950.3 hectómetros cúbicos. Ubicada en la cuenca del río Mayo, es considerada uno los cuatro embalses de mayor importancia en la entidad gracias a los recursos lénticos y lóticos con que cuenta la región, entre ellos pantanos dulceacuícolas, estuarios, charcas temporales, llanuras de inundación, los ríos Moris y Cedros, además de arroyos y manantiales termales.

Su vaso ocupa parte de los territorios de los municipios de Álamos y El Quiriego y, aguas abajo de la cuenca del río Mayo, se localiza el Distrito de Riego 038 Río Mayo, que cuenta con una extensión de noventa y seis mil hectáreas. Además de impulsar los usos agrícola y público-urbano, en 2009 el embalse contaba con la capacidad de generar 10 megawatts, lo cual ha contribuido notablemente al desarrollo regional y, adicionalmente, se ha fortalecido la industria de la pesquería de agua dulce.



Presa Presidente Miguel Alemán "Temascal"

Construida por la Comisión del Papaloapan en 1955, organismo dependiente de la entonces Secretaría de Recursos Hidráulicos (SRH), la presa "Temascal", oficialmente denominada Presidente Miguel Alemán, tiene la finalidad de aprovechar las aguas del río Tonto, controlar avenidas, generar energía en la CH Temascal y destinar volúmenes al uso público-urbano. Cabe señalar que tiene una capacidad de almacenamiento al NAMO de 8 828 hectómetros cúbicos.

Situada en la planicie costera del Golfo de México, a 40 kilómetros al noroeste de Ciudad Alemán en el municipio de San Miguel Soyaltepec, Oaxaca, el embalse consiste en una cortina de tipo enrocamiento, tres diques de tipo "tierra", una obra de excedencias localizada en el puerto "Chicale Núm. 2", que descarga en el río Tonto, cuatro túneles en la margen derecha empleados como obra de desvío, los cuales fueron aprovechados para la obra de toma de la CH situada al pie de la cortina, así como para extracciones eventuales. De acuerdo con cifras de 2012 de la CFE, cuenta con una capacidad para generar energía eléctrica por 354 megawatts y 1 555 gigawatts por hora destinados para Oaxaca y entidades como Veracruz, Puebla y el Distrito Federal.



Presa Presidente Benito Juárez “El Marqués”

Ubicada 5 kilómetros al noroeste de la población de Jalapa del Marqués, sobre la confluencia de los cauces de los ríos Tehuantepec y Tequisistlán junto al cerro El Marqués, municipio de Santa María Jalapa del Marqués, en la región del Istmo de Tehuantepec al sureste del Estado de Oaxaca, la presa “El Marqués” cuenta con una capacidad de almacenamiento al NAMO de 946.50 hectómetros cúbicos. Capta las corrientes de los ríos Carrizal de Otales y San Bartolo Hondo, así como de los arroyos Tamarindo, Guiguchi, Limón, Las Truchas, Niza Paloma, Mancha Verde, San Miguel, Cotita, Las Tejas y La Compuerta, entre otros, además de escurrimientos de las montañas Vixañatul y elevaciones de la Sierra Madre Oriental.

La presa fue construida entre 1957 y 1961 por la SARH, con la finalidad de aprovechar el potencial hidráulico de los ríos Tehuantepec y Tequisistlán. De hecho, se creó el Distrito de Riego 019 Tehuantepec con una superficie máxima de veintiséis mil hectáreas con la idea de que la zona del Istmo se convirtiese en el “granero” del país. El área de su cuenca se extiende por 7 794 kilómetros cuadrados y consiste en una cortina de enrocamiento con un corazón de arcilla impermeable. Aunque la finalidad de la presa era propiciar el desarrollo agrícola de los municipios Santa María Mixtequilla, Santo Domingo Tehuantepec y San Blas Atempa, esta obra también benefició al municipio de Salina Cruz y a la refinería de PEMEX “Antonio Dovalí Jaime”, al dotarlos de caudales para su aprovechamiento. El embalse cuenta con otros usos; por ejemplo, el control de avenidas e inundaciones, la dotación de agua para uso industrial y la pesca comercial a gran escala y deportiva.



Vista desde aguas arriba del vertedor de servicio de la presa Netzahualcōyotl, CH "Malpaso", Chiapas.

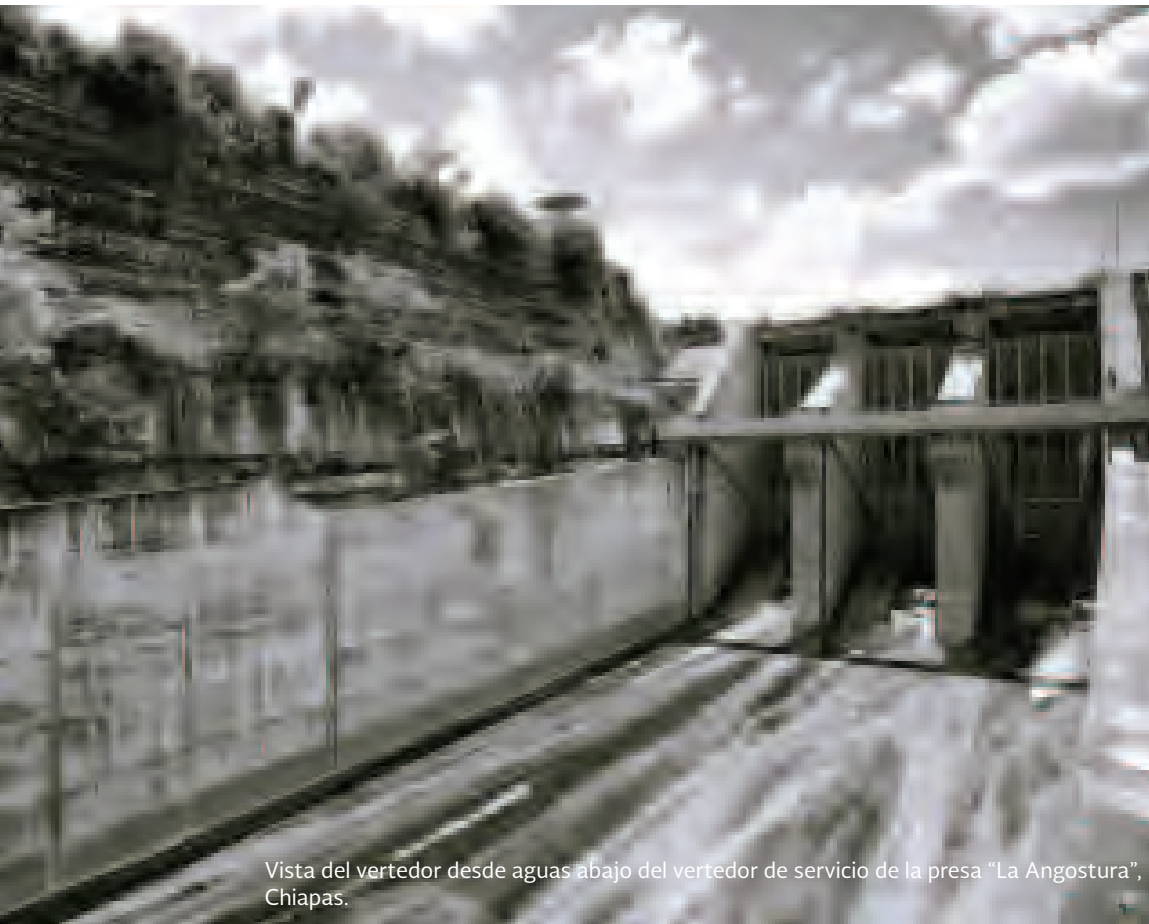
Sistema Hidroeléctrico del Río Grijalva

Este emblemático sistema hidroeléctrico, ubicado en el Estado de Chiapas, está compuesto por la CH Dr. Belisario Domínguez, presa "La Angostura"; la CH Ing. Manuel Moreno Torres, presa "Chicoasén"; la presa Netzahualcōyotl, CH "Malpaso" y la CH Ing. Ángel Albino Corzo "Peñitas" en las márgenes del río Grijalva. Este importante cauce se origina cerca del volcán Tacaná que comparten México y la República de Guatemala, para acceder a nuestro país recorriendo la depresión central de Chiapas hasta llegar a la presa "La Angostura", recibiendo aportaciones de los ríos La Venta, Chicoasén y Yamonho, cerca de la presa Netzahualcōyotl.

Posteriormente, aguas abajo de la presa "Peñitas" recibe las aportaciones de los ríos Platanar y Camoapa, que dan origen al río Mezcalapa, para bifurcar en los ríos Samaria y Carrizal, el último de los cuales cruza la ciudad de Villahermosa, donde recibe las aportaciones del río Pichucalco. Después de cruzar la Capital tabasqueña, el río Grijalva continúa hasta confluir con el río Usumacinta y desembocar en el Golfo de México.

Las cuatro presas integrantes de este notable sistema hidroeléctrico fueron construidas para generar energía eléctrica, aproximadamente el cuarenta y un por ciento de la energía de origen hidráulico que se consume a nivel nacional.





Vista del vertedor desde aguas abajo del vertedor de servicio de la presa “La Angostura”, Chiapas.



Presa Netzahualcóyotl, CH “Malpaso”

Conocida por los lugareños como “Malpaso” o “Raudales”, este embalse constituye el primer aprovechamiento construido en la cuenca del río Grijalva. Construida entre 1959 y 1964 en el municipio de Tecpatán, en Chiapas, la CH “Malpaso”, presa Netzahualcóyotl, que se localiza a 81 kilómetros aguas abajo de la presa “Chicoasén”, tiene como objetivos prioritarios: a) controlar las avenidas máximas registradas en el río Grijalva, para reducir los gastos y evitar inundaciones catastróficas en los poblados de La Chontalpa, Tabasco; b) de acuerdo con cifras de 2012 producir 1 080 megawatts y generar 4 658 gigawatts por hora, y c) permitir la navegación de pequeñas embarcaciones.

Durante su edificación hubo la necesidad de cerrar tres depresiones naturales mediante la construcción de diques: uno de ellos cerca de la cortina de 57 metros de altura y los otros dos en el parteaguas que divide las cuencas de los ríos La Venta y El Uxpanapa. La CH se localiza en la margen derecha, consta de obra de toma, conducción a presión y una casa de máquinas subterránea, diseñada para alojar seis turbogrupos, cada uno constituido por una turbina tipo “Francis” con capacidad de 180 megawatts.

Central hidroeléctrica Dr. Belisario Domínguez, presa “La Angostura”

Constituye el segundo aprovechamiento construido del Sistema Hidroeléctrico del Río Grijalva. Entró en operación en 1975, aunque fue edificada entre 1969 y 1974 abarcando los municipios de Venustiano Carranza, Tzimol y Socoltenango al norte; Concordia y Chicomuselo al sur; Trinitaria y Comalapa al este, y Chiapa de Corzo al oeste, 104 kilómetros aguas arriba de la presa “Chicoasén”.



Vista de la CH Ing. Manuel Moreno Torres, presa “Chicoasén”, Chiapas.



Cabe señalar que, con una capacidad de almacenamiento al NAMO de 13 170 hectómetros cúbicos y una cortina de 147 metros se le considera el segundo embalse de mayor importancia en México, después del lago de Chapala, en Jalisco. Se alimenta principalmente de los ríos Grijalva, San Gregorio, San Miguel, Blanco, Revolución Mexicana, Dorado, Cuxtepeques, Jaltenango, Aguacta y Rizo de Oro, así como por un gran número de arroyos. La cortina es de tipo enrocamiento con un delgado núcleo impermeable de arcilla, cuenta además con un importante volumen de arena y grava producto de varios depósitos aluviales ubicados a distancias de entre 4 y 7 kilómetros aguas abajo del sitio. La CH se localiza en la margen izquierda, consta de una obra de toma, conducción a presión y una casa de máquinas subterránea con 19.30 metros de ancho, 209.35 metros de longitud y 46.40 metros de altura. Está diseñada para alojar cinco unidades, cada una constituida por una turbina tipo “Francis” y, de acuerdo con cifras de 2010, cuenta con una capacidad efectiva de 900 megawatts. El diámetro de la tubería a presión es de 8.7 metros.

Central hidroeléctrica Ing. Manuel Moreno Torres, presa “Chicoasén”

Construida entre 1974 y 1980, la presa “Chicoasén” fue la tercera en edificarse conforme al Sistema Hidroeléctrico del Río Grijalva. Su cuenca comprende una superficie de 7 447 kilómetros cuadrados, área ubicada aguas abajo entre la presa “La Angostura”, y cuenta con una capacidad de almacenamiento de 1 384.36 hectómetros cúbicos. Por sus características hidrológicas, topográficas, geológicas y económicas, se le considera la más importante en cuanto a la generación de energía eléctrica en México, destacando también por una imponente cortina de 265 metros de altura.

Debe mencionarse que su régimen pluviométrico establece dos periodos bien definidos: el primero, en el que se presentan precipitaciones máximas en los meses de julio a noviembre, debido a las perturbaciones ciclónicas que se generan en el Golfo de México, mar Caribe e, incluso, océano Pacífico; y el segundo, que corresponde al de estiaje entre los meses de diciembre y junio. Para el diseño de su cortina se optó por un terraplén de materiales graduados –debido a la presencia de una falla geológica próxima–, la cual fue construida con material



Vista de la CH Ing. Ángel Albino Corzo "Peñitas", Chiapas.

de enrocamiento, con un núcleo central flexible, impermeable, protegido con filtros, transiciones y amplios respaldos de protección. Durante su edificación se realizó un desvío de la corriente del río Grijalva en condiciones muy favorables, ya que fue cerrado el embalse "La Angostura". Dado el reducido caudal del río después del cierre, se pudo librar la zona de construcción de la ataguía aguas arriba mediante la excavación de un túnel auxiliar de 343 metros de longitud de sección portal sin revestir, de 7 metros de ancho y 6 de altura, excavado en la margen izquierda. La obra de desvío constó de dos túneles perforados en la margen derecha, de sección portal sin revestir, de 13 metros de ancho y 13 de altura. La CH se localiza en la margen derecha, consta de obra de toma, conducción a presión y una casa de máquinas subterránea de 199 metros de longitud, 20.5 metros de ancho y 43 de altura, diseñada para alojar ocho turbogrupos, cada uno constituido por una turbina tipo "Francis" con capacidad de 300 megawatts cada una para, en 2012, generar 2 400 megawatts y 6 818 gigawatts por hora.

Central hidroeléctrica Ing. Ángel Albino Corzo "Peñitas"

La presa CH Ing. Ángel Albino Corzo "Peñitas" constituye el cuarto aprovechamiento del Sistema Hidroeléctrico del Río Grijalva. Se construyó entre 1979 y 1987 en el municipio chiapaneco de Ostucán, a 72 kilómetros aguas abajo de la presa Netzahualcóyotl, con una capacidad al NAMO de 1 628.79 hectómetros cúbicos.

La construcción de su cortina de materiales graduados se inició en 1980, aprovechando la amplitud de la boquilla en esta zona y la existencia de una isla que dividía el cauce en dos brazos, lo cual permitió utilizar el brazo derecho para continuar su cauce, mientras que por el brazo izquierdo era rellenado para comenzar los primeros trabajos, entre ellos compactar los depósitos aluviales y desplantar la cortina directamente sobre el aluvión. La CH, localizada en la margen izquierda, consta de una obra de toma, conducción a presión y una casa de máquinas de tipo exterior con 165 metros de longitud, 23.7 metros de ancho y 60 metros de altura, diseñada para alojar cuatro unidades, cada una constituida por una turbina tipo "Kaplan" de eje vertical de 105 megawatts, para contar en 2012 con una capacidad de 420 megawatts y generar 2 059 gigawatts por hora.





Presa Plutarco Elías Calles “El Novillo”

Ubicada sobre el río Yaqui, en el municipio de Soyopa, a 157 kilómetros al este de Hermosillo, la presa “El Novillo” capta los flujos de las cuencas de los ríos Yaqui y Moctezuma; de sus tributarios Coronado, Musbabi, La Cueva, Mátapa, El Bajío y Los Amotes, así como de los escurrimientos de la Sierra Madre Occidental en los linderos con Chihuahua. Cuenta con una capacidad al NAMO de 2 833.10 hectómetros cúbicos y transfiere el volumen generado a la presa General Álvaro Obregón “El Oviachic” que a su vez abastece a los distritos de riego 041 Río Yaqui y 018 Colonias Yaquis.

Construida entre 1959 y 1964 para, entre otros usos, el control de avenidas, la irrigación, la pesca comercial y deportiva, y la generación de energía hidroeléctrica mediante una capacidad instalada de 135 megawatts, constituye uno de los principales embalses en cuanto a la generación de energía eléctrica. Por ello, la obra se planteó como de jurisdicción federal, siendo controlada y vigilada por la CFE. En este sentido, la CH tiene la finalidad de satisfacer la creciente demanda de electricidad generada por la producción agrícola.



Presa Constitución de 1917 “Hidalgo”

Esta emblemática presa, construida entre 1967 y 1969, se localiza sobre el arroyo El Caracol, a 2 kilómetros al suroeste del trazo de la carretera Panamericana, junto a la población La Estancia en el municipio de San Juan del Río, Estado de Querétaro.

Tiene una capacidad de almacenamiento al NAMO de 69.86 hectómetros cúbicos aprovechando los caudales de los ríos San Juan y Los Zúñigas, así como de los arroyos El Caracol, Hondo, Las Canoas, Colorado, La Cofradía, San Ildefonso y otros escurrimientos naturales. Fue edificada con la finalidad de abastecer a diez mil hectáreas del Distrito de Riego 023 San Juan del Río, controlar avenidas e inundaciones y uso público-urbano, además de fomentar la pesca ribereña y deportes acuáticos. Su cuenca tiene un área de 428 kilómetros cuadrados, y fue provista de una cortina flexible de materiales graduados de tierra compactada de 35 metros de altura y una corona de 2 440 metros de longitud.

El caudal de desfogue es vertido hacia el dren Caracol, escurriendo hacia la presa La Llave, la cual desfoga al río San Juan. Actualmente, la presa Constitución de 1917 forma parte de una zona protectora forestal con una extensión de 44 300 hectáreas y, en su lago, pueden pescarse especies como carpa y mojarra durante competencias de importancia regional y nacional.





Vista de la presa “El Infiernillo”, entre los estados de Guerrero y Michoacán.

Sistema Hidroeléctrico Presidente Adolfo López Mateos

Desarrollado sobre el río Balsas, el Sistema Hidroeléctrico Presidente Adolfo López Mateos está conformado por un conjunto de presas para la generación de energía, entre ellas “El Infiernillo”, José María Morelos “La Villita”, Ing. Carlos Ramírez Ulloa “El Caracol” y el Sistema Hidroeléctrico Miguel Alemán.

Presa “El Infiernillo”

Para construir la cortina de la CH “El Infiernillo”, ubicada entre los municipios de Arteaga, La Huacana y Churumuco de Michoacán y el de Coahuayutla en Guerrero, se necesitó edificar, entre 1960 y 1964, un esbelto corazón central de arcilla impermeable que soportara el empuje del agua retenida en el embalse. La mayor parte de los respaldos (en ambos lados del corazón) fue diseñada con un enrocamiento (fragmentos de roca de diversos tamaños resultado de voladuras en cantera) en el río Balsas.

El vaso de “El Infiernillo” cuenta con 120 kilómetros de largo, una cortina o dique de 148.5 metros de altura, tiene una capacidad al NAMO de 9 340 hectómetros cúbicos y contiene un volumen de más de cinco hectómetros cúbicos de sedimentos. Su objetivo principal es la generación de energía eléctrica gracias a su potencial de 1 160 megawatts y 2 936 gigawatts por hora de acuerdo con cifras del 2012 –la segunda en este rubro después de la presa “Chicoasén”–, además del control de avenidas. Esta CH se localiza en la zona de mayor riesgo sísmico del país y por tal motivo se evalúa continuamente el comportamiento de sus estructuras.



Vista de la presa “El Caracol” de la CH Ing. Carlos Ramírez Ulloa, Guerrero.

Presa José María Morelos y Pavón, CH “La Villita”

Localizada a 55 kilómetros aguas abajo de la presa El Infiernillo y a 13 kilómetros de la desembocadura del río Balsas, la CH “La Villita”, cuya presa José María Morelos y Pavón fue construida entre 1964 y 1968 para generar energía eléctrica, cuenta con un vaso con capacidad al NAMO de 540.80 hectómetros cúbicos y controla avenidas de 200 hectómetros cúbicos a través de una cortina de 59.73 metros de altura y una superficie de 30.46 kilómetros cuadrados.

Como su principal propósito, la CH “La Villita” produce de acuerdo con cifras del 2010 un total de 320 megawatts, además de abastecer al Distrito de Riego 098 José María Morelos, una zona que comprende el alto y bajo Balsas entre los estados de Guerrero y Michoacán. El régimen de entrada de “La Villita” está supeditado a las descargas de la presa “El Infiernillo”.

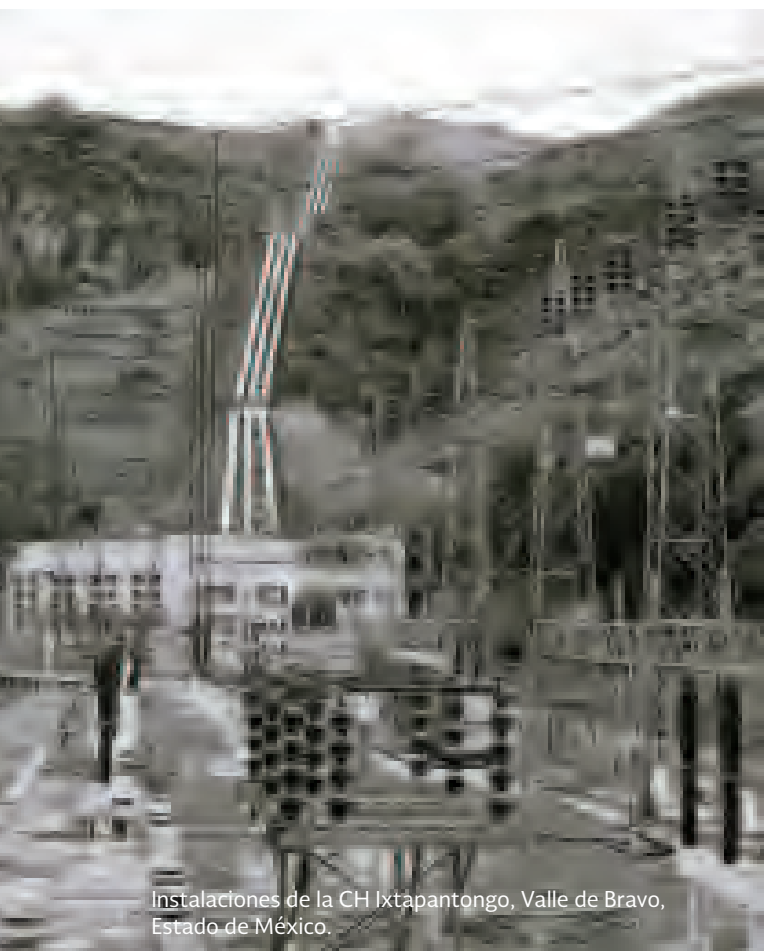
Presa “El Caracol”, CH Ing. Carlos Ramírez Ulloa

Por su parte, la presa “El Caracol”, oficialmente CH Ing. Carlos Ramírez Ulloa, fue construida entre 1978 y 1986 sobre un profundo cañón de la sierra Teloloapan, en el medio Balsas y en las proximidades del poblado de Apaxtla, Guerrero. Tiene un vaso con una capacidad de almacenamiento al NAMO de 1 458.21 hectómetros cúbicos, mide 50 kilómetros de largo y cuenta con una cortina de 126 metros de elevación. Además de la generación de electricidad mediante una capacidad instalada de 594 megawatts y 1 152 gigawatts por hora, otro de sus objetivos es el control de avenidas.

Entre las corrientes que capta su embalse se encuentran el río Mezcala y sus afluentes, además de los arroyos La Culebra, Bajial, Amatitlán, Coatepequito, Los Herreros, Yolocingo, El Zapote, Amacuáhuatl, Chapultepec, Atlihuaca, y otros cauces superficiales provenientes del Eje Neovolcánico Transversal, Sierra Madre del Sur y la alledaña sierra de Teloloapan.



Vista de la CH Santa Bárbara, Santo Tomás, Estado de México.



Instalaciones de la CH Ixtapantongo, Valle de Bravo, Estado de México.

Sistema Hidroeléctrico Miguel Alemán

Integrado por seis plantas escalonadas, de las cuales las CH Héctor Martínez de Meza, Agustín Millán, El Durazno y la Ixtapantongo están fuera de operación, quedan activas a la fecha las unidades 1 y 3 de la CH Santa Bárbara, con una potencia de 22.5 megawatts cada una, y la U-3 de Tingambato con una potencia de 45 megawatts. El Sistema Hidroeléctrico Miguel Alemán, que contaba con una capacidad instalada total de 370 675 kilowatts, se encuentra ubicado en el noroeste del Estado de México, donde aprovechaba las corrientes de los ríos Malacatepec, Valle de Bravo e Ixtapan del Oro, y las de los ríos Tuxpan y Zitácuaro en el Estado de Michoacán, todos pertenecientes a la subcuenca del río Cutzamala, afluente del río Balsas.

Un conjunto de presas almacenaban dichos caudales, entre las que se encuentran las siguientes: Villa Victoria (185.00 hectómetros cúbicos), Valle de Bravo (394.00 hectómetros cúbicos), Tilostoc (14.00 hectómetros cúbicos), Tuxpan (20.00 hectómetros cúbicos), El Bosque (202.00 hectómetros cúbicos), Colorines (2.63 hectómetros cúbicos), Ixtapantongo (1.90 hectómetros cúbicos), Los Pinzanes (4.35 hectómetros cúbicos), Ixtapan del Oro (0.50 hectómetros cúbicos), Chilesdo (0.80 hectómetros cúbicos) y Santo Tomás (8.90 hectómetros cúbicos). Sin embargo se tuvo que cambiar la función de este sistema, dejando fuera de servicio a varias de las CH, enfocándose al abastecimiento de agua potable en respuesta al notable incremento de la población del Valle de México desde los años sesenta. Los trabajos comenzaron en 1976 y finalizaron en 1992, e incluyeron la interconexión de presas, el incremento de la capacidad de plantas potabilizadoras y diversas plantas de bombeo para impulsar y elevar el líquido a través del Sistema Cutzamala hacia las ciudades de México y Toluca. Con una superficie de 21.1 kilómetros cuadrados y 35 metros de profundidad –que inundaron 2 900 hectáreas de la región tras su construcción–, surgió la vocación de centro recreativo y turístico en la presa Valle de Bravo.



Presa Vicente Guerrero Consumador de la Independencia Nacional “Las Adjuntas”

Considerado el sexto embalse de mayor extensión en el país, la presa Vicente Guerrero *Consumador de la Independencia Nacional*, también conocida como “Las Adjuntas”, fue construida entre 1967 y 1971 en la cuenca del río Soto La Marina, en el municipio de Padilla, Tamaulipas, a 60 kilómetros al norte de Ciudad Victoria. Cuenta con una capacidad al NAMO de 3 900 hectómetros cúbicos y, primordialmente, se utiliza para dotar de agua a Ciudad Victoria y para contener las crecidas de los ríos Purificación y Corona, abastecer importantes áreas del Distrito de Riego 086 Río Soto La Marina en una superficie aproximada de treinta y seis mil hectáreas, así como impulsar la práctica de la pesca deportiva.

El embalse cuenta con una cortina de 423 metros de longitud y 62 de altura, del tipo de tierra y materiales graduados, con corazón impermeable de arcilla compacta y filtros de arena aguas abajo, estimándose una profundidad máxima de cuarenta y cuatro metros. Dado que la población de Padilla fue inundada por las aguas de la presa, sus habitantes fueron trasladados a Nuevo Padilla, asentamiento ubicado en la ribera noroeste del embalse, a 35 kilómetros de Ciudad Victoria. Cabe mencionar que en 1824, en el viejo poblado cuyas ruinas emergen del vaso ocasionalmente, fue fusilado Agustín de Iturbide, héroe de la Independencia de México.

Panorámica de la presa Vicente Guerrero Consumador de la Independencia Nacional “Las Adjuntas” en el río Soto La Marina, después de su construcción, Padilla, Tamaulipas, 1971.

Autor: Oficina de fotografía Barrera.

Medidas: 16 x 12 centímetros.

Colección Fotográfica, caja 1265, expediente 38334, Núm. Inv. CF-38-38334.

Fuente: Archivo Histórico del Agua.



Presa internacional La Amistad

Esta renombrada presa, construida entre 1964 y 1969, representa el último proyecto de cooperación realizado conforme al Tratado de Aguas de 1944 firmado entre la República Mexicana y los Estados Unidos de América, que establece la edificación de almacenamientos para aprovechar volúmenes del río Bravo. Localizada a poco más de veinte kilómetros aguas arriba de Ciudad Acuña, Coahuila, y a 2 kilómetros de ciudad Del Río, Texas, cuenta con una capacidad al NAMO de 4 040.3 hectómetros cúbicos, teniendo la finalidad de controlar el caudal de los ríos Bravo, Pecos y Devil's, los cuales continuamente generaban inundaciones.

Dos águilas coronan la cortina de 87 metros de altura –en dirección al norte una calva y hacia el sur una águila devorando a una serpiente–, la cual se extiende a través de 6 892 metros por el lado mexicano y 2 923 por territorio estadounidense, infraestructura que sirve para el uso público-urbano, el control de avenidas, la irrigación, la generación de 66 megawatts así como el esparcimiento de los habitantes de la zona sur, donde existe una playa y un botadero de lanchas conocida como “Tlálloc”, por encontrarse ahí una escultura de siete metros de altura del dios prehispánico del agua y la lluvia. Supervisada por la Comisión Internacional de Límites y Aguas (CILA), la presa internacional La Amistad fue inaugurada en septiembre de 1969 por los presidentes Gustavo Díaz Ordaz y Richard M. Nixon, como muestra de la amistad y compromiso que existe entre ambas naciones.



Presa José López Portillo “El Comedero”

Ubicada en Sinaloa a 32 kilómetros al norte del pueblo mágico de Cosalá, en los límites con Durango, la presa José López Portillo es alimentada por la cuenca del río San Lorenzo (antes Tabalá) y sus afluentes los arroyos Agua Caliente, Mezcaltitán, Santa Ana, Tecolotes, San José de las Bocas, Chacala, De las Vegas y Santa Cruz de Alayá, así como los ríos Presidio, San Gregorio y San Juan.

La presa fue planeada y construida por la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH) entre 1976 y 1981, y tiene un nivel de conservación de 2 580.19 hectómetros cúbicos. La cortina de enrocamiento fue construida con materiales graduados, de 136 metros de altura y 400 de longitud en la corona. Cuenta con dos obras de toma en la margen izquierda: una para riego y otra para generar, de acuerdo con datos del 2010, 100 megawatts mediante dos unidades. Además de abastecer de agua para riego a una superficie de casi setenta mil hectáreas del Distrito de Riego 109 Río San Lorenzo y cerca de cuarenta mil hectáreas del Distrito de Riego 010 Culiacán-Humaya, esta presa ha sido utilizada para la generación de energía eléctrica, el control de avenidas y la pesca deportiva y comercial. Su vaso es uno de los más grandes de la Entidad, aprovechado actualmente para la pesca, para realizar paseos en lancha hacia la isla de Piaba, y para levantar campamentos tanto de observación nocturna como de felinos en la región cercana conocida como sierra de Las Leonas.



Presa Miguel de la Madrid “Cerro de Oro”

Localizada en la cuenca del Papaloapan, en la vertiente meridional del Golfo de México, la presa “Cerro de Oro”, también denominada Miguel de la Madrid, que se ubica en Oaxaca y su colindancia con Veracruz, fue construida entre 1973 y 1988 con la finalidad de controlar las avenidas del río Santo Domingo y proteger contra inundaciones la cuenca baja del río Papaloapan. Se pretende incrementar su capacidad para producir energía eléctrica, de 154 kilowatts a 334 megawatts, mediante la instalación de dos unidades adicionales de 90 megawatts cada una, a efecto de lograr una generación de 10.8 megawatts y una producción cercana a 83.75 gigawatts por hora.

Con una capacidad al NAMO de 2 600 hectómetros cúbicos, está constituida por una cortina de materiales graduados, obra de control y de excedencias, además de un canal de intercomunicación entre los vasos “Temascal” y “Cerro de Oro”. Integrada a la Región Hidrológica Núm. 28 Cuenca del Río Papaloapan, está formada por los sistemas de los ríos Blanco, Tonto, Santo Domingo, Obispo, Teschoacán y San Juan Evangelista. Según estimaciones, el área que drena el río Santo Domingo hasta la presa “Cerro de Oro” es de 14 038 kilómetros cuadrados.



Presa Luis Donaldo Colosio “Huites”

Ubicada en el cauce del río Fuerte, en el municipio de Choix, Sinaloa, la también conocida como presa “Huites” se terminó de construir en 1995 con el objetivo de generar energía e irrigar tierras de cultivo, aunque comenzó el proceso de almacenamiento en julio de 1994. En 2012, su CH contaba con una capacidad para generar 422 megawatts y 485 gigawatts por hora e iluminar los valles de Sinaloa y Sonora, además de irrigar setenta mil hectáreas en las márgenes del río Fuerte.

El porqué de su nombre común, “Huites”, responde a que éste fue uno de los pueblos que se hallaban a lo ancho de 9 357 hectáreas que ocupó la inundación del embalse con una capacidad al NAMO de 2 908 hectómetros cúbicos. Hoy día, la CH es controlada vía satelital, su cortina tiene una altura máxima de 166 metros y una longitud de 426 metros. Considerada en su momento la más moderna del mundo y construida en una zona sísmica, la presa “Huites” es capaz de resistir temblores hasta de 8.5 grados en la escala de Richter.



Vista de la presa y CH La Yesca “Alfredo Elías Ayub”.



Sistema Hidroeléctrico del Río Santiago

Localizado al occidente de la República Mexicana, el río Santiago nace en el lago de Chapala, a una altitud de 1 524 metros sobre el nivel del mar, recorriendo los estados de Jalisco y Nayarit. Gracias a la importancia del caudal que contiene, la CFE ha construido un sistema de diques cuyo principal propósito es la generación de energía eléctrica. Conformado por las presas Puente Grande, Colimilla, Luis M. Rojas, Valentín Gómez Farías, Santa Rosa, La Yesca, El Cajón y Aguamilpa, el Sistema Hidroeléctrico del Río Santiago cuenta con un potencial energético de 4 300 megawatts, del cual sólo se ha desarrollado sesenta y cuatro por ciento aproximadamente, mediante la construcción de ocho centrales.

Presa y central hidroeléctrica La Yesca “Alfredo Elías Ayub”

Inaugurada en 2012, uno de los vasos más importantes del Sistema Hidroeléctrico del Río Santiago lo constituye la CH La Yesca “Alfredo Elías Ayub”, la cual, con una cortina de 208.5 metros se convirtió en la cuarta central de este tipo más grande del mundo, después de la presa Tres Gargantas en China.

El embalse contribuye a regular los escurrimientos de su cuenca y, a su vez, beneficia a las CH “El Cajón” y Aguamilpa, ya que al recibir en su vaso las aportaciones reguladas del río, se reducen las probabilidades de derrama por el vertedor y se incrementa su capacidad de generación eléctrica (750 megawatts), lo cual equivale a satisfacer la mitad de la demanda de energía registrada en la Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG) o encender veinticinco millones de focos ahorradores de 30 watts al mismo tiempo. Con un embalse de 54.8 kilómetros sobre el río Santiago, la CH La Yesca se ubica entre los estados de Jalisco y Nayarit, y está diseñada



Vista de la presa y CH Leonardo Rodríguez Alcaine “El Cajón”.

para almacenar 2 392.885 metros cúbicos en un área de 3 492 hectáreas, de acuerdo con su cota de aguas máximas extraordinarias.

Presa y central hidroeléctrica Leonardo Rodríguez Alcaine “El Cajón”

La CH Leonardo Rodríguez Alcaine, mejor conocida como “El Cajón”, inaugurada en 2006, se encuentra en la parte occidental del país, en la Sierra Madre Occidental, a 78 kilómetros en línea recta de la ciudad de Tepic, Nayarit, sobre el río Santiago, entre los municipios de La Yesca y Santa María del Oro, a unos sesenta kilómetros aguas arriba de la CH Aguamilpa (Solidaridad).

Con una capacidad para generar 750 megawatts y 336 gigawatts por hora, según un estimado de 2012, el embalse, con una capacidad al NAMO de 2 282 hectómetros cúbicos cuenta con una cortina con cara de concreto de 550 metros de largo y 186 de alto. Se le considera la segunda CH en potencia y generación dentro del sistema eléctrico nacional.

De acuerdo con sus características estructurales, su altura de 208.5 metros es 26.5 metros más alta que la Torre Latinoamericana del DF, y el volumen que ocupa la cortina es 10 veces el de la Pirámide del Sol en



Vista interior de la CH Leonardo Rodríguez Alcaine "El Cajón".

Teotihuacan. Para su construcción, que tuvo lugar en sólo tres años y medio, se tuvieron que abrir 45 kilómetros de caminos para que cinco mil trabajadores pudieran llegar hasta el río Santiago. Conforme a los especialistas, se considera que se trata de una de las obras de ingeniería más importantes del México del siglo XXI, sobre todo por tamaño y el tiempo récord en que fue concluida.

Cabe destacar que la casa de máquinas se encuentra alojada en una caverna excavada en roca, en donde se cubrieron losas, muros y bóveda de concreto reforzado, y fue equipada con dos grupos de turbogeneradores. Sin duda, la CH Leonardo Rodríguez Alcaine "El Cajón" es un símbolo del desarrollo de la ingeniería hidráulica mexicana.

Presa y central hidroeléctrica Aguamilpa (Solidaridad)

Construida entre 1989 y 1993, la presa y CH Aguamilpa (Solidaridad), que se ubica en la cuenca del río Santiago, en los municipios del Nayar y de Tepic, Nayarit, aguas abajo de la confluencia de los ríos Santiago y Huaynamota, tiene como objetivo generar energía, regular las aguas caudalosas y alimentar el riego de una fértil región.

Por su magnitud, para poner en marcha el proyecto se necesitó de múltiples esfuerzos, así como de la utilización de financiamiento del Banco Mundial (BM) y la participación de varias compañías extranjeras.



Vista de la presa y CH Aguamilpa (Solidaridad).

Durante su edificación fue necesario excavar túneles para desviar el cauce del río Santiago en tanto se construía la cortina de contención, la más alta del mundo en cuanto al tipo de enrocamiento con cara de concreto (187 metros de altura y 550 metros de longitud), y la cuarta en México en generación eléctrica después de las presas “Chicoasén”, Netzahualcóyotl y “El Infiernillo”.

Como parte fundamental del proyecto, se tomó en cuenta la actividad sísmica de la zona y las considerables avenidas de agua que, de acuerdo con registros históricos, pueden alcanzar valores sin precedentes como 5 300 metros cúbicos por segundo (agosto de 1990) y 10 800 metros cúbicos por segundo (enero de 1992). Considerada la más alta de su tipo en América Latina cuando se terminó de construir, el embalse puede contener como nivel de conservación 5 540 hectómetros cúbicos.

Por su capacidad instalada de 960 megawatts y 756 gigawatts por hora, en 2012, ocupó el cuarto lugar a nivel nacional, el sexto por el volumen de agua que almacena su embalse y el tercero por la altura de la cortina.





Espectadores durante la colocación de un escudo para la construcción del Sistema de Drenaje Profundo, circa 1968 (ARRIBA).

Autor: Archivo Casasola.

Técnica: Negativo de película de seguridad.

Fuente: Fototeca Nacional del INAH-SINAFO.

© (521322) CONACULTA, INAH, SINAFO, FN, México

Portal de entrada de uno de los túneles que componen el Interceptor Poniente, aún en construcción, Tequesquinhauac, Estado de México, 1963 (ABAJO).

Autor: Oficina de fotografía Felipe Tapia.

Medidas: 12 x 16 centímetros.

Colección Fotográfica, caja 223, expediente 6192,

Núm. Inv. CF-06-6192.

Fuente: Archivo Histórico del Agua.



El Sistema de Drenaje Profundo

Con el objetivo de mitigar las inundaciones atávicas que experimenta el Valle de México desde hace siglos, en 1954 se planteó la necesidad de construir un sistema de túneles profundos o interceptores que no resultaran afectados por el hundimiento gradual del suelo en el Distrito Federal.

Este fenómeno, demostrado por el doctor Nabor Carrillo Flores en 1947, ocasionado por la permanente explotación del acuífero era cada vez más evidente. Por ello, entre 1938 y 1948 el centro de la Capital registraba un hundimiento que alcanzaba los 30 y los 50 centímetros anuales.

Ante esta situación, se puso en marcha la construcción del Interceptor Poniente en 1957 para terminarlo en 1960. Siete años después, en 1967, comenzó la edificación del Sistema de Drenaje Profundo, y el 1 de septiembre de 1975 se abrieron sus compuertas y entró en funcionamiento su primera etapa, compuesta por un Emisor Central con una longitud de 49.711 kilómetros, el Interceptor Central con 7.875 kilómetros y el Interceptor Oriente con 9.571 kilómetros.

La ciudad siguió creciendo, y con ella los requerimientos de desagüe, volviendo insuficiente la capacidad tanto del Gran Canal como del Emisor Poniente, al mismo tiempo que se acentuaba el fenómeno del hundimiento: el nivel del lago de Texcoco se encontraba entonces 5.5 metros arriba del Centro Histórico, cuando en 1910 estaba 1.9 metros por abajo. Este declive del terreno no ocurría de manera uniforme, sino diferenciada. Actualmente la situación no ha variado ya que el hundimiento medio anual en el Centro Histórico es de diez centímetros, en Xochimilco de quince, en la zona del Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México (AICM) de entre veinte y veinticinco y el más grave ocurre en el municipio mexiquense de Nezahualcóyotl donde se registran treinta centímetros anuales.

Para contener estos episodios fue necesario implementar un sistema de drenaje combinado que desde su diseño no fuera afectado por la depresión gradual del terreno ni requiriera plantas de bombeo

para funcionar, además de desalojar las aguas por una salida artificial, hecho que dio origen al Sistema de Drenaje Profundo.

Sin olvidar que la ciudad se encuentra asentada en una cuenca de suelo compuesto por sedimentos fluviales, lacustres y volcánicos que van desde arenas gruesas hasta arcillas, en 1967 comenzaría la construcción de este emblemático sistema combinado de desalojo de caudales.

En 1988, el Sistema de Drenaje Profundo contaba con las siguientes estructuras:

- El Emisor Central, con una longitud de 49.711 kilómetros.
- El Interceptor Poniente, con una longitud de 16.563 kilómetros, desde la lumbrera 1 hasta río Hondo.
- El Interceptor Centro-Poniente, con una longitud de 16.500 kilómetros, desde la lumbrera 14 hasta la lumbrera 1-EC.
- El Interceptor Central, con una longitud de 16.144 kilómetros, desde la lumbrera 4A hasta la lumbrera 0-EC.
- El Interceptor Centro-Centro, con una longitud de 3.733 kilómetros, desde la lumbrera 1 hasta la lumbrera 4-IO.

En 2013, el Sistema de Drenaje Profundo contaba con las siguientes estructuras:

- El Emisor Central, con una longitud de 49.711 kilómetros y un diámetro de 6.5 metros.
- El Interceptor Poniente, con una longitud de 16.564 kilómetros y un diámetro de 4.0 metros.
- El Interceptor Centro-Poniente, con una longitud de 16.500 kilómetros y un diámetro de 4.0 metros.
- El Interceptor Central, con una longitud de 16.144 kilómetros y un diámetro de 5.0 metros.
- El Interceptor Centro-Centro, con una longitud de 3.733 kilómetros y un diámetro de 5.0 metros.
- El Interceptor Oriente, con una longitud de 27.258 kilómetros y un diámetro de 5.0 metros.



Construcción de la lumbrera 0 del Emisor Central, 1974, Distrito Federal.
Archivo GDF-SACMEX, fotografía: Carlos Prieto.



Construcción de la lumbrera 0 del Emisor Central, 1973, Distrito Federal.
 Archivo GDF-SACMEX, fotógrafo: Carlos Prieto.



Estructura de derivación a Zumpango y Tajo de Nochistongo del canal Emisor Poniente, Santo Tomás, Estado de México, 1965 (ABAJO).

Autor: Oficina de fotografía Gabriel Cano.
 Medidas: 12 x 16 centímetros.
 Colección Fotográfica, caja 1449, expediente 44471,
 Núm. Inv. CF-44-44471.
 Fuente: Archivo Histórico del Agua.

- El Interceptor Oriente-Sur, con una longitud de 13.144 kilómetros y un diámetro de 5.0 metros.
- El Interceptor Oriente-Oriente, con una longitud de 7.226 kilómetros y un diámetro de 3.1-5.0 metros.
- El Interceptor Semiprofundo Obrero Mundial, con una longitud de 0.705 kilómetros y un diámetro de 3.1 metros.
- El Interceptor Semiprofundo Iztapalapa, con una longitud de 6.121 kilómetros y un diámetro de 3.1 metros.
- El Interceptor Semiprofundo Canal Nacional-Canal de Chalco, con una longitud de 9.593 kilómetros y un diámetro de 3.1 metros.
- El Interceptor Semiprofundo Gran Canal, con una longitud de 1.290 kilómetros y un diámetro de 2.4 metros.



Revestimiento definitivo del Interceptor Centro-Centro, 1990, Distrito Federal.
Archivo GDF-SACMEX-DEO, fotógrafo: Isaías Soriano López.



Planta de bombeo 7 situada en el km 6.5 del Gran Canal (San Juan de Aragón), Distrito Federal, 1976 (ABAJO).
Autor: Oficina de fotografía Víctor Barrera.
Medidas: 12 x 16 centímetros.
Colección Fotográfica, caja 318, expediente 9074, Núm. Inv. CF-09-9074.
Fuente: Archivo Histórico del Agua.

Hoy día, la PB-7 cuenta con una capacidad de desalojo de 19 metros cúbicos por segundo. En su momento, la PB-2 llegó a impulsar 51 metros cúbicos por segundo sobre el Gran Canal. En la década de los sesenta del siglo XX, el Sistema de Drenaje Profundo llegó a impulsar caudales del orden de 170 metros cúbicos por segundo.



Portal de salida del Emisor Central (a 1.5 kilómetros de la PTAR Atotonilco), donde se observa el vertedor en funcionamiento, Tepeji del Río, Hidalgo, 1975.

Autor: Oficina de fotografía Guillermo Cano.

Medidas: 16 x 12 centímetros.

Colección Fotográfica, caja 935 expediente 28372,

Núm. Inv. CF-28-28372.

Fuente: Archivo Histórico del Agua.

Mediante un sistema combinado por gravedad, el Sistema de Drenaje Profundo representó en su época uno de los esfuerzos más colosales de la ingeniería, la ciencia, la técnica y la mano de obra mexicanas.

Actualmente el Sistema de Drenaje Profundo tiene una capacidad de desalojo máximo de 140 metros cúbicos por segundo.

El Sistema de Drenaje Profundo permanentemente cuenta con un constante programa de rehabilitación, mantenimiento, limpia y desazolve en sus redes primarias, secundarias y colectores marginales para que, sin contratiempos, puedan conducirse las aguas residuales y pluviales hasta su destino final.

Para garantizar su óptimo funcionamiento, el sistema es vigilado por un circuito cerrado de televisión que incluye cámaras de video de inspección alámbricas —a través de un circuito de videovigilancia— que revisan constantemente tuberías, coladeras y colectores en diferentes puntos de la red, para detectar cualquier situación que requiera atención o desazolve. No obstante, diversos tramos son inspeccionados periódicamente —parando el sistema por un tiempo determinado con una altura de protección— por un equipo de técnicos, apoyado en algunas tareas por un buzo, quien ha llegado a sumergirse en secciones donde el sentido de la vista queda inutilizado, es decir, se trabaja a ciegas debido a la mezcla de aguas negras. Desde hace 29 años se encarga de dicha tarea un equipo de buzos de la Oficina de Apoyo a Emergencias y Mantenimiento Civil del Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACMEX), área que se encarga de vigilar las diversas estructuras de este vital sistema circulatorio metropolitano.



Rehabilitación con cimbra metálica deslizable telescópica del Sistema de Drenaje Profundo, 2009, Distrito Federal.
Archivo GDF-SACMEX-DEO, fotógrafo: Isaías Soriano López.

Limpieza del interior del túnel donde se aprecia el retiro de concreto dañado en el portal de salida del Emisor Central, 2009, Distrito Federal.
Archivo GDF-SACMEX-DEO, fotógrafo: Isaías Soriano López.





Vista del lago Dr. Nabor Carrillo Flores, Texcoco, Estado de México.

Tratamiento de aguas residuales en el siglo XX

El rescate del lago de Texcoco

El Rescate del Lago de Texcoco es un proyecto ecohidrológico de gran significación a nivel nacional, que ha logrado mejorar de manera integral parte importante de un área lacustre que se encontraba muy degradada debido al esfuerzo para contener las inundaciones durante el Virreinato y que en el siglo XX culminó con la desecación del área que ocupaban los lagos del Valle de México.

La expulsión de importantes volúmenes de agua derivó en el surgimiento de amplias superficies de terrenos desecados y desprovistos de vegetación, dejando un alto contenido de sales. Gracias a la acción de los vientos, infinidad de partículas de tierra suelta, sales, polvo de desperdicios y desechos se levantaban y formaban grandes tolvánas en la metrópoli, contaminando a su paso el ambiente. Dicho fenómeno fue analizado por un equipo especializado en geofísica, geohidrología y mecánica de suelos, por lo cual, en 1971, por Acuerdo Presidencial se creó la Comisión de Estudios del Lago de Texcoco, la cual formuló las siguientes estrategias para resolver tales situaciones:

- Obtener el máximo aprovechamiento de las aguas captadas para fines agrícolas, industriales, recreativos y turísticos en el Valle de México.
- Desarrollar en el lago de Texcoco áreas agrícolas, industriales y de habitación popular, así como vías de comunicación y los servicios correspondientes.
- Disminuir las tolvánas en el Valle de México.
- Coordinar obras de abastecimiento de agua potable y drenaje de las poblaciones del Valle de México, en particular del área metropolitana.

El proyecto constaba de dos etapas para que fuera autofinanciable, a través de la venta de agua tratada y otros servicios. De este modo se fue transformando un medio inhóspito en una región de equilibrio ecológico restituído. Dada la importancia del proyecto, hasta la fecha se ha mantenido a cargo de la CONAGUA. Dentro de una compleja estructura, se formó el lago Dr. Nabor Carrillo Flores con la finalidad de controlar los ríos torrenciales que descargan al oriente del ex vaso y, al mismo tiempo, aprovechar dicho caudal junto con las aguas provenientes del proceso de tratamiento que podrían utilizarse para fines industriales, turísticos o agrícolas.

Ubicado en el centro de la zona federal y adyacente a la autopista Peñón- Texcoco, el vaso conocido actualmente como lago Dr. Nabor Carrillo Flores, recibe dicho nombre en honor al creador del Proyecto Texcoco. Su formación inició al instalar una red de 180 pozos de 60 metros de profundidad y un diámetro de 65 centímetros en promedio. También se construyó una red de canales para conducir por gravedad el producto del bombeo hacia cinco cárcamos centrales de bombeo, pasando la salmuera por unos desarenadores colocados en cada sección que era atraída hacia un dren perimetral al lago a través de tuberías de asbesto. El lago Dr. Nabor Carrillo Flores, que inició su operación en 1982, cubre hoy una extensión de casi 9.5 kilómetros cuadrados.

Por su ubicación, la zona federal del lago de Texcoco constituye un lugar primordial en el control de las aguas residuales de una parte del oriente de la ZMVM, que genera aproximadamente diez metros cúbicos por segundo en el estiaje y veinte metros cúbicos por segundo durante el periodo de lluvias, en promedio. Como complemento del emblemático Plan de Rescate del Lago de Texcoco, en el capítulo quinto se describen las plantas de tratamiento más importantes a nivel nacional que fueron construidas en el siglo XX y principios del XXI.



Pozos de extracción en el lago Dr. Nabor Carrillo Flores.



Instalaciones de tratamiento en el lago Dr. Nabor Carrillo F.

Entre las instalaciones de tratamiento del lago Dr. Nabor Carrillo Flores —que tienen una capacidad instalada conjunta de 1.5 metros cúbicos por segundo— cabe señalar al sistema de lagunas facultativas con recirculación, que opera 0.50 metros cúbicos por segundo, construido con recursos de la Federación. Desde el inicio de su operación en 1988, uno de sus objetivos fue dotar de agua tratada a una zona agrícola de Texcoco, con la finalidad de reducir la extracción del acuífero con fines de riego. El agua tratada en estas lagunas se usa también para la conservación del lago artificial de 36 hectómetros cúbicos de capacidad de almacenamiento, así como para la conservación de la fauna silvestre y para las actividades de sembrado de pasto y forestación emprendidas en la zona.



III TESOROS INVALUABLES
DE MÉXICO

La localidad de Guerrero Negro forma parte de la Reserva de la Biosfera El Vizcaíno, enclavada en el municipio de Mulegé, Baja California Sur. Destaca por ser un sistema lagunar conformado por grandes superficies planas e impermeables, una alta radiación solar, vientos constantes y bajos niveles de lluvia, además de las marismas donde existe la mayor zona de producción de sal por evaporación a cielo abierto en el mundo —reconocida por la alta calidad de su producto—, de la que se extraen más de siete millones de toneladas al año. En la imagen se observa un área de cristalización en la laguna Ojo de Liebre dentro de la zona que en 1988 fue declarada Reserva de la Biosfera (PÁGINAS 114-115).

COMO prueba fehaciente de un consolidado esfuerzo institucional tendente a beneficiar a todos los mexicanos mediante la protección de su entorno, la Comisión Nacional del Agua reconoce a la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas como el órgano desconcentrado de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales responsable de establecer la normatividad y supervisar la administración de valiosas porciones del territorio nacional.

Desde el inicio de sus actividades el 5 de junio del 2000, la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas se ha encargado de instrumentar las líneas de la política ambiental del siglo XXI formuladas por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, en las cuales se reconoce la interrelación que existe entre el agua, el aire, el suelo, los recursos forestales y los componentes de la diversidad biológica, con las particularidades sociales y económicas de los pobladores de las regiones prioritarias para su conservación.

En este sentido, el instrumento de política ambiental con mayor definición jurídica para la conservación de la biodiversidad lo constituyen las áreas naturales protegidas, las cuales, conforme a la reglamentación federal, incluyen a las Reservas de la Biosfera, las Áreas de Protección de los Recursos Naturales, los Parques Nacionales, los Monumentos Naturales, las Áreas de Protección de Flora y Fauna y los Santuarios.

Para la Comisión Nacional del Agua, estos espacios representan motivos para ser considerados parte de una estrategia nacional de cuidado de las reservas de agua del país, ya que son la fuente de vida de todos los ecosistemas y por tanto sus características contribuyen a regular la temperatura atmosférica y la de los océanos; abastecer y brindar servicios ambientales a los centros de población; así como protegerlos, principalmente los de las zonas costeras, de los efectos de fenómenos meteorológicos como ciclones, huracanes y tormentas tropicales.

De este modo, sustentado en la incuestionable importancia de las consecuencias de las variaciones en el ciclo hidrológico, debe tenerse muy presente que, por una parte, el agua es un recurso finito y por ello debe protegerse el medio ambiente desde una postura clara e interinstitucional, y por otra, que en sinergia con dicha apreciación se necesita implementar una estricta supervisión de las zonas donde pudieran establecerse nuevos centros de población.

En este contexto, México ha demostrado un gran compromiso con la agenda internacional de medio ambiente y desarrollo sustentable, ya que forma parte de más de 100 acuerdos y protocolos vigentes, ubicándose como protagonista indispensable en temas como el cambio climático y la biodiversidad. Por ello, cobra notoria importancia la actualización y alineación de la legislación ambiental del país y los convenios suscritos para lograr una eficaz regulación de las acciones que contribuyen a la preservación y restauración del medio ambiente y su amplia gama de recursos naturales.

Áreas Naturales Protegidas de la República Mexicana

Definido como el instrumento de política ambiental de mayor relevancia jurídica para la conservación de la biodiversidad, las Áreas Naturales Protegidas (ANP) son porciones terrestres, costeras y marinas del territorio nacional representativas de los diversos ecosistemas que han logrado mantener su ambiente original sin alteraciones de ningún tipo. Gracias a que producen beneficios ecológicos cada vez más reconocidos y valorados por la comunidad internacional, el Gobierno de la República les ha concedido atención de manera prioritaria en beneficio de la sustentabilidad, bajo la premisa de ordenar el uso y aprovechamiento del agua en cuencas y acuíferos afectados por déficit y sobreexplotación, propiciando una administración eficiente y racional de los bienes y servicios ambientales sin limitar el desarrollo.

Creadas mediante Decreto Presidencial, su administración está regulada por la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, su Reglamento y el Programa de Manejo y de los Programas de Ordenamiento Ecológico.

Las ANP del país se encuentran sujetas a regímenes especiales de protección, conservación, restauración y desarrollo, según diversas categorías establecidas en la ley. En la actualidad, la Conanp administra y preserva 176 áreas de carácter federal que representan 25 394 779 hectáreas.



Laguna y dunas Don Miguelito, Guerrero Negro, Baja California Sur.

Reservas de la Biosfera

De acuerdo con la Conanp, las Reservas de la Biosfera (RB) consisten en áreas representativas de uno o más ecosistemas que no han sido alterados por la acción del ser humano o que requieran ser preservados y restaurados, en los cuales habitan especies representativas de la biodiversidad nacional, incluyendo a las consideradas como endémicas, amenazadas o en peligro de extinción. Actualmente, nuestro país cuenta con 41 RB que cubren un área de 12 652 787 hectáreas, alrededor de 6.44 por ciento de la superficie nacional.

Una RB es una categoría de manejo internacional que incluye áreas de ecosistemas terrestres, costeros o marinos o una combinación de ellos, los cuales presentan condiciones para su conservación, un desarrollo sustentable además de contribuir a la investigación, educación y observación. Entre sus funciones destacan el proteger muestras representativas para la conservación de recursos genéticos, especies, ecosistemas y paisajes naturales; el promover el desarrollo económico y humano sostenible con la participación de los diferentes sectores involucrados, y apoyar actividades de desarrollo sustentable en armonía con la conservación que estén relacionados con la investigación, educación y observación de interés local y mundial.



Oasis en San Ignacio, Mulegé, Baja California Sur.

Reserva de la Biosfera El Vizcaíno

Desde 1988 es considerada la RB más grande del país, ya que cuenta con 2 547 790 hectáreas de extensión. Ubicada en el municipio de Mulegé, al extremo norte del estado de Baja California Sur, rodeada por el océano Pacífico y el Golfo de California, la Reserva de la Biosfera El Vizcaíno comprende una amplia región formada por el Desierto del Vizcaíno, Guerrero Negro, el Complejo Lagunar Ojo de Liebre y la vertiente de California, incluyendo diversas islas.

Forma parte, desde el 2009, de la Red Hemisférica de Reservas para las Aves Playeras (RHRAP), que declaró al Complejo San Ignacio como Sitio de Importancia Internacional, y al Complejo Lagunar Ojo de Liebre como Sitio de Importancia Hemisférica. Cabe hacer notar que la laguna de San Ignacio fue nombrada Sitio Ramsar en 2004.

La RB El Vizcaíno es el hábitat y zona de descanso de miles de especies migratorias y regionales provenientes de climas templados y subtropicales, además de caracterizarse por albergar matorrales xerófilos, micrófilos, bosques de pinos, vegetación halófila de dunas costeras y numerosos manglares.

Conformando un corredor biológico transpeninsular con núcleos endémicos tanto de flora como de fauna, gracias a los programas específicos de protección, los núcleos que conforman a esta RB se encuentran en excelentes condiciones de conservación, creando un entorno de refugio, alimentación y reproducción para la ballena gris así como un excelente campo para la investigación científica.

Reserva de la Biosfera El Pinacate y Gran Desierto de Altar

Declarada Patrimonio Natural de la Humanidad por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) el 21 de junio de 2013 y RB desde 1993, está conformada por contrastantes paisajes. Uno de los sitios que más destaca en el Gran Desierto de Altar es el escudo volcánico formado por cráteres gigantes y derrames de lava, dunas de arena consolidadas y móviles, lechos de arroyos, abanicos aluviales y macizos montañosos de basalto y granito, que abarcan una superficie de aproximadamente dos mil kilómetros cuadrados.

Cuenta con tres cimas principales denominadas Pico Pinacate, Pico Carnegie y Pico Medio, conjunto de elevaciones que reciben el nombre de volcán Santa Clara o sierra Pinacate. Al respecto, los flujos de lava que delimitan el escudo volcánico se extienden por más de veinte kilómetros. Enclavada en el estado de Sonora, en los municipios de General Plutarco Elías Calles, Puerto Peñasco y San Luis Río Colorado, cuenta con una superficie de 714 556 hectáreas que son compartidas por la península de Baja California y el estado de Arizona. Es reconocida su importancia a nivel arqueológico al conservar vestigios de asentamientos humanos que datan de veinte mil años. Gracias a una importante variación climática y ambiental con precipitaciones pluviales intermitentes, así como caprichosas formaciones geológicas y matorrales xerófilos, la RB El Pinacate y Gran Desierto de Altar es considerada una de las zonas prioritarias de México, donde coexiste un gran número de especies: 540 de plantas vasculares, 200 de aves, 40 de mamíferos y 40 de reptiles, cualidades que la convierten en un refugio natural de biodiversidad, aunados a la belleza y contraste de sus escenarios desérticos y montañosos. Este territorio también forma parte de la Red Mundial de Reservas de la Biosfera del Programa sobre el Hombre y la Biosfera (MAB, por sus siglas en inglés) de la UNESCO y, desde 2008, los humedales de Agua Dulce fueron declarados Sitio Ramsar.



Resultado de una actividad volcánica explosiva producida por el contacto del magma con fuentes de agua subterránea que generó explosiones muy poderosas de vapor, se crearon los cráteres gigantes tipo Maar en la RB El Pinacate y Gran Desierto de Altar.



Existe un amplio espectro de formaciones geológicas. En cuanto a las sierras, éstas se dividen en sierras volcánicas, graníticas y compuestas. Las sierras graníticas como la sierra Blanca son de las más antiguas pues datan de 100 mil millones de años.

Reserva de la Biosfera Sian Ka'an

Decretada como Reserva de la Biosfera, Sian Ka'an cuenta con una superficie de 528 147 hectáreas y abarca los municipios de Felipe Carrillo Puerto, Cozumel y Solidaridad, en el estado de Quintana Roo. Fue creada con el objetivo de proteger el ambiente así como conservar y regular el aprovechamiento de sus ecosistemas. Clasificada desde 2003 como Sitio Ramsar, la Reserva de la Biosfera Sian Ka'an cuenta con humedales de gran importancia ecológica que ocupan grandes extensiones de su territorio, así como manglares considerados prioritarios por la *North American Wetlands Conservation Council*.

De acuerdo con el *Diccionario Maya Cordemex*, el vocablo *Sian Ka'an* significa "hechizo o regalo del cielo". Este nombre se asocia al que dieron los antiguos pobladores de la región a la parte sur del Estado, donde es posible apreciar atractivos turísticos y arqueológicos, los cuales forman parte de distintos escenarios observados en esta emblemática ANP, en la que se definieron tres zonas núcleo o prioritarias: Muyil, Cayo Culebras y Uaymil, destinadas a la protección de especies en riesgo. Entre sus ecosistemas se encuentra la selva mediana, la selva baja subperennifolia, la selva baja caducifolia, el manglar, el tintal, las marismas, los petenes, la vegetación de dunas costeras y los arrecifes.

La importancia de Sian Ka'an, además de su riqueza natural, se debe a que es un reservorio de una amplia biodiversidad y de mantos acuíferos. Su territorio alberga las ruinas de Chenchomac, Chunyaxche, Vigía del Lago, Xamach, Tampak y El Plantal, además de contar con un canal artificial de 24 kilómetros que une el sitio arqueológico de Chanchah con la bahía de La Ascensión, lo cual fue descubierto mediante fotogrametría aérea.

Otros hallazgos corresponden al descubrimiento de entierros humanos, cerámica y diversos materiales con antigüedad de al menos dos mil trescientos años.



Ojos de agua aflorando dentro de la laguna La Esperanza, Vigía Chico, Sian Ka'an, Quintana Roo.

A cuatro décadas de distancia, los principios vertidos en la Convención sobre la Protección del Patrimonio Mundial, Cultural y Natural, aprobada en la Conferencia General de la UNESCO el 16 de noviembre de 1972, se han convertido en uno de los instrumentos legales más eficaces con los que se cuenta para el rescate, conservación y salvaguardia de este tipo de patrimonio.

Junto con Sian Ka'an, declarado en 1987, en México destacan el Santuario de Ballenas de El Vizcaíno (1993), las islas y áreas protegidas del Golfo de California (2005), la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca (2008) y la Reserva de la Biosfera El Pinacate y Gran Desierto de Altar (2013), las cuales se ubican o incluyen ANP federales.

Reserva de la Biosfera Sierra Gorda

A través de un ramal que se extiende desde la Sierra Madre Oriental, la sierra Gorda abarca los estados de Querétaro y parte de Hidalgo. Es una formación montañosa de rocas calizas compuesta por notables cambios de altitud capaz de crear una gran cantidad de microambientes ya sea al abrigo de profundas cañadas o en las altas cumbres de sus montañas. Su paisaje se complementa con afluentes provenientes de la propia sierra Gorda, como los ríos Santa María, Moctezuma y el Peñamiller-Extórax.

En 1997 se decretó ANP con carácter de Reserva de la Biosfera y cuatro años después fue incluida en la Red Mundial de Reservas de la Biosfera del Programa MAB de la UNESCO.

Se encuentra ubicada al norte de Querétaro en una extensión de 383 567 hectáreas a lo largo de los municipios Arroyo Seco, Jalpan de Serra, Peñamiller, Pinal de Amoles y Landa de Matamoros. Entre los ecosistemas que contiene se encuentran los bosques tropicales subcaducifolios, los bosques tropicales caducifolios, los matorrales xerófilos, el encinar arbustivo, los pastizales, los bosques de *Quercus*, los bosques de coníferas, los bosques mesófilos de montaña así como diversa vegetación acuática y subacuática. Alberga especies y subespecies de flora y fauna silvestres y acuáticas en peligro de extinción así como algunas sujetas a protección especial, como es el caso de la magnolia, el ocotillo, la espada, el maguey y el cardón, entre otras, así como de fauna como la tuza real, el jaguar, la mariposa de Humboldt, el oso negro, la guacamaya verde, la nutria, el puerco espín, el tucán verde y una variada fauna de cavernas.

Cascada El Chuveje, Pinal de Amoles, Querétaro.



Reserva de la Biosfera Mapimí

Ubicada en los estados de Durango, Chihuahua y Coahuila, la Reserva de la Biosfera Mapimí, formada en el bolsón del mismo nombre, tiene una extensión de 342 387 hectáreas y consiste en una cuenca enclavada en plena sierra calcárea, al norte de la Altiplanicie Central Mexicana, donde se han encontrado diversos restos arqueológicos que dan cuenta de la ocupación humana, al menos desde el año 1000 aC, como lo atestiguan áreas fósiles, pinturas rupestres, sitios de tallado de flechas y vestigios de asentamientos prehispánicos.

Esta área fue designada en 1977 como parte de la Red Mundial de Reservas de la Biosfera del Programa MAB de la UNESCO, y junto con La Michilía fueron las primeras con esa categoría tanto en México como en el mundo. Tal nombramiento contribuyó para que en 1979, el área de la reserva conocida como Bolsón de Mapimí fuera decretada Zona de Protección Forestal, Reserva Integral de la Biosfera y Refugio Faunístico. En el 2000, se le declaró ANP con carácter de Reserva de la Biosfera, esta vez abarcando los municipios de Mapimí y Tlahualillo en el estado de Durango; el de Jiménez en Chihuahua, y los de Francisco I. Madero y Sierra Mojada en Coahuila. Fue establecida con el fin de proteger y conservar a la tortuga del Bolsón (*Gopherus flavomarginatus*), importante especie endémica en peligro de extinción. Su valor reside, además de ser pionera en el contexto de la conservación ambiental, en que a partir de su creación se dio paso a un colectivo formado por instituciones involucradas con un firme objetivo: preservar sus especies en peligro de extinción así como la flora y fauna endémicas.

Como zona representativa de los ecosistemas desérticos, la RB Mapimí alberga una importante cantidad de ecosistemas de características especiales, como es el caso de las dunas –extendidas a través de veintidós mil hectáreas–, la sierra Calcárea y la laguna Salada así como una gran diversidad de flora: 39 especies de cactáceas,

matorrales xerófilos, pastizales y vegetación halófila; y fauna silvestre endémica, además de una numerosa población de aves migratorias. Otro de los sitios que le han acuñado reconocimiento a nivel mundial es la Zona del Silencio.



Laguna de Las Palomas en la RB Mapimí entre los estados de Durango, Chihuahua y Coahuila.

Reserva de la Biosfera Ría Lagartos

Considerada zona de refugio faunístico desde 1999, la Reserva de la Biosfera Ría Lagartos, ubicada en los municipios de San Felipe, Ría Lagartos y Tizimín, en Yucatán, abarca una superficie de 60 348 hectáreas. En 1986 fue el primer sitio del país declarado Humedal de Importancia Internacional Especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas de acuerdo con la Convención Ramsar. También es considerada como Humedal Prioritario por el *North American Wetlands Conservation Council* y está incluida en el Programa MAB de la UNESCO. La Ría Lagartos es una región terrestre, marina e hidrológicamente prioritaria que cuenta con ecosistemas de selva baja caducifolia, dunas costeras y manglares, así como una considerable diversidad de flora y fauna.

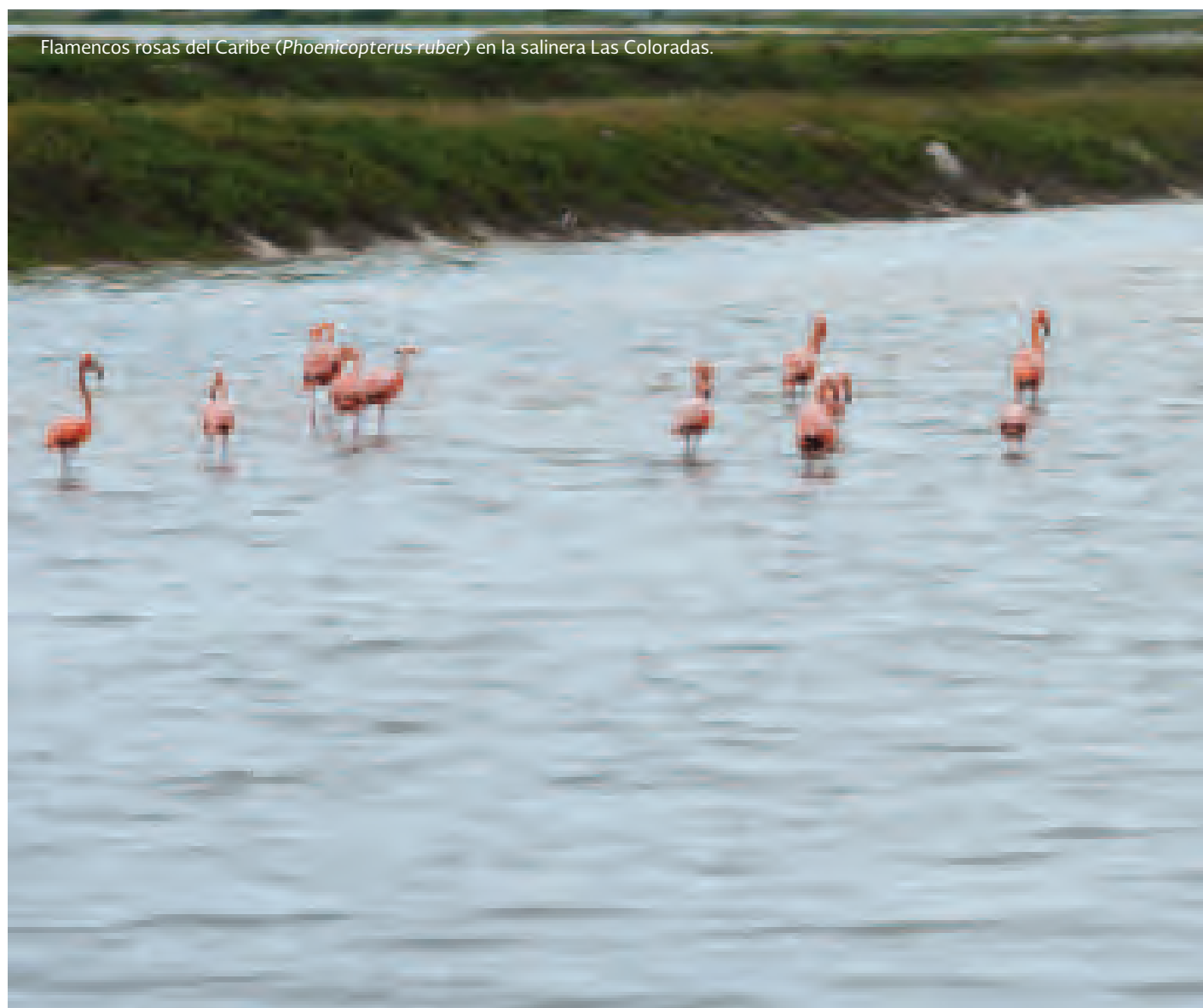
Entre otros reconocimientos recibidos, cabe mencionar que es Zona Protectora de Anidación de Tortugas Marinas y en sus playas se encuentra el Santuario del Flamenco Rosa.

La Ría Lagartos incluye cuatro regiones: El Cuyo, Las Coloradas, Ría Lagartos y San Felipe además de considerar dos puertos: San Felipe y Ría Lagartos.

Un rasgo histórico se desprende de su antiguo nombre *Holkoben*, que le dieron sus primeros pobladores, que en lengua maya significa “las tres piedras que forman la hoguera”. Cabe mencionar que la playa adyacente a la localidad Ría Lagartos, por Decreto, en 1986 recibió la categoría de Santuario.



Cenote Petén Tucha en la RB Ría Lagartos, Yucatán.



Flamencos rosas del Caribe (*Phoenicopterus ruber*) en la salinera Las Coloradas.

Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla

Dentro del paisaje selvático de Tabasco, se encuentra delimitada desde 1992 la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla, una región de gran biodiversidad que alberga a las plantas acuáticas más importantes de México. A través de 302 707 hectáreas comprende a los municipios de Centla, Jonuta y Macuspana.

A casi dos décadas de su creación, esta RB es considerada desde 1995 uno de los humedales prioritarios de la Convención Ramsar. A nivel internacional forma parte del Acta Norteamericana para la Conservación de los Humedales (NWCA, por sus siglas en inglés), del Área de Interés para la Conservación de Aves (AICA, por sus siglas en inglés) y del Programa MAB de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura.

Humedal característico de las selvas del sureste mexicano, los pantanos de Centla funcionan como uno de los ecosistemas con mayor biodiversidad del país, gracias a que reciben considerables caudales de agua dulce provenientes de los ríos Grijalva y Usumacinta, convirtiéndose en un lugar propicio para una amplia variedad de especies de flora y fauna, entre las cuales se encuentran 52 de peces, 27 de anfibios, 68 de reptiles, 104 de mamíferos y 255 de aves, así como de 569 plantas acuáticas: lirios, nenúfares, mangles rojo, negro o blanco, y palmeras reales. Dentro de los ecosistemas que la conforman se encuentran los pantanos y las marismas, las selvas mediana y baja subperennifolia y los manglares.



Los Tres Brazos: el río Grijalva, el Usumacinta y el San Pedrito, municipio de Centla, Tabasco.



Una de las redes hidrográficas más destacadas de México por su longitud son los ríos Grijalva y Usumacinta, que cuentan con un área de 102 465 kilómetros cuadrados, formados en una región donde se registran los niveles más altos de precipitación pluvial de México y el mundo: el complejo fisiográfico integrado por la sierra Madre de Chiapas o Macizo Cristalino Granítico, la sierra Norte de Chiapas, los suaves lomeríos de la sierra Lacandona, así como las sierras bajas del Petén guatemalteco.

De inigualable riqueza, la región de los ríos Grijalva y Usumacinta es uno de los sistemas fluviales donde, por sus condiciones orográficas, climáticas y de latitud, se concentran los mecanismos del ciclo hidrológico que alimentan a esta cuenca y desembocan en el Golfo de México.

Se le considera una de las áreas más diversas por su alto contenido de ecosistemas, la cual representa sólo 4.7 por ciento de la masa continental del país y que alberga 64 por ciento de la biodiversidad nacional, una alta concentración de arrecifes coralinos, pastos marinos, manglares y la más grande reserva de agua dulce, gracias a la combinación de diversos rasgos geomorfológicos y climáticos.

La región hidrológica de los ríos Grijalva y Usumacinta aporta importantes beneficios a las comunidades asentadas en su territorio, además de ser considerada como un gran reservorio de invaluables tesoros biológicos costeros y marinos.



Parques Nacionales

Nuestro país cuenta con 66 Parques Nacionales, los cuales cubren una superficie de 1 398 517 hectáreas, aproximadamente el 0.71 por ciento del territorio nacional.

Su importancia radica en que son áreas de uno o más ecosistemas con una destacada belleza escénica; y con alto valor científico, educativo, recreativo e histórico por la existencia de flora y fauna y por su aptitud para el desarrollo del turismo, principalmente. En muchos de ellos se han desarrollado importantes reservas tanto superficiales como subterráneas, que comúnmente son conocidas como “fábricas de agua”.

Parque Nacional Cumbres de Monterrey

Una combinación única por sus relieves orográficos y pendientes, por la orientación de sus laderas así como por las corrientes y vientos que escenifican diversos climas, ha dado origen a una biodiversidad de 1 368 especies de flora y fauna que habitan el Parque Nacional Cumbres de Monterrey, comúnmente llamado “la industria del agua de Monterrey”, integrado por los municipios de Santiago, Montemorelos, Santa Catarina, García, Monterrey, San Pedro Garza García, Rayones y Allende. En su contorno alberga desde comunidades mesotérmicas, como bosques de latifoliadas y coníferas que coronan las elevaciones de la sierra Huasteca, hasta zonas más secas con matorrales y chaparrales. Su principal afluente es el río Santa Catarina así como algunos otros manantiales y arroyos.

Ubicado en la cadena montañosa denominada Sierra Madre Oriental, en Nuevo León, el Parque Nacional Cumbres de Monterrey es un ANP de 177 399.95 hectáreas, que recibió el nombramiento de Parque Nacional desde 1939, aunque su extensión fue redelimitada en el 2000.

Con base en el Programa MAB de la UNESCO, el Parque Nacional refrenda su firme propósito de preservar el hábitat de miles de especies, ya que guarda una relevancia estratégica al generar 70 por ciento del recurso vital que se consume en el Área Metropolitana de Monterrey (AMM) –la tercera urbe a nivel nacional en cuanto a su población– y sus localidades aledañas. Esta importante ANP, además de regular el clima y producir oxígeno, contribuye a disminuir el efecto invernadero y funge como un estratégico punto de control de inundaciones, como se constatará al revisar, en el séptimo capítulo de esta obra, el papel de la estructura de contención rompepicos “Corral de Palmas”.



Parque Ecológico Cascada Cola de Caballo

Escorrentías provenientes de la Sierra Madre Oriental han configurado desde hace cientos de años a una impresionante caída de agua de 25 metros, conocida como cascada Cola de Caballo. Actualmente ha sido decretada Parque Ecológico, y se encuentra ubicada dentro del municipio de Santiago –fundado en 1648–, al sur del Área Metropolitana de Monterrey.

El Parque Ecológico Cascada Cola de Caballo forma parte del Parque Nacional Cumbres de Monterrey, y se caracteriza por ser uno de los principales atractivos naturales de Nuevo León, pues el afluente de la cascada cubre la gruta de La Purísima Concepción o de Los Murciélagos –una cueva que cuenta con un pequeño lago en su interior y está rodeada por una exuberante vegetación–, creando un escenario de inigualable belleza. Es menester mencionar que dicho cuerpo de agua se nutre a partir del arroyo El Hondable.



Parque Nacional Sierra de San Pedro Mártir

Al norte del estado de Baja California, en el municipio de Ensenada, se localiza el Parque Nacional Sierra de San Pedro Mártir cuya superficie de masa montañosa es la más grande y elevada de la península, ya que inicia al norte, en el monte San Jacinto, en las inmediaciones de *Palm Springs*, California.

En esta región existen evidencias arqueológicas de asentamientos de tribus como los kiliwas datadas varios miles de años atrás, que aún hoy es posible apreciar en las inmediaciones. Sus principales ríos son: San Rafael, San Telmo, Santo Domingo, Los Pinos, La Tasajera, La Grulla, Alcatraz, San Ramón, Santa Rosa, San Antonio y El Horno así como varios arroyos temporales.

Fundado en 1794 como misión y declarado Reserva Forestal en 1923, el Parque Nacional Sierra de San Pedro Mártir cuenta con cuatro decretos: uno para la creación de un Parque Nacional, dos declarando el área como Reserva Nacional Forestal y el más reciente que permite en su entorno la observación astronómica. Por ello, entre 1971 y 1975 la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) instaló un emblemático observatorio en una locación considerada por la comunidad internacional como un sitio inmejorable para la observación e investigación astronómica debido a sus días sin nubosidad, ausencia de radiointerferencia y baja humedad relativa.

Con una enorme riqueza forestal que comprende bosques de abetos, cipreses, pinos, alamillos y chaparrales, además de una importante diversidad de fauna silvestre aunado a los abundantes escurrimientos producidos a partir de los deshielos que alimentan a los arroyos La Región, San Quintín y Valle de La Trinidad, entre múltiples cañones, cascadas y pozas, el Parque Nacional Sierra de San Pedro Mártir forma un hábitat ideal para la protección de la biodiversidad endémica. Cabe destacar que desde 1947 este Parque Nacional se encuentra custodiado por los gobiernos Federal y estatal.



Vista desde el Parque Nacional Sierra de San Pedro Mártir hacia la laguna La Salada.

Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatépetl

Creado en 1935, el Parque Nacional Iztapopo fue una de las primeras zonas en recibir la declaratoria de ANP, ello debido a la deforestación que sufrió como resultado de la industrialización de finales del siglo XIX y principios del XX. Circunscrito a la Sierra Madre Oriental, es parte de la cadena montañosa del Eje Volcánico Transversal y de la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM).

Este emblemático Parque Nacional cuenta con dos célebres cumbres: el Popocatépetl, formado hace aproximadamente doce millones de años y que en recientes fechas ha demostrado que es un volcán activo, y el Iztaccíhuatl, ambas elevaciones que conforman un bello paisaje montañoso en el cual se registran importantes deshielos.

A partir de su declaración como Parque Nacional, en una extensión territorial de 39 819 hectáreas entre los estados de México, Puebla y Morelos, se ha logrado proteger y conservar el importante endemismo que contiene 471 especies registradas.

Su valor ambiental se debe en gran medida a su posición geográfica, convirtiéndolo en hábitat de especies de flora y fauna silvestre. Su ubicación en el centro de la región más poblada del país lo hace invaluable por los servicios ambientales que proporciona, especialmente la provisión de agua.

Poseedor de un paisaje volcánico de gran belleza y valor ambiental, en 2010 la UNESCO lo declaró Reserva de la Biosfera Los Volcanes, no sin olvidar que el “Monte que humea” y la “Mujer dormida” —la segunda y tercera cumbres más altas del país— se han consagrado como referentes del paisaje nacional.



Cascada de Apatlaco alimentada por los deshielos del volcán Iztaccíhuatl, San Nicolás de los Ranchos, Puebla.

Parque Nacional Grutas de Cacahuamilpa

Ubicado al norte del estado de Guerrero, entre los municipios de Pilcaya y Taxco de Alarcón, y el de Coatlán del Río en Morelos, fue decretado en 1936 como Parque Nacional Grutas de Cacahuamilpa en una superficie de más de mil seiscientas hectáreas en la provincia fisiográfica de la Sierra Madre del Sur.

Enclavado en una zona montañosa de rocas calizas de origen marino formadas a través de millones de años, sus reconocidas grutas pertenecen a tres sistemas independientes: el sistema Cacahuamilpa, que comprende las grutas del mismo nombre, la de Carlos Pacheco, los cursos subterráneos de los ríos Chontalcoatlán y San Jerónimo así como las cuevas de Agua Blanca y Los Pilares. Los otros dos sistemas están representados por los cerros de la Estrella y el denominado Acuitlalpan o del Tepozonal.

Este imponente sistema de cuevas subterráneas, asentado en la barranca de Limotitla, consta de dos pisos separados en vertical por cerca de cien metros. El nivel superior comprende las dos grutas secas de Cacahuamilpa y Carlos Pacheco; el inferior abarca los cursos subterráneos de los ríos Chontalcoatlán y San Jerónimo, que atraviesan la alineación montañosa y después de su recorrido subterráneo desembocan en el río Amacuzac, uno de los principales tributarios del río Balsas. Al interior de las grutas se puede apreciar un impresionante espectáculo de estalactitas y estalagmitas de gran tamaño y caprichosas formas, creando ambientes indescritibles.

Su nombre proviene del náhuatl *cacáhuatl*, que significa “cacahuete o cacao”. Estas grutas forman parte del Parque Nacional en una superficie que sirve de protección a las cavernas y al río donde se observa vegetación como selva baja caducifolia, pastizal inducido, así como una amplia diversidad faunística.





Parque Nacional Lagunas de Montebello

Uno de los más bellos espejos de agua del país, se encuentra en las lagunas de Montebello, nombradas Parque Nacional desde 1959. Sus suelos se componen principalmente de rocas calizas, que permiten constatar que esta región formó parte del lecho del mar hace miles de años.

Montebello, que cubre una superficie de 6 425 hectáreas, comprende parte de los municipios de La Independencia y La Trinitaria. Se localiza en la Altiplanicie de Chiapas y la planicie costera del Golfo de México –regiones que forman parte de las sierras de Chiapas y Guatemala– y constituye un conjunto de

lomeríos separados por depresiones cubiertas por siete lagos principales, los cuales se encuentran al nivel del manto freático y se comunican entre sí mediante canales subterráneos.

Gracias a un clima templado húmedo con lluvias todo el año, y cálido húmedo al noroeste con abundantes lluvias en verano, se han dado las condiciones para crear un lugar memorable que desde 2003 también es considerado Sitio Ramsar. Resalta, por ejemplo, el sistema lagunar Tepancoapan que es un cuerpo de agua continuo junto con lagos como Bosque Azul, Encantada, Esmeralda, Ensueño, entre un sinnúmero de estanques menores.

Áreas de Protección de Flora y Fauna

Se caracterizan por la riqueza y abundancia de recursos y fauna silvestres que resguardan, además de ser sitios naturales de refugio y reproducción de aves migratorias de diversas especies.

El relativo aislamiento que han tenido estos ecosistemas ha permitido que permanezcan casi inalterados, aunque éstos suelen ser frágiles y por ello altamente vulnerables a impactos ocasionados por las actividades antropogénicas. Por ello, todas las actividades que se realizan en su contorno se encuentran reguladas.

Actualmente, nuestro país cuenta con 38 Áreas de Protección de Flora y Fauna (APFF) que cubren un área de 6 740 875 hectáreas, alrededor del 3.4 por ciento del territorio nacional. En ellas se conserva gran diversidad de plantas y animales, se mantienen los sistemas naturales en equilibrio y, al mismo tiempo, se satisfacen las necesidades esenciales de las comunidades aledañas sin afectar la biodiversidad existente.





Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca

Una de las zonas protegidas con mayor antigüedad en el país es la recientemente categorizada Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca. Inicialmente fue decretada Parque Nacional el 25 de enero de 1936 y, un año después, dicho dictamen fue modificado para que pudiera establecerse en su entorno una Reserva Forestal. Finalmente, por Decreto Presidencial del 1 de octubre de 2013, el Nevado de Toluca adquirió la categoría de Área de Protección de Flora y Fauna con una superficie total protegida de 53 591 hectáreas.

El Xinantécatl forma parte del Sistema Volcánico Transversal, cuyas vertientes oeste-norte y sur-suroeste descienden respectivamente hacia el Valle de Toluca y la cuenca del río Balsas. Es considerado el cuarto volcán más alto de México, destacando sus cumbres Pico del Fraile y Pico del Águila con cuatro mil seiscientos sesenta y cuatro mil quinientos cincuenta metros sobre el nivel del mar respectivamente.

Dada la condición actual de sus sistemas bióticos, se espera que la categoría asignada permita que los habitantes de la región desarrollen opciones productivas como cultivar el bosque y reproducir fauna silvestre nativa a partir de las Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (UMAS), contribuyendo de este modo al repoblamiento del entorno con especies endémicas.

De acuerdo con estudios elaborados por la Conanp, el nuevo estatus permitirá impulsar un moderno modelo de conservación participativa en esta región, a efecto de mantener superficies bien conservadas y libres de impacto, así como recuperar las zonas deterioradas y promover acciones comunitarias de aprovechamiento sustentable de sus recursos naturales, e impulsar la generación de servicios ambientales hidrológicos.



Mar de Cortés desde Santa Rosalía, Mulegé, Baja California Sur.

Una de las regiones marinas con mayor riqueza biológica del mundo es el mar de Cortés o Golfo de California, el cual comprende una superficie marina de doscientos ochenta y tres mil kilómetros cuadrados –incluyendo sus islas–, más de mil seiscientos kilómetros de longitud y treinta mil kilómetros de costas en el océano Pacífico.

Esta inigualable reserva marina, que registra uno de los niveles más elevados de productividad orgánica del planeta, se encuentra rodeada por valles, montañas, bahías, lagunas costeras, playas, marismas, estuarios, islas y arrecifes de coral de gran belleza.

Gracias a las profundidades de más de tres mil metros que alcanza el mar de Cortés, es el santuario de la ballena gris, entre otros cientos de especies endémicas y migratorias.

Área de Protección de Flora y Fauna Islas del Golfo de California

Tomando como antecedente la declaratoria que en 1964 establece a la Isla Rasa como una Zona de Reserva y Refugio de Aves Migratorias y Fauna Silvestre, el conjunto de 899 islas del Golfo de California fue decretado el 2 de agosto de 1978 como Área de Protección de Flora y Fauna (APFF), que se extiende a través de trescientas ochenta mil hectáreas en los estados de Baja California, Baja California Sur, Sonora y Sinaloa.

Forma parte del Programa MAB de la UNESCO en calidad de Reserva Especial de la Biosfera. En julio de 2005, las ANP que se encuentran dentro del Golfo de California fueron inscritas en el Listado del Patrimonio Natural de la Humanidad de la UNESCO. En el contexto del estado de Baja California Sur, se tiene bajo protección a los complejos insulares San José, Espíritu Santo y Cerralvo, que se encuentran en las cercanías de La Paz –en conjunto 12 islas con una extensión de noventa y tres mil hectáreas– donde se desarrollan ecosistemas insulares muy delicados y por tanto vulnerables a las actividades antropogénicas. La comunidad científica reconoce la presencia en esta región de los ecosistemas más intactos del mundo y de los pocos laboratorios naturales existentes, además de un alto número de cactáceas, reptiles y mamíferos endémicos, la presencia de colonias reproductoras de aves marinas y lobo marino, entre otras comunidades orgánicas.



Área de Protección de Flora y Fauna Valle de Los Cirios

El Valle de Los Cirios es el representante por excelencia del paisaje bajacaliforniano, Entidad que cuenta con el mayor número de áreas protegidas del país gracias a su diversidad topográfica, climatológica e hidrológica. A través de una extensa área de litoral de 600 kilómetros –por un lado el océano Pacífico y por otro el mar de Cortés– y asentado en el municipio de Ensenada, en Baja California, se encuentra el APFF más grande de México.

Decretada en 1980, El Valle de Los Cirios tiene una extensión de 2 521 987.61 hectáreas, abarcando la tercera parte del Estado en la vertiente central de la península.

Dentro de su entorno desértico conserva una particular especie de cactus, el cirio (*Fouqueria columnaris*) que puede alcanzar los veinte metros de altura, de donde el valle toma su nombre, así como otras especies cactáceas como el cardón (*Pachycereus pringlei*).

Debido al clima que prevalece en la región, seco y semicálido con escasas lluvias en invierno, se presenta una considerable escasez de agua, lo cual ha influido en que exista una densidad de población muy baja –un habitante por cada 10 kilómetros cuadrados– y, por ende, una mínima presión hacia sus recursos naturales, convirtiéndolo en el hábitat natural más grande del planeta de flora desértica, y de una numerosa variedad endémica de fauna tanto marina como terrestre, además de contar con infinitud de dunas y manglares.



Vista de la APFF Valle de Los Cirios, Baja California.

Área de Protección de Flora y Fauna Laguna de Términos

Un extenso humedal formado en la confluencia de dos vertientes, una dulce y otra salada –la laguna de Términos y las aguas del Golfo de México–, se funden creando un maravilloso paisaje inmerso entre manglares y pantanos en el estado de Campeche. Fue denominado Sitio Ramsar desde 2004, gracias a un fenómeno único en el mundo: sus pantanos actúan como filtradores de agua además de que sus manglares fungen como barrera contra las inundaciones al reducir el impacto de los huracanes.

Las características de esta reserva, en una superficie considerada Ramsar de 705 016 hectáreas que cubre los municipios de El Carmen, Palizada, Escárcega y Champotón, favorecen la alta productividad pesquera en el Golfo de México, donde desemboca. De acuerdo al Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), la laguna de Términos es reconocida por ser el sistema estuarino de mayor volumen y extensión en México al contar con más de doscientos siete mil kilómetros cuadrados.

Comprende la plataforma continental marina adyacente; las bocas de conexión con el mar –Zacatal o Boca del Carmen a Puerto Real–; la Isla del Carmen; los espejos de agua dulce, salobre y estuarino-marina; las zonas de pastos sumergidos; los sistemas fluviodeltaicos asociados; los pantanos o humedales costeros, y los bosques de manglar circundante.

Asociada a la laguna, se encuentra la rama más oriental del delta del río Usumacinta. En conjunto con los pantanos de Centla, conforma una unidad ecológica de vital importancia para la biodiversidad y la economía regional y estatal.

Como un dato histórico, cabe señalar que en los territorios de Tixchel y Acalán, en la región comprendida entre la isla del Carmen y el Golfo de México, se resguardan vestigios de asentamientos humanos fechados aproximadamente en el año 500 antes de nuestra era.



Manglares en el río Palizada en la APFF Laguna de Términos, Campeche.

Área de Protección de Flora y Fauna Cuatrociénegas

Denominada desde 1994 como APFF, el Valle de Cuatrociénegas se localiza en el centro del estado de Coahuila, cubriendo una extensión de 84 347 hectáreas en el municipio Cuatrociénegas Carranza. Es considerado uno de los humedales más importantes dentro del desierto coahuilense, clasificado en 1995 como Sitio Ramsar por su carácter prioritario a escala mundial.

Este valle se formó hace millones de años cuando la Sierra Madre Oriental emergió del mar creando un sistema montañoso de diversos accidentes orográficos, entre ellos las sierras Menchaca, La Fragua, Madera, San Vicente, La Purísima, San Marcos y Pinos.

Se le reconoce su extraordinaria fertilidad por sus abundantes manantiales y tierras de ensueño, situados a las puertas del vasto desierto del Bolsón de Mapimí, entre pendientes, cañones, abanicos y campos de dunas, así como de hábitats acuáticos y semiacuáticos, cuyas características permitieron preservar durante miles de años uno de los humedales más grandes del país, al igual que su flora y fauna endémicas.

Actualmente, Cuatrociénegas posee un singular sistema natural de aproximadamente doscientos manantiales, los cuales conforman una importante diversidad de cuerpos de agua –lagunas, pozas, ríos y riachuelos de diferentes extensiones–, permitiendo que organismos endémicos hayan permanecido ahí por treinta millones de años. Éste es el caso de los estromatolitos de agua dulce, organismos que en una asociación con cianobacterias fueron responsables de la producción del primer oxígeno en el planeta.

Cabe resaltar que los cenotes de Cuatrociénegas han sido declarados como ecorregión dulceacuícola con prioridad global que, además, se consideran en grave peligro de desaparecer.



Poza Azul, APFF Cuatrociénegas, Coahuila.

Área de Protección de Flora y Fauna Cascadas de Agua Azul

Como parte del paisaje selvático del territorio indígena de los tzeltales, antiguamente conocidas como las “montañas del agua”, las cascadas de Agua Azul se asientan en la sierra Norte de Chiapas, en los municipios de Tumbalá, Chilón y Salto de Agua de la región Tulijá-Tzetal-Chol. Esta reserva de 2 580 hectáreas, declarada desde 1980 como Zona de Protección Forestal y Refugio de la Fauna Silvestre, está compuesta por material geológico de origen marino, cuya presencia la confirma la existencia de materiales sedimentarios de la época en que formaron parte de mares someros.

También declarada Reserva Especial de la Biosfera Cascadas de Agua Azul y localizada en una de las zonas más lluviosas del país, está determinada por su ubicación con respecto a las pendientes de las montañas que se inclinan hacia el Golfo de México, haciéndola funcionar como una cortina meteorológica que retiene humedad.

Con un clima predominante cálido húmedo y lluvia todo el año, forma parte de la cuenca del río Grijalva-Villahermosa, y de los ríos Pichucalco, Almandro y Tulipa. Tales condiciones geológicas y climáticas la convierten en uno de los sitios con mayor riqueza biológica y hábitat de un importante número de especies estimado en ochocientos sesenta y un, de las cuales 583 corresponden a fauna y las restantes a flora.

Estas memorables cascadas, reconocidas a nivel internacional, se forman al descender de forma escalonada el río Tulijá, el cual se abre paso en la selva Lacandona creando una serie de estanques de piedra caliza que resaltan el tono turquesa de sus cauces.



Los Caminos de la Reyna en la APFF Cascadas de Agua Azul
Tumbalá, Chiapas.



Humedales de la República Mexicana

Inventario Nacional de Humedales

Los humedales constituyen un eslabón básico e insustituible del ciclo del agua. Su conservación y manejo sustentable pueden asegurar su riqueza biológica y los servicios ambientales que otorgan, tales como el almacenamiento del recurso vital, la conservación de los acuíferos y la purificación del agua mediante la retención de nutrientes, sedimentos y contaminantes; la protección contra tormentas, la mitigación de inundaciones, la estabilización de los litorales y el control de la erosión.

Estos ecosistemas han sufrido procesos de transformación con diversos fines, y su desconocimiento y manejo inadecuado constituyen algunos de los principales retos que atentan contra su conservación en México.

En el ámbito internacional, en la ciudad de Ramsar, Irán, en 1971 se firmó la convención intergubernamental sobre humedales. El acuerdo de Ramsar es el primero de los tratados modernos que sirve de marco para la acción nacional y la cooperación internacional en pro de la conservación y uso racional de los humedales y sus recursos asociados.

En 2013, México alcanzó el segundo lugar a nivel internacional al registrar 139 sitios en el seno de este convenio. Cabe agregar que, en septiembre de 2000, México suscribió junto con otros 180 países, miembros de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), la Declaración del Milenio, reconocido esfuerzo por revitalizar la cooperación internacional encaminada a los países menos desarrollados, en la que uno de sus preceptos fundamentales implica combatir la pobreza extrema, emplazando de forma decidida el suministro de agua potable y el saneamiento básico, convirtiendo éstos en la meta número siete de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM), “Garantizar la sostenibilidad del medio ambiente”.

Al respecto, resulta evidente que los temas del agua y los humedales están muy presentes en la agenda mundial. En el ámbito nacional, en el marco de la Ley de Aguas Nacionales (LAN), a la CONAGUA le compete llevar y mantener el Inventario Nacional de Humedales (INH), así como delimitarlos, clasificarlos y proponer las normas para su protección, restauración y aprovechamiento.

En este contexto, actualmente se lleva a cabo la integración del INH, del cual se cuenta con el Mapa Nacional de Humedales a una escala 1:250 000. Asimismo, a nivel de cuenca se elaboran las metodologías de clasificación y delineación, la guía metodológica general y las fichas técnicas de levantamiento de información de gabinete y campo a escala 1:50 000 y a nivel de sitio o humedal a escala 1:20 000. Los avances de los resultados al 2013 indican que estas valiosas reservas cubren aproximadamente el cinco por ciento del territorio nacional.

Estero El Soldado

Los esteros son cuerpos de agua que contribuyen naturalmente al control de las inundaciones en las comunidades y ciudades cercanas cuando se presentan eventos meteorológicos con importantes volúmenes de agua, como en el caso de los huracanes o tormentas tropicales. Ubicado a casi veinte kilómetros al noroeste de la ciudad de Guaymas, Sonora, y a menos de diez al sureste de la bahía de San Carlos, el estero El Soldado, declarado en 2011 como Sitio Ramsar, consiste en una pequeña laguna costera de cerca de 349.89 hectáreas que incluye un espejo de agua de 185 hectáreas, comunicado con la bahía de San Francisco.

Reconocido por su notable diversidad biológica, alberga 408 especies de plantas y animales. Sus marismas salobres, manglares y otros humedales arbolados sirven de primera línea de defensa contra fenómenos meteorológicos que se llegan a presentar en las costas cercanas a Guaymas y contribuyen a disminuir de manera importante el impacto de las tormentas, reduciendo la acción del viento así como de las olas y corrientes. En tanto que las raíces de las plantas contribuyen a retener los nutrientes.

El estero El Soldado se integra por seis sistemas naturales: el lagunar costero, el lagunar estuarino, la comunidad de manglar, las dunas costeras, el matorral espinoso y la parte de la zona litoral perteneciente a la bahía que colinda con el estero. Otra función no menos importante reside en que las 25 hectáreas de manglares desempeñan una valiosa función depuradora de sus aguas además de aportar materia orgánica para el inicio de la cadena alimentaria del *detritus*.





Los humedales de agua dulce, que se encuentran en los lagos, ríos y manantiales, son los popales y tulares, aunque a veces pueden contener algo de salinidad proveniente de suelos fósiles de origen marino generalmente lejanos de la costa. Por su parte, los humedales salobres, que se encuentran en los pantanos, esteros y lagunas costeras, suelen ser manglares, marismas y petenes, que tienen un considerable aporte de agua de mar, como es el caso del estero El Soldado, en Sonora.



Lago de Chapala

Producto de una intensa actividad volcánica en la región geográfica del Eje Neovolcánico que atraviesa el centro del país, en el hoy estado de Jalisco y al sur de la Altiplanicie Mexicana, se formó el lago de Chapala, el embalse más grande del país que en 2009 fue declarado Sitio Ramsar. Se estima que su cuenca se conformó hace al menos unos cincuenta millones de años en una superficie considerablemente mayor. La reducción de su vaso se debió, entre otros factores, al desplazamiento de las capas serranas y la desecación de la zona conocida como “ciénaga de Chapala”.

Derivada del vocablo náhuatl *chapala*, que significa “lugar de chapulines sobre el agua”, su nombre hace referencia a la comunidad asentada en sus már-

genes, fundada en 1510. Este embalse hoy forma parte de la cuenca Lerma-Chapala-Santiago, que es destino final del río Lerma, que nace en territorio del Estado de México, recorre 734 kilómetros entre el límite de Guanajuato y Michoacán para llegar a Jalisco y desembocar en el lago. Su capacidad máxima de almacenamiento es de 7 800 hectómetros cúbicos en una superficie de 114 659 hectáreas.

Además de fungir como vaso regulador de la cuenca y por su proporción a nivel nacional, es la principal fuente de abastecimiento para la Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG), y es un inmejorable hábitat para cientos de especies endémicas tanto de flora y fauna como de 153 aves migratorias y 54 acuáticas, al igual que un sitio importante para la reproducción de garzas.

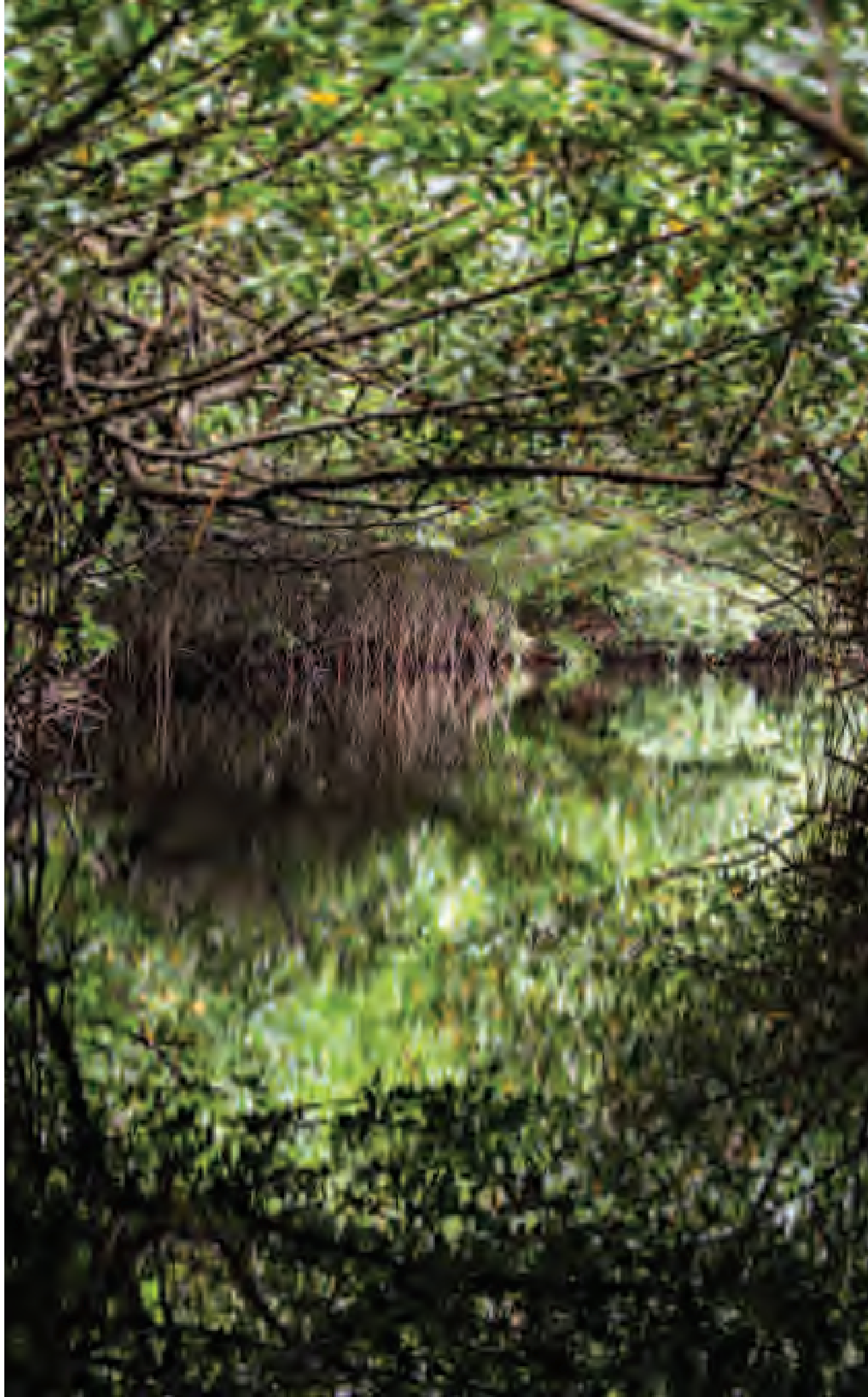
La Tovar

De acuerdo con la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología de Nayarit, el humedal La Tovar, Sitio Ramsar desde 2008, se localiza en la zona ecológica del Trópico Seco, en el municipio de San Blas, entre el poblado de Singayta y el estero San Cristóbal. Consiste en un área de 5 733 hectáreas donde se mezclan las aguas continentales con la oceánica, propiciando la entrada y salida de organismos de esteros y lagunas, al igual que una productividad orgánica primaria y un gran potencial pesquero.

En el humedal se encuentran distribuidas cuatro especies de manglares (*Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa*, *Avicennia germinans* y *Conocarpus erectus*) entre el nivel del mar y los ciento veinte metros de altitud, mezclados con áreas de cultivo de pastos mejorados y áreas destinadas a la siembra de especies perennes y anuales que son fuente de ingresos para la población, entre ellos maíz, plátano, mango, ciruela, coco de agua y papaya.

De acuerdo con la declaratoria Ramsar, La Tovar resulta de importancia porque registra una alta concentración de aves acuáticas y semiacuáticas residentes y migratorias de América del Norte, y posee extensos fragmentos de manglar, los mejor conservados en la vertiente del Pacífico. Por ejemplo, en el estero de San Cristóbal se encuentran las cuatro especies de mangle incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Finalmente, se sabe que los manglares revisten de gran importancia en las diferentes fases de la vida de los peces y crustáceos dentro y fuera del humedal, tanto dulceacuícolas como estuarinos, ya que éstos llegan a pasar parte de su crecimiento entre sus raíces. En este sentido, se han detectado más de veinticinco especies de peces pertenecientes a 20 familias, siendo las más importantes los toritos, los jureles, la curbina, los roncós, las anchovetas, los robalos, los pargos, la lisa y las sardinas.



Sistema lacustre de los ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco

Entrado el siglo XXI, cabe mencionar que la Capital del país cuenta con una zona lacustre ubicada en los ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco, la cual forma parte del Suelo de Conservación del Distrito Federal que ocupa más de cincuenta y nueve por ciento de su superficie. Estos humedales, que fueron declarados en 2004 como Sitio Ramsar y Patrimonio Mundial de la UNESCO, abarcan 2 657 hectáreas de las delegaciones de Xochimilco, Tláhuac y Milpa Alta.

El sistema lacustre consiste en un ecosistema conformado por diversas planicies inundadas naturales y cuerpos de agua inducidos; es también un área natural de descarga de flujos subterráneos; su importancia, en términos de biodiversidad, es determinada por la presencia de comunidades vegetales características, los tulares, islas flotantes compuestas por tule. Se le reconoce por albergar una gran cantidad de especies de flora y fauna acuática y terrestre, algunas de ellas vulnerables y de distribución muy restringida, como el ajolote neoténico (*Ambystoma mexicanum*), aportando un invaluable patrimonio genético, además de servir como zona de reproducción de peces y aves.



Vista de la zona lacustre hacia el sur del Distrito Federal.

Presa Atlangatepec

Ubicada en el estado de Tlaxcala, la presa Atlangatepec es un cuerpo de agua localizado en el norte del territorio estatal, de tipo exorreico, la cual ocupa casi la mitad de la Entidad, y se compone de una serie de accidentes fisiográficos que, junto con la presa, se encargan de amortiguar las temperaturas invernales extremas que se experimentan en la región.

De acuerdo con el Inventario de Humedales de la Región Neotropical, la presa Atlangatepec ha sido clasificada como Sitio Ramsar desde 2009, además de ser el embalse más importante de la Entidad debido a que posee una importante capacidad de almacenamiento y de fungir como hábitat de un ecosistema acuático abierto que alberga una notable diversidad de especies de aves tanto migratorias como residentes.



Vista de la presa Atlangatepec, Tlaxcala.

Cascada y humedales de Tamasopo

Conocida como la “Ciénega de Cabezas”, la cascada y humedales de Ciénega de Tamasopo forman parte de la Microcuenca Núm. 40 (denominada también como “Ciénega de Tamasopo”), la cual tiene una superficie de 26 452.96 hectáreas destinada a la conservación del hábitat de diversas especies de flora y fauna en riesgo, en especial el cocodrilo de pantano, la tortuga de agua dulce y el tántalo americano, garzón o cigüeña, así como la orquídea epífita, el tule y los nenúfares.

Su caída de agua forma parte de una microcuenca perteneciente a la Región Hidrológica del Río Pánuco y se le considera uno de los últimos humedales léntricos de clima neotropical localizados en el estado de San Luis Potosí, al igual que uno de los pocos que existen tanto en la Sierra Madre Oriental como en la zona de La Huasteca.

El principal afluente de estos emblemáticos cuerpos de agua es el arroyo El Trigo o Cabezas, derivado de la cuenca del río Tamasopo, zona que aporta a las poblaciones aledañas y turísticas una enorme belleza paisajística y un indudable valor ambiental gracias a su biodiversidad, fundamental para el conocimiento de las especies endémicas, lo que la convierte en una zona necesaria de protección, conservación y desarrollo sustentable.



**Parques y Reservas Estatales,
Zonas de Conservación Ecológica
Municipales y áreas destinadas
voluntariamente a la conservación
ecológica**

Es importante mencionar que la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente considera, desde 2008, a estas tres categorías como ANP de competencia de la Federación, al ser espacios valiosos donde se conserva la biodiversidad y pueden constituirse “fábricas de agua”. Asimismo, cabe destacar que en estas reservas no podrán autorizarse la fundación de nuevos centros de población.



Cascada en el Parque Estatal Agua Blanca, Macuspana, Tabasco.

Parque Estatal Agua Blanca

Al noreste de la sierra de Tabasco, en una extensión de 2 025 hectáreas se localiza el Parque Estatal Agua Blanca. Decretado en 1987, esta área ecológica protegida, inmersa en el municipio de Macuspana, comprende una región en la que predomina un clima de selva mediana perennifolia, hábitat de diversos tipos de vegetación como la riparia y la boscosa, los cuales han contribuido a conformar un entorno natural para numerosas especies de aves, mamíferos, anfibios, reptiles y mariposas, así como florísticas. Tales cualidades han favorecido su potencial ambiental y turístico, propicio también para la investigación científica.

Al igual que en otros ecosistemas del mundo, las selvas de Tabasco han sufrido una importante disminución de su cobertura. En este sentido, han sido declaradas como ANP el Parque Estatal Agua Blanca, el cual se encuentra dentro de la RB Pantanos de Centla y comparte territorio con el Parque Estatal La Sierra, como parte de una estrategia de conservación de los remanentes selváticos, los cuales albergan una importante biodiversidad estimada en alrededor de dos mil quinientas especies de plantas.



El Arcotete

Ubicado a sólo cuatro kilómetros de San Cristóbal de Las Casas, en Chiapas, el Parque Turístico Arcotete es un lugar enmarcado por un espeso bosque copado de especies de flora y fauna como pino, roble, ciprés, nance, ardillas, chachalacas, gavilanes y correcaminos, donde un río subterráneo labró la montaña por miles de años hasta formar una bóveda de treinta metros de altura aproximadamente.

Propicio para realizar actividades como el excursionismo o el ascenso en *rappel*, las cavidades del sitio se caracterizan por la presencia de estalactitas y retorcidas formaciones pétreas.



Playas Limpias

Por la importancia estratégica que las costas de nuestro país revisten y que son consideradas como tesoros invaluable de la Nación, se requiere la aplicación de políticas transversales para su conservación.

En tal virtud y conforme a una política de desarrollo sustentable, diversas secretarías de Estado, con tareas referentes al medio ambiente, los recursos hídricos, la salud y el turismo, decidieron formar un grupo interinstitucional para aplicar una estrategia conjunta con innovadores enfoques técnicos y administrativos, a efecto de promover acciones orientadas a la protección y conservación de ecosistemas costeros y el cuidado de la salud pública, a través de la evaluación de las condiciones sanitarias de un gran número de playas mexicanas que se encuentran a lo largo de nuestros 11 122 kilómetros de litorales.

En una primera etapa se implementó un sistema nacional de monitoreo bacteriológico que inició en 13 destinos turísticos y 138 playas en 10 entidades federativas, con el propósito de mantener informados a los usuarios y proteger su salud.

Gracias a ello se logró conformar un panorama general de la condición de las playas nacionales, e iniciar planes de colaboración con los gobiernos estatales y municipales. A partir del reconocimiento de la necesidad de formular un programa que integre la visión, conocimiento e intereses de diversos sectores para resolver la problemática de contaminación de las playas, en 2003 se estableció a nivel nacional el Programa Playas Limpias, que con el tiempo se ha transformado en una esfera interinstitucional en la que participan la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), la Secretaría de Salud (SS) a través de la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS), la Secretaría de Marina (SEMAR), la Secretaría de Turismo (SECTUR), la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) y la CONAGUA, así como gobiernos estatales y municipales, y organizaciones de la sociedad civil.



Playa Careyerros, Nayarit.

El objetivo principal del Programa Playas Limpias consiste en promover el saneamiento de las playas, cuencas, subcuencas, barrancas, acuíferos y cuerpos receptores de agua asociados, así como prevenir y corregir la contaminación para protegerlos y preservarlos, respetando la ecología y elevando la calidad de vida de la población local y de sus visitantes.

Blue Flag

En el contexto global, se ha desarrollado una importante distinción a partir del sistema voluntario denominado Fundación para la Educación Ambiental (FEE, por sus siglas en inglés), que ha establecido una etiqueta ecológica a 3 850 playas y marinas en más de 40 países en Europa, así como en Sudáfrica, Marruecos, Túnez, Nueva Zelanda, Brasil, Canadá y costas del Caribe. El Programa *Blue Flag* promueve el desarrollo sostenible a través de criterios estrictos en las categorías de Calidad del agua, Educación e información ambiental, Gestión ambiental, Seguridad y Otros servicios.

Al respecto, el número de playas y marinas con distinción *Blue Flag* ha crecido últimamente, no obstante que los criterios se endurecen y actualizan para mantenerse al tanto de los nuevos descubrimientos científicos, aspectos legislativos y en general para satisfacer a los participantes de la campaña en una constante búsqueda de la mejor calidad en el medio ambiente.

Algunos de los temas tratados en los criterios incluyen la limpieza, disposición de los residuos y el reciclaje, la zonificación de las actividades, así como las actividades de educación ambiental para quienes las cuidan y los visitantes. Este Programa cuenta con el respaldo y validación de la Organización Mundial de Turismo (OMT), la UNESCO, el Programa del Medio Ambiente de las Naciones Unidas (UNEP), la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), la Asociación Internacional de Salvamento y Socorrismo (ILS), la Agencia Europea para el Medio Ambiente (EEA), la Unión Europea para la Conservación de la Costa (EUCC) y el Consejo Internacional de Asociaciones de la Industria Portuaria (ICOMIA).

El Programa Blue Flag es operado en México desde julio de 2012 a través de Pronatura México, AC, a partir de un proceso de competencia con un considerable número de Organizaciones No Gubernamentales (ONG) que fueron consideradas para su operación.



Playa Chahué, Santa María Huatulco, Oaxaca.

La playa Chahué, ubicada en el litoral del océano Pacífico, obtuvo junto con otras cuatro playas mexicanas –El Chileno en Los Cabos, Baja California Sur; Delfines, en Cancún, Quintana Roo; El Palmar, en Zihuatanejo de Azueta, Guerrero; y Nuevo Vallarta Norte, en Nayarit– la certificación *Blue Flag*, la cual se otorga a los destinos turísticos de clase mundial que alcanzan un nivel de excelencia por las condiciones de calidad del agua, gestión y manejo ambiental, seguridad, infraestructura, educación e información ambiental.

Cabe destacar que los corales y cuencas de la zona costera de Huatulco fueron nombrados Sitio Ramsar en 2003.





IV PROEZAS EN MATERIA DE AGUA POTABLE EN MÉXICO

Sobre el cauce del río Verde, en el municipio de Cañadas de Obregón, Jalisco, en la actualidad se construye la presa El Zapotillo, magna obra con capacidad de almacenar hasta novecientos once hectómetros cúbicos, que permitirá suministrar agua potable a un total de 1.8 millones de habitantes de los estados de Guanajuato y Jalisco (PÁGINAS 152-153).

MÉXICO, un país de enormes contrastes en términos de disponibilidad de agua, se ha visto obligado a realizar esfuerzos cada vez más complejos y costosos en su tarea de acercar el vital líquido a los centros de población. Por ello, hoy en día se siguen diseñando, proyectando y construyendo diversos sistemas de abastecimiento que incluyen captaciones en las cuencas hidrológicas, tanto a nivel superficial como subterráneo, que han recibido el reconocimiento de la comunidad internacional debido a los retos que han sido superados en cuanto a las dificultades de extracción y conducción, entre otros aspectos.

Conducir el recurso a cada uno de los hogares mexicanos reviste una finalidad estratégica a nivel nacional, ya que cada vez cobra mayor notoriedad el hecho de que las fuentes de agua requieren preservarse y valorarse con el propósito de aprovecharlas de la forma más equitativa e inteligente en beneficio de las próximas generaciones. Considerado derecho humano, elemento prioritario de la agenda en materia hidráulica y asunto de seguridad nacional, debe garantizarse la suficiencia y calidad adecuadas del recurso vital para consumo público-urbano y, de este modo, proteger la salud pública y la seguridad alimentaria, además de ordenar sus diferentes usos y aprovechamientos en cuencas y acuíferos afectados ya sea por déficit o sobreexplotación, propiciando la sustentabilidad sin que se limite el desarrollo de la sociedad.

Por estas razones cobra relevancia el estudio de los impactos del calentamiento global y el cambio climático que tienden a afectar determinantemente la provisión del vital líquido en nuestro país. Es necesario, por ello, considerar que todas y cada una de las obras edificadas hasta nuestros días para preservar, almacenar, potabilizar y conducir el recurso a los centros de población, así como las que se encuentran en etapa de proyecto o proceso de construcción a lo largo y ancho del territorio nacional, deben seguir por el camino de la eficiencia y el control de la calidad. En este sentido, la Comisión Nacional del Agua rinde un homenaje a los técnicos y especialistas que se han encargado de ubicar, proyectar y erigir las grandes proezas de infraestructura hidráulica: al valorar su dimensión e importancia contribuimos tanto al cuidado de sus instalaciones como al uso y consumo racional del tesoro que resguardan.

Dentro de los usos consuntivos que se imponen al recurso, existe una realidad que debe tomarse en cuenta en las regiones del norte, noroeste y centro del país, donde se está ejerciendo una alta presión sobre el recurso. Este hecho cobra una mayor relevancia si consideramos que las cinco zonas metropolitanas más importantes se encuentran en la misma situación. Tales realidades implican un reto para la Comisión Nacional del Agua ya que, no obstante que se ha logrado incrementar la cobertura del servicio, todavía quedan hogares y familias que no tienen acceso a este derecho humano. Tal carencia debe obligarnos a redoblar el paso, así como a fortalecer a los organismos operadores a nivel nacional, estatal y municipal para que proporcionen el servicio del que todavía carecen algunos mexicanos.

**Abastecimiento de agua potable
en la Zona Metropolitana del Valle de México**



Vista de la planta potabilizadora Los Berros, Estado de México.



Vista del canal Donato Guerra, Estado de México.



Vista de la presa Valle de Bravo, Estado de México.



Vista de la Zona Metropolitana del Valle de México.

Sistema Cutzamala

Gracias a un promedio de quince metros cúbicos por segundo de agua que suministra al Valle de México de los 63 metros cúbicos por segundo que consume –cerca de cuatrocientos ochenta y cinco mil millones de litros al año–, así como por los 1 100 metros de desnivel topográfico que supera y los 1 300 millones de kilowatts al año que demanda su operación, el Sistema Cutzamala es considerado una de las estructuras de abastecimiento con mayor complejidad en el mundo. En cuanto al consumo de energía eléctrica, vale la pena mencionar que, durante 2013, este emblemático sistema requirió de 0.6 por ciento de la producción total de dicho rubro en el país, más o menos lo que consume en un año la ciudad de Puebla.

Puesto en marcha con el propósito de frenar la sobreexplotación y propiciar la recuperación de los acuíferos del Valle de México, en la actualidad el reto primordial de la obra de ingeniería hidráulica más costosa de su tiempo –su primera etapa fue inaugurada en 1982– consiste en mantener en condiciones óptimas su funcionamiento para que no se suspenda la dotación de agua a la tercera zona metropolitana más grande del mundo.

El Sistema Cutzamala abastece a 11 delegaciones del Distrito Federal (DF) y 13 municipios del Estado de México, aprovechando los caudales de la cuenca alta del río Cutzamala, la cual está conformada por las presas Tuxpan y El Bosque en Michoacán; y Colorines, Ixtapan del Oro, Valle de Bravo, Villa Victoria y Chilesdo en el Estado de México. Cabe mencionar que, a partir de 1991, el gasto medio anual producido ha alcanzado 14 metros cúbicos por segundo, y desde 1999 se ha incrementado a 15 metros cúbicos por segundo, del cual cerca de diez metros cúbicos por segundo se conducen al DF después de haber recorrido más de ciento cincuenta kilómetros, 0.800 metros cúbicos por segundo son destinados a la ciudad de Toluca y el resto se reparte entre los municipios metropolitanos del Estado de México.



Vista de la presa Valle de Bravo, Estado de México. Construida en 1947, cuenta con una capacidad de 394 hectómetros cúbicos.



Vista de la presa Villa Victoria, Estado de México. Construida en 1944, cuenta con una capacidad de 185 hectómetros cúbicos.



Vista de la presa El Bosque, Michoacán. Construida en 1951, cuenta con una capacidad de 202 hectómetros cúbicos.



Vista de la presa derivadora Tuxpan, Michoacán. Construida en 1957, cuenta con una capacidad de 20 hectómetros cúbicos.

Programa de Abastecimiento de Agua Potable para la Zona Metropolitana de Guadalajara

Vista del lago de Chapala, Jalisco.

Con el objetivo de asegurar e incrementar la cobertura del servicio de agua potable para la Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG), la segunda metrópoli más grande del país, se encuentran en construcción las presas El Zapotillo y El Purgatorio además del Acuaférico de la ZMG. Debe advertirse que, desde hace algunos años, la Capital tapatía enfrenta un serio desabasto como consecuencia del crecimiento de la población –en la actualidad de 4.43 millones de habitantes–, así como por un rezago de más de dos décadas en la búsqueda de nuevas fuentes de abastecimiento. En consecuencia, existe la necesidad de satisfacer una demanda aproximada de diez metros cúbicos por segundo, lo cual ha provocado un déficit de alrededor de 2.8 metros cúbicos por segundo; es decir, poco más de un millón de habitantes de cerca de ciento cincuenta colonias de la ZMG padecen hoy un serio problema de estrés hídrico.

Cabe recordar que, por una parte, 60 por ciento del gasto que requiere la Capital tapatía proceden del lago de Chapala y de la presa Ing. Elías González Chávez “Puente Calderón”, mientras que el volumen restante es extraído de pozos profundos de los acuíferos de Tesistán-Atemajac y Toluquilla.

Sin embargo, debido al significativo descenso del volumen de almacenamiento del lago de Chapala registrado en las dos últimas

décadas, se ha mermado el abasto para casi dos millones quinientos mil habitantes de la ZMG. Dicha tendencia ha demostrado la apremiante necesidad de contar con nuevas fuentes de suministro, sobre todo si se considera que dicho vaso, en últimas fechas apenas registra treinta y cinco por ciento de su capacidad total.

Ante ello, la CONAGUA y el gobierno del estado de Jalisco trabajan de manera coordinada para lograr el aprovechamiento integral del caudal del río Verde. No obstante, entre la compleja estructura hidráulica construida a lo largo de los años para abastecer a la ZMG, deben destacarse los sistemas que se citan a continuación: 1) el acueducto Chapala-Guadalajara, 2) el acueducto Calderón-Guadalajara y, 3) el sistema El Salto-Tepatitlán.



Vista de la planta de bombeo Chapala, Jalisco.



Vista de la Zona Metropolitana de Guadalajara.

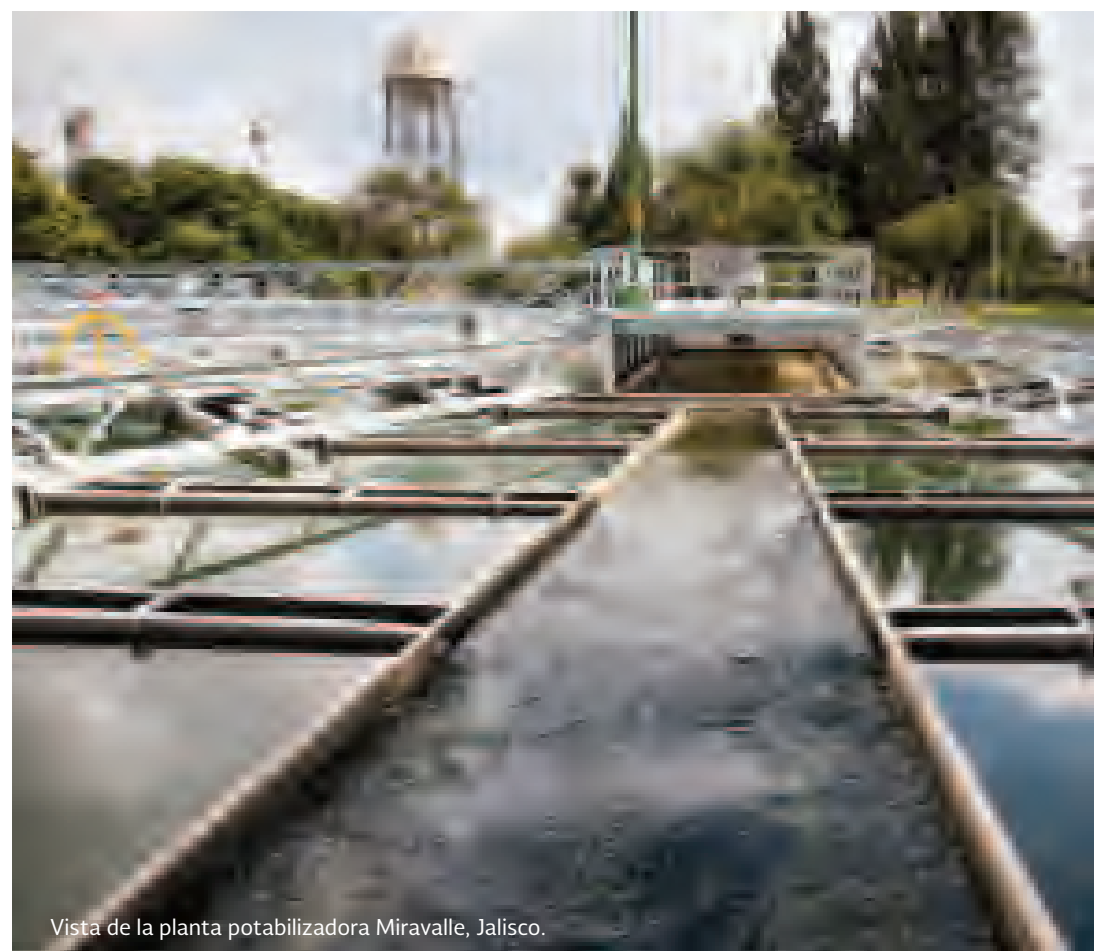
Acueducto Chapala-Guadalajara

Construido entre 1984 y 1991, el acueducto Chapala-Guadalajara, que comienza en el propio espejo del lago de Chapala, está constituido de un canal de llamada de tres kilómetros de longitud y con un ancho variable cercano a sesenta metros.

Edificada con 42 kilómetros de longitud y 2.1 metros de diámetro, esta línea de conducción funciona a partir de una planta de bombeo compuesta de seis unidades que, en conjunto, están diseñadas para conducir un caudal aproximado de 7.5 metros cúbicos por segundo. El sistema incluye un grupo de tres cámaras de aire y dos tanques unidireccionales, que tienen el objetivo de amortiguar los efectos producidos por la operación transitoria del acueducto en caso de paros accidentales de los equipos de bombeo.

De forma complementaria, un volumen menor es conducido por un antiguo sistema de conducción compuesto por la planta de bombeo de Ocotlán-río Santiago-presa derivadora Corona y el canal Atequiza-Las Pintas.

Es importante destacar que, operada por el Sistema Intermunicipal de los Servicios de Agua Potable y Alcantarillado (SIAPA), la planta potabilizadora Miravalle recibe para su depuración 5 metros cúbicos por segundo provenientes del lago de Chapala.



Vista de la planta potabilizadora Miravalle, Jalisco.



Vista de la presa Ing. Elías González Chávez "Puente Calderón", Jalisco.



Cruce del río Santiago mediante un sifón invertido, Jalisco

Acueducto Calderón-Guadalajara

Con una capacidad de conducción de 1.5 metros cúbicos por segundo y puesto en marcha en 1991, el acueducto Calderón-Guadalajara fue construido con concreto presforzado, cubre una longitud de 31 kilómetros y cuenta con un diámetro de 1.83 metros. En esta línea de conducción destaca un tramo de tubería de acero que permite cruzar el río Santiago mediante un sifón invertido, cuyo desnivel natural máximo de 218 metros y una proyección horizontal de un kilómetro obligó a que la instalación se construyera con una pendiente de 60 grados.

El acueducto Calderón-Guadalajara descarga en la planta potabilizadora de San Gaspar, ubicada en el municipio de Tonalá al nororiente de la ZMG, la cual cuenta con una capacidad de tratamiento instalada de 3 metros cúbicos por segundo. Un elemento fundamental de este sistema de abasto lo constituye la presa Ing. Elías González Chávez "Puente Calderón", con una capacidad al NAMO de 80 hectómetros cúbicos, que se localiza en los municipios de Acatic y Zapotlanejo sobre el río Calderón, constituyendo la fuente principal del Sistema Regional La Zurda-Calderón. Construida entre 1990 y 1991, su cortina fue edificada con materiales graduados, y cuenta con una longitud de 773 metros y una altura de 36 metros.



Vista de la planta potabilizadora San Gaspar, Jalisco.

Acueducto El Salto-Tepatitlán

Localizada sobre el río Valle de Guadalupe, afluente del río Verde, en el municipio de Tepatitlán de Morelos, la presa El Salto tiene como objetivos el abastecimiento público-urbano y controlar las avenidas del río citado, además de contribuir al abastecimiento de la ZMG. Edificada en 1993, su capacidad al NAMO es de 80 hectómetros cúbicos, y la cortina de materiales graduados tiene 2 100 metros de longitud y 40 metros de altura.

Además de dotar de agua potable a la ZMG, en los próximos años la presa El Salto también formará parte de la estructura de suministro de las cabeceras municipales de Valle de Guadalupe y Tepatitlán, para lo cual se encuentra en proceso de construcción el acueducto El Salto-Tepatitlán.



Vista de la presa El Salto, Jalisco.

Presa El Zapotillo

Magna obra con capacidad de almacenar hasta 911 hectómetros cúbicos, que permitirá el suministro de agua potable a un total de 1.8 millones de habitantes: 1.1 millones de la ciudad de León, Guanajuato; 400 mil de la ZMG, y 350 mil de 14 municipios de los Altos de Jalisco. La presa El Zapotillo será complementada mediante la construcción del acueducto El Zapotillo-Altos de Jalisco-León, con una longitud de 140 kilómetros, el cual contará con tomas especiales para conectarse con la infraestructura hidráulica de los municipios de los Altos de Jalisco.

Aguas abajo del río Verde y de la presa El Zapotillo se añadirá a esta estructura la presa derivadora El Purgatorio, la cual se encuentra en proceso de construcción y podrá captar 5.6 metros cúbicos por segundo del cauce citado para enviarlos mediante un acueducto hacia la ZMG. Ubicada en el municipio de Zapopan –en los límites con Zapotlanejo–, contará con una cortina de 128 metros de altura y un equipo con capacidad para enviar los caudales para su depuración a la planta potabilizadora San Gaspar. Además de satisfacer las necesidades de abasto de 4.4 millones de habitantes, la presa derivadora El Purgatorio tiene como finalidad contribuir a la sustentabilidad del lago de Chapala, así como estabilizar y recuperar los acuíferos Tesistán-Atemajac y Toluquilla.



Vista de la construcción de la presa El Zapotillo, Jalisco.

Abastecimiento de agua potable en la Zona Metropolitana de Monterrey

Integrada por la ciudad de Monterrey, 16 municipios y más de cuatro millones de habitantes, la Zona Metropolitana de Monterrey (ZMM) es considerada la tercera concentración poblacional más importante del país después de la del Valle de México y la de Guadalajara.

Ubicada en una zona semidesértica, caracterizada por periodos tanto de sequías prolongadas como de lluvias abundantes, ha sido un factor indispensable para su desarrollo urbano e industrial que la ZMM cuente hasta el día de hoy con un suministro eficaz por medio de los acueductos Linares-Monterrey y Cuchillo-Monterrey.



Vista de la presa José López Portillo "Cerro Prieto", Nuevo León.

Acueducto Linares-Monterrey

Concluido en 1984, uno de los principales sistemas de abasto de la ZMM lo representa el acueducto Linares-Monterrey que consiste en una línea de conducción compuesta de dos tuberías de 2.13 metros de diámetro cada una, que inician en la presa José López Portillo "Cerro Prieto" —construida en 1984 con capacidad al NAMO de 300 hectómetros cúbicos— para recorrer 133 kilómetros hasta los tanques de almacenamiento de la planta potabilizadora San Roque.

Para vencer los 256 metros de desnivel topográfico desde el sitio de partida hasta el punto de entrega, pendiente que al final puede estimarse en quinientos metros a causa de la pérdida de energía propia de la conducción, el sistema cuenta con seis plantas de bombeo, destacando entre ellas la PB-1, que parte de la presa "Cerro Prieto"; la PB-3, que se abastece del tanque Garrapatas, con una capacidad de 12 metros cúbicos por segundo, y de la presa La Boca; además de la PB-5, que aprovecha el caudal de aguas claras de San Roque.

En la actualidad, el acueducto Linares-Monterrey aporta a la ZMM un caudal promedio de cinco metros cúbicos por segundo, incluyendo la aportación de la presa La Boca y su planta potabilizadora —alimentada por el arroyo La Chueca, perteneciente a la cuenca del río San Juan—, que es conducida a través de una línea de 26 kilómetros de longitud y 1.83 de diámetro. Cabe destacar que está por iniciar la construcción de un acueducto de 390 kilómetros que captará agua del río Pánuco hacia la presa Cerro Prieto, y permitirá aprovechar un caudal medio de cinco metros cúbicos por segundo.



Vista de la Zona Metropolitana de Monterrey.



Vista de la planta potabilizadora de San Roque, Nuevo León.



Vista del tanque Garrapatas, Nuevo León.



Vista de la PB-4, Nuevo León.



Vista de la presa y planta potabilizadora La Boca, Nuevo León.



Vista de la presa El Cuchillo, Nuevo León.

Acueducto Cuchillo-Monterrey

Considerado el segundo sistema de abasto de la ZMM, el acueducto Cuchillo-Monterrey se origina en la presa El Cuchillo, construida en 1994, un vaso que cuenta con las siguientes características: una cortina de 44 metros de altura, 10 kilómetros de longitud y una capacidad de almacenamiento al NAMO de 1 123 hectómetros cúbicos.

Diseñado para conducir hasta siete metros cúbicos por segundo, a través de una tubería de 2.13 metros de diámetro, el acueducto Cuchillo-Monterrey llega hasta la planta potabilizadora San Roque aportando un caudal de 6 metros cúbicos por segundo, en cuyo trayecto se localizan cinco plantas de bombeo que logran vencer los 490 metros de carga dinámica total generada por las condiciones del terreno y las pérdidas de energía del acueducto.



Vista de la PB-2, Nuevo León.

Acueducto II Querétaro

Obra emblemática de la ingeniería hidráulica del México del siglo XX debido a su notable infraestructura de conducción y almacenamiento, la finalidad del Acueducto II Querétaro consiste en brindar sustentabilidad al suministro de líquido vital para la Zona Metropolitana de Querétaro (ZMQ), Cadereyta de Montes y Ezequiel Montes en los próximos 30 años; captar 47.3 hectómetros cúbicos anuales gracias a su capacidad nominal de 1.5 metros cúbicos por segundo, y propiciar la recuperación del acuífero del valle de Querétaro en beneficio de más de ochocientos cincuenta mil habitantes.

Con una extensión de 122 kilómetros, el trazo de la línea de conducción recorre gran parte del territorio de la Entidad, cruzando el parteaguas continental de las cuencas de los ríos Pánuco y Lerma-Chapala.

El tramo de impulsión inicia en los manantiales El Infiernillo, en el río Moctezuma, concluyendo en un bordo de seguridad de 400 mil metros cúbicos de capacidad, después de recorrer 24 kilómetros de abrupta orografía. La infraestructura de dicho acueducto se compone de dos plantas de bombeo, que deben vencer 1 200 metros de altitud por medio de un túnel de 6 metros de diámetro y casi cinco kilómetros de longitud.

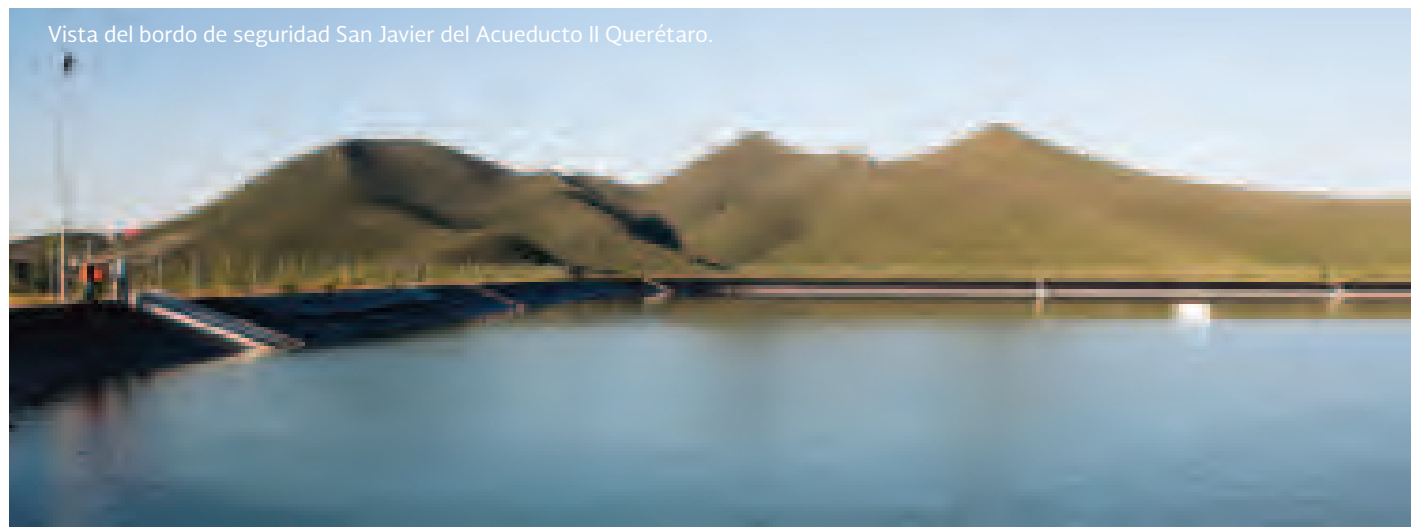
A la vez que regula el caudal y cuenta con una capacidad de almacenar 400 mil metros cúbicos, un bordo de seguridad alimenta a la planta potabilizadora San Javier, la cual puede depurar hasta 1.5 metros cúbicos por segundo. Desde dicha instalación se inicia un tramo que conduce el caudal por gravedad, para descargarlo en los 4 tanques de reserva de San José El Alto, continuando hasta el tanque San Pedrito Peñuelas para derivarlo al sistema de distribución de la ciudad.



Vista del túnel de la presa que va al bordo de seguridad del Acueducto II Querétaro.



Vista de las instalaciones del Acueducto II Querétaro.



Vista del bordo de seguridad San Javier del Acueducto II Querétaro.

Acueducto Río Colorado-Tijuana

Como consecuencia de uno de los índices de crecimiento demográfico más altos de América Latina, además de una población cercana a un millón y medio de habitantes, y una afluencia diaria de cincuenta mil personas aproximadamente, la ciudad de Tijuana se ha convertido en un paradigmático fenómeno de desarrollo urbano.

Para satisfacer las necesidades hídricas de esta sorprendente concentración humana, el acueducto Río Colorado-Tijuana se ha constituido como su principal fuente de abastecimiento al aprovechar los caudales procedentes del río Colorado, que nace en las montañas Rocallosas, en el vecino país del norte y desemboca en el Golfo de California.

A través de una línea de conducción con capacidad de diseño de 4 metros cúbicos por segundo y una tubería de hasta 1.83 metros de diámetro, el acueducto recorre 130 kilómetros de la escarpada sierra de La Rumorosa con una carga a vencer de 1 061 metros, para cruzar sus macizos mediante dos túneles de 6.9 y 3.9 kilómetros de longitud, y entregar su caudal en la presa El Carrizo, la cual cuenta con una capacidad de almacenamiento total de 43.5 hectómetros cúbicos. Posteriormente, el gasto llega por gravedad hasta la planta potabilizadora El Florido, aportando un caudal de 3.261 metros cúbicos por segundo, desde la cual se alimenta a la red de distribución de Tijuana, Tecate y Rosarito. El sistema de conducción inicia en un canal alimentador de más de veintiséis kilómetros de longitud, que se abastece de los excedentes del Distrito de Riego 014 Río Colorado, ubicado en el Valle de Mexicali. Cuenta además con cinco torres de sumergencia, cuatro de oscilación y tres tanques unidireccionales para asegurar el buen funcionamiento del sistema.

Para ampliar la capacidad del acueducto, a iniciativa de la Comisión Estatal del Agua (CEA) de Baja California, en 2002 se decidió construir una línea paralela de 63.5 kilómetros de extensión en el tramo de impulsión, con una altura de bombeo de 1 250 metros, para aprovechar un caudal de 1.3 metros cúbicos por segundo provenientes de la compra de derechos de agua a los usuarios agrícolas del Valle de Mexicali.



Panorámica del acueducto Río Colorado-Tijuana donde se aprecian las plantas de bombeo 5, 4 y 3, Baja California.





Proyectada con el propósito de garantizar el abasto del vital líquido a la ciudad de Tecate, la presa Las Auras forma parte del acueducto Río Colorado-Tijuana y cuenta con una capacidad de almacenamiento promedio de cinco hectómetros cúbicos, los cuales serán destinados al consumo de una población de casi setenta y cinco mil habitantes, después de depurarlos en la planta potabilizadora La Nopalera con una capacidad de 0.175 metros cúbicos por segundo.



Vista de la construcción de la presa Las Auras, Baja California.



Vista del acueducto Lomas de Chapultepec, Guerrero.



Vista de los pozos radiales, Guerrero.



Vista de la toma directa del río Papagayo, Guerrero.

Abastecimiento de agua potable para la ciudad de Acapulco

La principal fuente de abastecimiento de la ciudad de Acapulco son los acueductos de los sistemas por bombeo Papagayo I y Papagayo II: a través del primero se realizan extracciones del subálveo del río Papagayo mediante los pozos Raney, Radial y Someros I y II, perforados a lo largo de 26 kilómetros, logrando una producción en conjunto de 3.23 metros cúbicos por segundo, de los cuales el sistema Papagayo I aporta cerca de un metro cúbico por segundo de caudal de alta calidad. Por otro lado, el recientemente concluido sistema Lomas de Chapultepec se compone de dos pozos radiales que aportan un caudal de 1.25 metros cúbicos por segundo en beneficio de ciento setenta mil acapulqueños.

Asimismo, se cuenta con un sistema de aprovechamiento de aguas superficiales, el cual realiza tomas directas del cauce del río Papagayo, gasto que se caracteriza por su alto grado de turbiedad y azolvamiento, condiciones que son reducidas en la planta potabilizadora El Cayaco. Posteriormente, el caudal es conducido a través de diversas líneas a los diferentes puntos de la red primaria de la ciudad de Acapulco, bajo la supervisión de la Comisión de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio de Acapulco (CAPAMA). La instalación El Cayaco fue construida en 1976 y rehabilitada en 2009, realiza un tratamiento de tipo clarificación convencional, cuenta con una capacidad de diseño de 2 metros cúbicos por segundo, y está equipada con cuatro módulos.



Acueducto y presa El Realito

Para satisfacer el déficit en el abasto de las poblaciones tanto de San Miguel de Allende y Celaya, en Guanajuato, como de la zona conurbada de la Capital de San Luis Potosí, debido a la sobreexplotación de los acuíferos y el elevado índice de crecimiento demográfico, autoridades de ambas entidades federativas han implementado un proyecto de infraestructura hidráulica sustentable. Después de diversos estudios, se determinó construir la presa El Realito en el municipio guanajuatense de San Luis de La Paz, así como sus líneas de conducción, plantas de bombeo y planta potabilizadora.

Alimentada por los caudales de la cuenca del río Santa María, la capacidad de almacenamiento de la presa alcanzará en promedio cincuenta hectómetros cúbicos. Mientras tanto, el acueducto que también abastecerá a las ciudades de San Luis Potosí y Celaya, tendrá 134 kilómetros de longitud. Cada línea contará con una capacidad de conducción de 1 metro cúbico por segundo, para beneficio de ochocientos mil habitantes en una primera etapa y de 1.7 millones de personas de ambas entidades cuando se concluya. Entre las obras complementarias pueden señalarse un tanque de cambio de régimen, las plantas de bombeo El Realito, El Mirador y San Nicolás, además de la planta potabilizadora La Silla, con capacidad de 1 metro cúbico por segundo, que derivará caudales hacia San Luis Potosí.





Acueducto Conejos-Médanos

Históricamente, la principal fuente de abastecimiento tanto de Ciudad Juárez, Chihuahua, como de El Paso, Texas, ha sido el acuífero Bolsón del Hueco. Sin embargo, como dicha reserva comienza a dar señales de sobreexplotación, se ha planteado el aprovechamiento del acuífero localizado en el Bolsón de La Mesilla, 40 kilómetros al oeste del municipio fronterizo de Ciudad Juárez.

Diseñado para satisfacer las necesidades de localidades fronterizas del norte de México, sobre todo del millón de personas que residen en Ciudad Juárez, el proyecto se compone de 23 pozos profundos perforados en el desierto, 42 kilómetros de tubería para la interconexión de pozos, así como el acueducto Conejos-Médanos de 25 kilómetros de tubería metálica conectada a tres tanques de entrega y distribución, con capacidad de 5 mil metros cúbicos cada uno. Gracias al caudal de diseño de 1 metro cúbico por segundo, se espera que esta emblemática obra permita disminuir la presión sobre el acuífero Bolsón del Hueco.



Vista de la presa La Cangrejera, Veracruz.

Acueducto Uxpanapa-La Cangrejera

Motivado por el descubrimiento de importantes mantos de hidrocarburos en la costa del Golfo de México, la presencia de Petróleos Mexicanos (PEMEX) ha impulsado el desarrollo de la petroquímica básica en la región del Bajo Río Coatzacoalcos, poniendo en marcha tres grandes complejos industriales: Pajaritos, La Cangrejera y Morelos. Para satisfacer sus requerimientos de abasto, la extinta Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH) realizó los estudios correspondientes para construir el acueducto Uxpanapa-La Cangrejera en el estado de Veracruz.

Su línea de conducción se extiende a través de 30 kilómetros y fue construida con el objetivo de entregar agua en bloque a los usuarios asentados en la margen derecha del río Coatzacoalcos, desde el río Uxpanapa hasta su descarga en el arroyo de Teapa, a través de un cauce natural que comienza en el vaso regulador de la presa alimentadora La Cangrejera, localizada a 15 kilómetros de la ciudad de Coatzacoalcos.

La captación –con un caudal de diseño de hasta 20 metros cúbicos por segundo para abastecer a las zonas industriales– se encuentra en el ejido Ceiba Blanca en el municipio de Las Choapas, y consiste de una toma directa del río Uxpanapa con un canal de llamada de dos mil metros de longitud, que concluye en la PB-1. Desde este punto se conduce el caudal por un canal hasta la PB-2, después a un tanque de carga y finalmente a la presa La Cangrejera por medio de un cauce natural. Al respecto, existe un tramo entre las plantas de bombeo 1 y 2 que parte del arroyo de Teapa y recorre 12 kilómetros para concluir en un canal de tierra de tres kilómetros en la presa La Cangrejera. Dicho embalse funciona como un vaso regulador del acueducto, cuenta con una capacidad de almacenamiento útil de 18.5 hectómetros cúbicos, una cortina de 280 metros de longitud y 22.15 metros de altura, así como la presa derivadora Teapa, ubicada a 8 kilómetros de La Cangrejera que alimenta a la PB-3.





Vista interior del manantial El Túnel, Morelos.

Manantial El Túnel

Producidos por la corriente subterránea que se origina en el corredor biológico Chichinautzin –en la parte sur de la sierra–, a la altura del municipio de Huitzilac, Morelos, brotan varios manantiales, entre ellos El Túnel, ubicado a un kilómetro del zócalo de Cuernavaca.

De acuerdo con geólogos del Instituto de Geofísica de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), la bóveda y canal construidos en 1878 a pico y pala son considerados una obra de ingeniería ejemplar. Esta importante reserva hídrica fue descubierta años después por Eugenio de Jesús de la Cañas, quien siguiendo el trazo de la humedad mandó perforar más de doscientos metros en la barranca San Pablo, donde termina hoy avenida Madero en la colonia Miraval y, para su sorpresa, encontró una cascada. En 1931, se llevaron a cabo los análisis químicos y bacteriológicos determinando que el agua era potable.

Después de recibir la infraestructura de distribución requerida, las autoridades de la entidad pusieron en servicio esta obra en 1932, asegurando el suministro de la Capital morelense. En la actualidad, el abasto de los cuatrocientos sesenta y tres mil habitantes de la ciudad de Cuernavaca se realiza tanto a través de 86 pozos profundos como por el manantial El Túnel, generando en total 73.88 hectómetros cúbicos por año.

Acueducto Vizcaíno-Pacífico Norte

Debido a la dificultad para obtener el vital líquido en esta desértica región y a efecto de abastecer agua potable a las localidades de San Hipólito, Punta Prieta, La Bocana y Punta Abreojos, así como a las bahías Asunción y Tortugas en el municipio de Mulegé, en Baja California Sur, se construyó el acueducto Vizcaíno-Pacífico Norte, conformado por más de doscientos kilómetros de conductos y un caudal de diseño de 0.062 metros cúbicos por segundo.

No obstante que la primera y segunda etapas del proyecto iniciaron a mediados de la década de los ochenta del siglo XX, quedó pendiente la tercera –el ramal a La Bocana y Punta Abreojos– con la cual se ampliaría el abastecimiento de agua a esas localidades. Derivado de lo anterior, la CONAGUA, emprendió la construcción de las presas La Higuera y La Palma, así como un acueducto subterráneo con una capacidad de conducción de 0.015 metros cúbicos por segundo a lo largo de 109 kilómetros.

Las obras complementarias al acueducto Vizcaíno-Pacífico Norte se localizan en la bahía Asunción, a 147 kilómetros al noroeste de Santa Rosalía, la cabecera municipal, y comprenden la caja rompedora de presión La Pilita, que recibe un caudal proveniente del acueducto Gustavo Díaz Ordaz, así como los tanques de almacenamiento de La Antena, con ramales que se dirigen hacia las poblaciones de Punta Prieta, San Hipólito, además de La Bocana y Punta Abreojos, donde se encuentra un segundo y tercer tanque.



Vista del acueducto Vizcaíno-Pacífico Norte, Baja California Sur.



Vista de la construcción de la presa La Higuera para la recarga del acuífero en la región, Baja California Sur.



Cárcamo de entrega del acueducto Chicbul-Ciudad del Carmen, Campeche.

Acueducto paralelo Chicbul-Ciudad del Carmen

Debido al elevado índice de crecimiento demográfico de los últimos 35 años, estimado en 4.45 por ciento anual, Ciudad del Carmen, Campeche, es considerada hoy una importante urbe que destaca tanto por su actividad turística como por la extracción de hidrocarburos. Sin embargo, pese al auge de la economía, los servicios públicos, entre ellos el suministro del líquido vital, no habían alcanzado un nivel de crecimiento semejante. Afortunadamente, dicho déficit se ha revertido gracias a la puesta en marcha del acueducto paralelo Chicbul-Ciudad del Carmen.

Con una longitud de 122 kilómetros, el acueducto tiene una capacidad para conducir hasta 0.420 metros cúbicos por segundo, aunque actualmente sólo capta 31.4 hectómetros cúbicos anuales del acuífero Chicbul, ubicado en la Cuenca Hidrológica Pital-Escárcega, mediante 10 pozos con una profundidad de 100 metros. La infraestructura del sistema comprende tres plantas de bombeo equipadas con instrumentos de automatización y telecomunicaciones, así como un tanque de entrega de 1 500 metros cúbicos, destacando una línea submarina de 5 kilómetros que atraviesa dos cruces marítimos lastrados, uno en el estero Sabancuy y el otro en Isla Aguada.



Cruce submarino en Punta San Julián, Campeche.



Cruce submarino en el estero Sabancuy, Campeche.



Vista del pozo, PB-1 y laguna de Alvarado para abastecer a la zona Calakmul-Xpujil, Campeche.

Acueducto Adolfo López Mateos-Xpujil

Dentro de la región conocida como Corredor Biológico Mesoamericano, en 2005 se firmó un acuerdo para la construcción del acueducto Adolfo López Mateos-Xpujil en el municipio de Calakmul, en el estado de Campeche. Inaugurado en 2007, con una longitud de 102 kilómetros y una capacidad de conducción de 0.120 metros cúbicos por segundo, se diseñó para cubrir las necesidades de abasto de veintidós mil habitantes de 19 comunidades choles, tzeltales, tzotziles, mayas, otomíes, totonacas, chontales y nahuas.

Ubicado en la región de Calakmul, caracterizada por su importante actividad turística, el acueducto se abastece a través de tres pozos profundos perforados en la población de López Mateos y consta de seis estaciones de bombeo y cuatro tanques de regulación.



Sistema Nealtican

Como consecuencia del déficit de abasto que se ha registrado en la ciudad de Puebla en los últimos años, entró en operación el Proyecto Angelópolis, que tiene como fin la perforación de pozos en las localidades de Nealtican, San Francisco Ocotlán y Santa María Acuexcomax. Cabe mencionar que, en la actualidad, el suministro a la Capital poblana y su zona conurbada proviene de la explotación de 193 pozos ubicados en el acuífero del Alto Atoyac y, en menor medida, de la potabilización de aguas sulfurosas.

El suministro a la Capital del Estado se complementa con el gasto obtenido de 70 pozos profundos del sistema Xoxtla, que abarcan las zonas norte, norponiente y centro de la ciudad de Puebla; de 62 pozos del sistema Nealtican, el más importante de la entidad, localizado al sureste y sur de la ciudad; de 52 pozos del sistema Clavijero que cubren la zona oriente, así como de 7 pozos del sistema Malintzi ubicado en Amozoc.

Ejemplares instalaciones desalinizadoras, de bombeo y potabilizadoras

Planta desalinizadora de Los Cabos

Las drásticas condiciones climáticas aunadas al déficit endémico de agua potable experimentado a lo largo de la historia del municipio de Los Cabos, Baja California Sur, han sido subsanados mediante la explotación de aguas subterráneas, que por muchos años fueron destinadas al consumo agrícola y uso público-urbano. Sin embargo, como consecuencia de su elevado índice de crecimiento demográfico de los últimos años, en 2006 el municipio puso en marcha una planta desalinizadora, la primera en su tipo en el país.

Además de cumplir con el trámite CNA-01-004 “Concesión de aprovechamiento de aguas subterráneas”, la infraestructura de la planta desalinizadora Los Cabos cuenta con una capacidad de tratamiento de 0.200 metros cúbicos por segundo, suficiente para brindar abasto a ochenta mil personas. Su funcionamiento tiene como base tecnología de punta, que comienza captando agua marina a través de ocho pozos playeros, para aplicarle un proceso de separación mediante una batería de filtros de arena y, posteriormente, un procedimiento de microfiltrado y ósmosis inversa a efecto de separar la sal, y una vez desinfectada, obtener agua potable de excelente calidad.



Vistas interiores de la planta desalinizadora de Los Cabos, Baja California Sur.



Vista de la renovada planta de bombeo Xotepingo, Distrito Federal.

Planta de bombeo Xotepingo

Localizada en el cruce de las avenidas División del Norte y la calle Xotepingo, en el Distrito Federal (DF), la recientemente modernizada planta de bombeo Xotepingo recibe caudales provenientes de los pozos ubicados en las delegaciones de Coyoacán y Tlalpan, así como de la antigua planta de bombeo Xotepingo y del acueducto Xochimilco, que en promedio aportan dos metros cúbicos por segundo, para ser enviados hacia los tanques Cerro de la Estrella y abastecer a la delegación Iztapalapa después de depurarlos.

En esa misma ubicación se encuentra el Laboratorio Central de Control de Calidad del Agua de la Ciudad de México (LCCCA), el cual fue diseñado para verificar los patrones bacteriológicos y realizar pruebas físico-químicas a cerca de veintinueve mil quinientas muestras de agua anualmente.

Su finalidad consiste en salvaguardar la salud de la población y garantizar la calidad del agua potable que se distribuye en la Capital del país, hecho por el cual se le considera uno de los mejores en América Latina. En este sentido, de sus reportes se desprende que del total de las muestras de agua potable de las tomas domiciliarias, pozos, manantiales, tanques, líneas de conducción y plantas de bombeo de las 16 delegaciones capitalinas, 98 por ciento cumplen con la norma requerida.



Vista de la planta potabilizadora Xaltepec, Distrito Federal.

Planta potabilizadora Xaltepec

Ante el importante crecimiento poblacional en los últimos diez años en las delegaciones Milpa Alta, Tláhuac e Iztapalapa, y por la necesidad de contar con una mayor infraestructura hidráulica para hacer frente a las necesidades de los capitalinos de la zona sur-poniente de Iztapalapa mediante un suministro confiable, se construyó entre 2007 y 2008 la planta potabilizadora Xaltepec, moderna instalación que permite depurar hasta 0.500 metros cúbicos por segundo de caudales provenientes de 10 pozos en Iztapalapa, en beneficio de una población aproximada de trescientos sesenta mil habitantes.

Adicionalmente, en los últimos años se han construido importantes instalaciones en la delegación referida, como es el caso del acueducto Santa Catarina que, por medio de 10 pozos, 5 ubicados en Iztapalapa, 3 en Coyoacán y 2 en Xochimilco, aporta desde su puesta en operación en 2008, un considerable volumen para las colonias ubicadas en la sierra de dicha demarcación.

Planta potabilizadora Xalapa

Construida en la colonia Lomas de San Roque, la planta potabilizadora de Xalapa se erige desde 1994 en el estado de Veracruz como modelo de tecnología y eficacia al servicio de la también conocida Atenas de América.

Se ubica a casi mil quinientos metros sobre el nivel del mar sobre una superficie de 16 525 metros cuadrados, y permite potabilizar más de 86.4 millones de litros de agua al día en beneficio de cuatrocientos mil xalapenses. Se alimenta de los caudales de la presa Huitzilapan y de los ríos Cofre de Perote, Cedeño y Medio Pixquiac a través de una línea de conducción de 65 kilómetros de longitud, gasto que es almacenado en diversos tanques para enviarlo a dos módulos con capacidad promedio de un metro cúbico por segundo, operados en el marco de las condiciones de uso y consumo humano exigidas por la modificación de la NOM-127-SSA1-1994. Con esta planta se potabiliza más de noventa por ciento del agua que se consume en Xalapa.



Vista de la planta potabilizadora Xalapa, Veracruz.

Plantas potabilizadoras Piedras Negras I y II

A partir de una política orientada a asegurar el abasto del vital líquido a la población de Piedras Negras, Coahuila, entre 1964 y 1995 entraron en operación las plantas potabilizadoras Piedras Negras I y II respectivamente, las cuales cuentan con una capacidad conjunta instalada de 1 metro cúbico por segundo, y depuran actualmente un volumen de 0.950 metros cúbicos por segundo mediante un proceso de clarificación convencional.

El proceso de depuración en estas instalaciones comprende las etapas siguientes: captación de caudales del río Bravo, a través de seis bombas de extracción en la planta I y cuatro en la II; conducción a través de dos canales hacia las plantas; y caja de llegada donde inicia la potabilización, proceso que comprende la precloración, la clarificación y/o la sedimentación.



Vista de la planta potabilizadora Piedras Negras I, Coahuila.

Planta potabilizadora Los Filtros

No obstante que existieron numerosos ojos de agua en zonas aledañas y que se encuentra flanqueada por los ríos Santiago al norte y Española al sur, hasta 1941 fue inaugurada la planta potabilizadora Los Filtros en la ciudad de San Luis Potosí, la cual ha depurado por más de setenta años los caudales provenientes de las presas San José, El Peaje y El Potosino.

Sin embargo, como consecuencia del desarrollo económico y el crecimiento poblacional de la Capital potosina, en 2008 hubo que modernizar la infraestructura de la planta para incrementar su capacidad instalada hasta en 0.480 metros cúbicos por segundo y un caudal potabilizado de 0.340 metros cúbicos por segundo provenientes de la presa San José, con el propósito de satisfacer las necesidades de abasto de ciento setenta mil habitantes.



Vista de la planta potabilizadora Los Filtros, San Luis Potosí.



Vista de la planta potabilizadora Poza Rica, Veracruz.

Planta potabilizadora Poza Rica

Paradójicamente, a pesar de estar rodeada de ríos y arroyos, la ciudad de Poza Rica, Veracruz, experimenta una preocupante escasez de agua potable. A fin de resolver dicha problemática, se cuenta con una planta potabilizadora de dominio municipal, la cual recibe el aporte hídrico del río Cazones. Tiene una capacidad instalada de 1.32 metros cúbicos por segundo, y depura un caudal de 0.600 metros cúbicos por segundo, volumen que beneficia a más de doscientos mil pozarricenses.





V PROEZAS EN MATERIA DE SANEAMIENTO EN MÉXICO

Vista hacia la superficie de la planta de bombeo El Caracol,
Ecatepec de Morelos, Estado de México (PÁGINAS 184-185).

EN materia de desalojo de aguas residuales y pluviales, así como de su posterior tratamiento y cada vez más necesario reúso, debe plantearse como punto de partida la necesidad de fortalecer el marco jurídico del sector agua potable, alcantarillado y saneamiento. Ello con la finalidad de propiciar una sistemática depuración de las aguas residuales mediante un enfoque integral de cuenca, que incorpore a los ecosistemas costeros y marinos.

Dentro de este marco de líneas de acción, debe impulsarse la recolección de las aguas municipales así como de las que provienen de la industria, con el objetivo de cerrar la brecha entre los volúmenes que generan los centros de población y el que se recibe para brindarle un tratamiento a nivel primario, secundario o terciario. Posteriormente, a dicho efluente debe aplicarse un segundo uso, en condiciones controladas, para el riego de áreas verdes, servicios municipales, procesos industriales –como el caso de las instalaciones termoeléctricas–, así como en los cultivos agrícolas que lo permitan. En este sentido, cobra especial relevancia el papel de la recarga al acuífero por medio de agua tratada a nivel terciario, una importante veta que deberá considerarse seriamente en beneficio de las futuras generaciones.

Nuestro país deberá conducirse permanentemente por la senda del tratamiento y reúso de las aguas servidas, ya que una importante proporción de nuestros cuerpos de agua han registrado elevados grados de contaminación, hecho que debe ser combatido con dos herramientas fundamentales: la ciencia y la conciencia. Este precepto será definitorio para conformar el entorno que requerimos y aspiramos: uno que cuente con una infraestructura y programas ambientales que protejan la salud pública y otro que garantice la conservación de los ecosistemas y los recursos naturales.

Para ello deberán focalizarse los programas de conservación de la biodiversidad y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, a efecto de generar beneficios hidrológicos cuantificables en comunidades de alta vulnerabilidad social y ambiental, lo cual permitirá la recuperación de los ecosistemas y zonas deterioradas además de mejorar la calidad y servicios que genera el medio ambiente.

Consciente de la trascendencia de esta labor, la Comisión Nacional del Agua extiende un merecido agradecimiento a quienes han contribuido a la edificación de grandes proezas para el saneamiento de núcleos de población urbanos y rurales, restableciendo de este modo el pacto ecológico rubricado en la antigüedad por el ser humano y la naturaleza.



Diagrama del proceso de construcción así como de la tecnología empleada para el Túnel Emisor Oriente.
Archivo: Conagua-CGCAICCA.



Túnel Emisor Oriente



Magna obra de ingeniería única en su tipo en el mundo, el Túnel Emisor Oriente (TEO) forma parte del Programa de Sustentabilidad Hídrica de la Cuenca del Valle de México, en cuya construcción ha sido aplicada tecnología de punta, ubicándolo a la vanguardia internacional en materia ambiental. Mediante el TEO se busca resolver con visión de largo plazo la problemática de las inundaciones en el Valle de México, así como disminuir el riesgo de fallas en el sistema de drenaje y conformar un procedimiento que permita inspeccionar las líneas de desagüe sin suspender su funcionamiento, en beneficio de más de veinte millones de habitantes de la mayor zona metropolitana del país.

El TEO tendrá una longitud total de 62 kilómetros y un diámetro de 7 metros, que permitirán el desalojo de hasta 150 metros cúbicos por segundo. Construido a profundidades que van desde 26 hasta 150 metros, los primeros 10 kilómetros entraron en operación en junio de 2013. Funcionará por gravedad y conducirá aguas residuales hacia la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) Atotonilco, en Hidalgo, para su depuración y posterior reúso en el riego de zonas agrícolas. En época de lluvias trabajará a la par que el Sistema de Drenaje Profundo, mientras que en época de estiaje lo hará de forma alternada para permitir la realización de labores de mantenimiento. A esta infraestructura se agregan el Túnel Interceptor Río de los Remedios (TIRR), responsable de conducir caudales a través del Sistema de Drenaje Profundo y transportarlos mediante el Túnel Emisor Central hacia el estado de Hidalgo, así como el Túnel Río de La Compañía, que con 6.7 kilómetros de longitud, 5 metros de diámetro y una capacidad de desalojo de hasta 40 metros cúbicos por segundo, fue diseñado para operar en temporada de lluvias y evitar inundaciones, hundimientos, filtraciones y fracturas en los bordos del río que lleva el mismo nombre, especialmente en el tramo del canal. Un aspecto a resaltar es que tanto el sistema de drenaje superficial como el profundo están reforzados por las plantas de bombeo La Caldera, con una capacidad de 40 metros cúbicos por segundo, ubicada en el municipio de Ixtapaluca, además de la denominada “El Caracol”, localizada en Ecatepec de Morelos, con una capacidad de bombeo de 40 metros cúbicos por segundo, las cuales coadyuvarán en el desalojo de caudales a fin de reducir los riesgos de inundaciones.

Localizada en la avenida Carlos Hank González en el municipio de Ecatepec de Morelos, Estado de México, la planta de bombeo “El Caracol” propicia una operación eficaz del Túnel Emisor Oriente.



Vista del interior de la lumbrera L-10, Tonanitla, Estado de México.



Drenaje y desalojo de aguas pluviales y residuales en el Valle de México

Vista de la planta de bombeo km 18+500 “Gran Canal”, Estado de México.

Con la finalidad de reducir los riesgos de inundaciones en el Valle de México, la CONAGUA, el Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACMEX) y la Comisión del Agua del Estado de México (CAEM) han realizado importantes inversiones en la construcción, rehabilitación y modernización de diversas instalaciones que coadyuvan en la importante tarea de expulsar las aguas residuales generadas en la ciudad de México y su área metropolitana hacia su salida natural en el vecino estado de Hidalgo, a efecto de mitigar el fenómeno del hundimiento diferencial que afecta el desalojo de las aguas residuales desde principios del siglo XX. A continuación se describen las principales obras en esta materia que, junto con el TEO —en su primera etapa—, se encargan de esta importante labor metropolitana:

Planta de bombeo km 18+500 “Gran Canal”

Diseñada para disminuir los riesgos de inundación en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM), la planta de bombeo km 18+500 “Gran Canal”, operada por el SACMEX, es una de las obras más importantes del país en materia de drenaje y desagüe pluvial. Inaugurada el 13 de septiembre de 2002, tiene la finalidad de ampliar a 42 metros cúbicos por segundo la capacidad de desalojo del Gran Canal del Desagüe, el cual debido a la pérdida de pendiente en sus primeros 18 kilómetros, había disminuido su capacidad de desalojo de 90 a sólo 7 metros cúbicos por segundo.

Ubicada en el municipio de Ecatepec de Morelos —operada por el SACMEX—, inicialmente recibía los escurrimientos por gravedad pero, debido al hundimiento de la región, ahora se encuentra cuatro metros por encima del nivel medio de la superficie capitalina, lo cual a todas luces ha implicado un reto para su correcta operación.



Vista de la planta de bombeo km 11+600 "Gran Canal", Estado de México.

Planta de bombeo km 11+600 "Gran Canal"

También ubicada en Ecatepec de Morelos, en febrero de 2006 inició la operación de esta planta de bombeo, con el objetivo de incrementar, en la ciudad de México, la capacidad de desalojo y conducción de aguas residuales y pluviales hasta en veintiún metros cúbicos por segundo. En 2010 el SACMEX realizó trabajos de rehabilitación en dicha planta.

Planta de bombeo 2 del Gran Canal

Renovada totalmente en 2010, esta planta de bombeo es considerada como una instalación estratégica del SACMEX para impulsar hacia el Gran Canal las aguas residuales y pluviales generadas por casi un millón y medio de habitantes de las delegaciones Cuauhtémoc, Venustiano Carranza, Benito Juárez y Álvaro Obregón.

Construida en 1954 y calificada como una de las mayores instalaciones de este tipo en la ciudad de México, en 2010 fueron sustituidos sus 14 equipos de bombeo y los cárcamos que la integran para preservar su capacidad original de desalojo de 51 metros cúbicos por segundo.



Vista de la planta de bombeo Zaragoza, Distrito Federal.

Planta de bombeo Zaragoza

Localizada estratégicamente en la calzada Ignacio Zaragoza en la delegación capitalina de Iztacalco, la planta de bombeo Zaragoza forma parte de la infraestructura asociada al Interceptor Oriente-Sur. Diseñada con una capacidad de 20 metros cúbicos por segundo, permite aliviar a dicho Interceptor enviando el caudal hacia el río Churubusco y, de acuerdo con los requerimientos de operación del SACMEX, se puede invertir su funcionamiento.



Vista de la planta de bombeo 2 del Gran Canal, Distrito Federal.



Vista de la planta de bombeo Casa Colorada Profunda, Estado de México.

Planta de bombeo Casa Colorada Profunda

Localizada dentro de la zona federal del ex lago de Texcoco, en la confluencia del dren General del Valle y el río de Los Remedios, considerado éste un sitio estratégico para el manejo del drenaje en el punto más bajo de la ZMVM, la planta de bombeo Casa Colorada Profunda, operada por la CONAGUA, tiene como función principal disminuir el riesgo de inundaciones mediante el bombeo de las excedencias de los drenajes superficial y profundo que se concentran durante las horas “pico” de lluvia que, al ser enviados a la laguna de regulación del mismo nombre, amplía en 40 metros cúbicos por segundo la capacidad de control del sistema de drenaje de la metrópoli.

Cabe mencionar que este sistema sólo opera en condiciones de saturación de los cauces principales y puede recibir efluentes tanto del Sistema de Drenaje Profundo, a través del TIRR, como de los cauces superficiales del dren General del Valle y el propio río de Los Remedios.



Vista de lumbrera L-3 del TIRR, Estado de México.



Vista del colector San Juan de Dios en dirección hacia la PTAR Agua Prieta, Jalisco.

Drenaje y desalojo de aguas pluviales en la Zona Metropolitana de Guadalajara

Una de las consecuencias del notable crecimiento de la Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG) ha sido, por un lado, la impermeabilización de su suelo y, por otro, la modificación de su sistema de drenaje natural y la posibilidad de que, durante el periodo de lluvias, se produzcan recurrentes inundaciones en la Capital y zona metropolitana tapatías.

Dicha situación ha dado pie para que el Consejo de Administración del Sistema Intermunicipal para los Servicios de Agua Potable y Alcantarillado de Jalisco (SIAPA) haya formulado el Programa de Manejo Integral de Aguas Pluviales (PROMIAP), que ha sido considerado como eje rector para atender dicha problemática. Es importante mencionar que, a través de este programa se ha logrado establecer una serie de estrategias de tipo estructural y no estructural de corto, mediano y largo plazos.

Las del primer tipo comprenden un total de 41 acciones, entre las que destacan la construcción de 19 kilómetros de colectores y la rehabilitación de 9.8 kilómetros de canales; la regulación de 2.9 hectómetros cúbicos en una superficie de 90 hectáreas, la construcción de 25 depósitos y vasos de detención, así como la recuperación de siete cauces urbanos.

En cuanto a las medidas no estructurales, se contempla la rehabilitación y mantenimiento de las dieciocho mil bocas de tormenta registradas en la ZMG, así como llevar a cabo un inventario de descargas residuales clandestinas y el control de descargas pluviales en los nuevos centros comerciales y desarrollos habitacionales, entre otras. Las acciones definidas por el PROMIAP tienen una doble función: contar con una infraestructura hidráulica de calidad que brinde seguridad a la población tapatía y, a la vez, generar espacios de convivencia y esparcimiento.

Ejemplares obras en materia de saneamiento

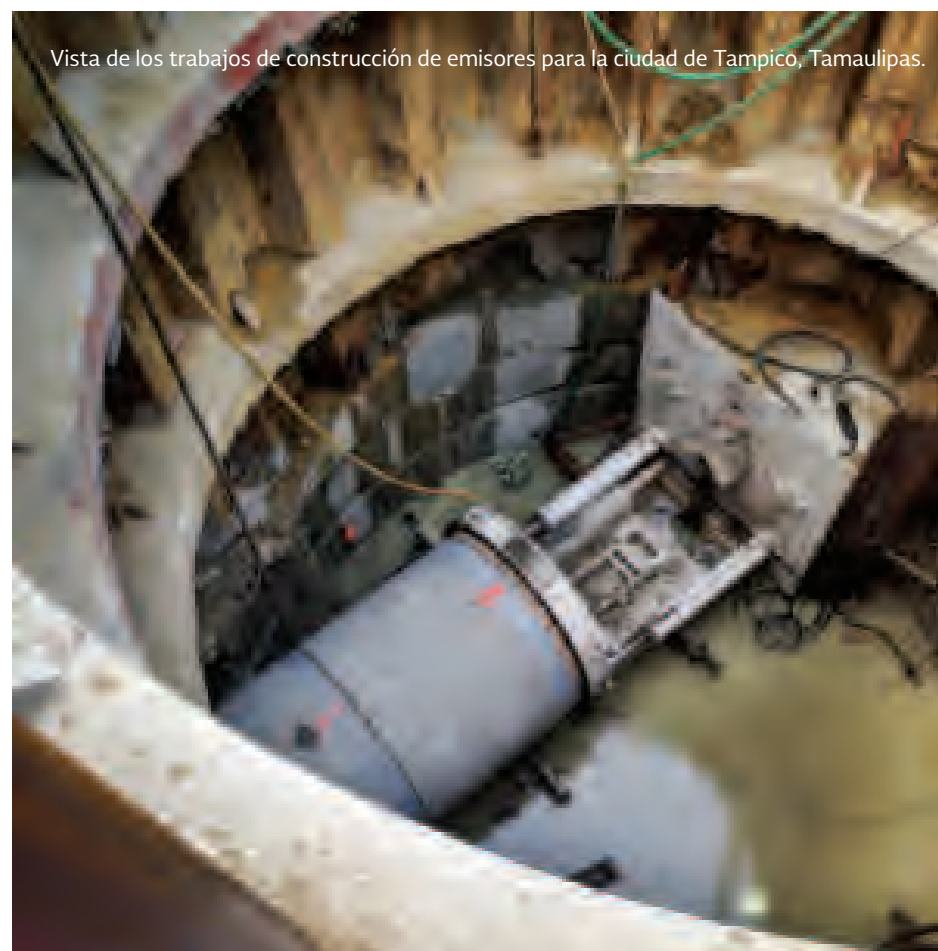
Colectores en Xalapa

Con el propósito de impulsar acciones para proporcionar servicios de agua potable, drenaje, alcantarillado y saneamiento –derivados del crecimiento de la mancha urbana de la Capital veracruzana–, el gobierno municipal presentó el “Plan Xalapa 2022, Una visión del futuro”, a partir del cual se desprende el Programa Integral de Saneamiento de la Ciudad de Xalapa, que comprende la construcción de nueve colectores, un emisor y una planta de tratamiento.

En recientes fechas, Xalapa se ha colocado como el municipio líder en cuanto al saneamiento de ríos, arroyos y aguas residuales del país. Para ello, se han construido 5 colectores que, en conjunto, cuentan con una capacidad de conducción de más de cincuenta mil metros cúbicos diarios, destacando los de nombre Murillo Vidal y Honduras. En este sentido, cabe citar la obra a cargo de la Comisión Municipal de Agua Potable y Saneamiento (CMAPS) de Xalapa, que consistió en la construcción de la segunda etapa del colector Murillo Vidal, de 4.1 kilómetros de extensión, que beneficia a las colonias del centro y oriente.



Vista de los trabajos de construcción del colector Murillo Vidal, Veracruz.



Vista de los trabajos de construcción de emisores para la ciudad de Tampico, Tamaulipas.

Emisores de drenaje pluvial en Tampico

En 2012, en la ciudad de Tampico, Tamaulipas, se llevó a cabo la construcción de dos obras de gran importancia: los emisores Ejército Mexicano y Martock, con el propósito de desalojar un volumen de hasta 32 metros cúbicos por segundo de agua que se acumulaba durante cada temporada de lluvias, poniendo en peligro a las colonias Petrolera, Sierra Morena, Guadalupe, Lauro Aguirre, Reforma, Martock y Bellavista.

El emisor Ejército Mexicano comienza en la calle Pachuca esquina con avenida Ejército Mexicano –en la descarga del colector Faja de Oro– en el Sistema Lagunario del Río Tamesí (SLRT), y cuenta con una longitud total de 1 046.72 metros, conectando al final con la lumbrera de la calle Mérida, para conducir un caudal de hasta 16 metros cúbicos por segundo. Por su parte, el emisor Martock inicia en calle Ayuntamiento esquina con Martock en la colonia del mismo nombre, y descarga también en el Sistema Lagunario referido. Con una longitud de 949.03 metros, recibe las aportaciones de los colectores Ayuntamiento y San Luis Potosí, que conducen caudales de entre siete y nueve metros cúbicos por segundo respectivamente, para descargar en la laguna El Chairel.



Vista de los trabajos de construcción del dren Presidentes de México, Campeche.

Drenaje pluvial en San Francisco Campeche

A efecto de evitar acontecimientos como la inundación que alcanzó los 2 metros de altura durante la temporada de lluvias de 2003, la cual afectó a colonias como la Unidad Habitacional Presidentes de México, en la ciudad de San Francisco de Campeche, en Campeche, se puso en marcha un proyecto de desagüe pluvial, en beneficio 26 colonias y más de quince mil habitantes, que se desarrolló a partir de la construcción de la siguiente infraestructura:

En primer lugar, la construcción de un canal principal; en segundo, el canal principal en el cruce con la avenida Costera; en tercero, el canal que se ubica entre la calle San Luis Potosí y el canal principal; en cuarto, el canal de la avenida Solidaridad; en quinto, el canal en la calle San Luis Potosí; en sexto, el canal de la avenida Juárez (Santa Bárbara-Gasolinera) y, en séptimo, el canal Kalá I (Terranova). Tales infraestructuras que suman un total de 2 347.95 metros lineales de excavación, se diseñaron con la finalidad de canalizar un gasto promedio de dieciocho metros cúbicos por segundo de aguas pluviales.

Ejemplares instalaciones en materia de tratamiento

PTAR Atotonilco

Esta magna obra en materia de tratamiento es una instalación hidráulica de vanguardia de la ingeniería mexicana –considerada en 2013 la más grande del mundo en su tipo– que será puesta en marcha en 2015, estimándose que traerá los siguientes beneficios: mejorará la calidad de vida de más de setecientos mil habitantes del Valle del Mezquital; dotará a los distritos de riego 003 Tula y 100 Alfayucan de caudales tratados mediante el canal Salto-Tlamaco, con la calidad necesaria para una siembra agrícola sin restricciones; conservará el acuífero con infiltración de agua de mayor calidad y, con ello, mejorarán las condiciones ambientales en la región; y generará la contratación de cuatro mil trabajadores durante su construcción y 150 durante sus 20 años de operación.

En respuesta a los esfuerzos desplegados por los gobiernos del Distrito Federal y el Estado de México para alcanzar el 60 por ciento de saneamiento en el Valle de México, la CONAGUA construye la planta en un terreno de 158 hectáreas en el ejido Conejos, en el municipio de Atotonilco de Tula, Hidalgo, cerca del portal de salida del Túnel Emisor Central y donde también desembocará el TEO, principales componentes del Sistema de Drenaje Profundo.

De acuerdo con el proyecto, la capacidad de la planta será de 35 metros cúbicos por segundo; sin embargo, en época de estiaje operará con el tren de proceso convencional de 23 metros cúbicos por segundo, mientras que en temporada de lluvias se sumará el tren de proceso químico con capacidad de 12 metros cúbicos por segundo. Gracias al aprovechamiento del gas metano que resulte del proceso de digestión de lodos, la planta podrá generar hasta setenta por ciento de la electricidad que requiera, disminuyendo con ello la dependencia de fuentes externas de energía y reduciendo la emisión de contaminantes a la atmósfera.





Vista de los trabajos de construcción de la PTAR Atotonilco, Hidalgo.







Vista de la PTAR El Ahogado, Jalisco.

PTAR El Ahogado

Considerada la primera planta de tratamiento de gran importancia construida en la ZMG, esta instalación logró poner fin al rezago que existía en dicho rubro en la segunda urbe del país.

Inaugurada en 2012, fue diseñada para depurar hasta 2.25 metros cúbicos por segundo, volumen que representa 23.6 por ciento del agua residual generada en la ZMG, con lo cual ha reducido el grado de contaminación del río Santiago y, en consecuencia, ha mejorado la calidad de vida en los municipios metropolitanos de Guadalajara, Zapopan, San Pedro Tlaquepaque, Tonalá, Tlajomulco de Zúñiga, El Salto, Ixtlahuacán de los Membrillos y Juanacatlán.

Es importante mencionar que gracias a las plantas Agua Prieta y El Ahogado se ha incrementado la cobertura de saneamiento en beneficio de 139 colonias. Además, se ha construido una infraestructura adicional para conducir las aguas residuales a los sitios de tratamiento, por ejemplo 615 kilómetros de redes de alcantarillado, 267 kilómetros de colectores, 10.4 kilómetros del túnel interceptor San Gaspar y 1.4 kilómetros del colector San Martín.

Por otra parte, el biogás generado en la operación de las plantas es utilizado para generar la energía eléctrica que utilizan, produciendo un importante ahorro económico a la par de disminuir la emisión de gases de efecto invernadero.



Vista de la PTAR Agua Prieta, Jalisco.

PTAR Agua Prieta

Esta importante planta de tratamiento forma parte del Programa Integral de Saneamiento de la Zona Conurbada de Guadalajara, que impulsan el Gobierno de la República y del Gobierno del Estado de Jalisco con el objetivo de dar cumplimiento a la normatividad establecida así como mejorar el entorno ecológico, la salud y la calidad de vida de la población.

Se estima que cuando entre en operación podría incrementar la calidad del caudal del río Santiago, que hoy presenta elevados índices de contaminación en algunos de sus tramos debido a que se vierten en su cauce descargas municipales sin tratamiento alguno. Esta planta, con una capacidad de 8.5 metros cúbicos por segundo, se encuentra vinculada a la de El Ahogado, que se ubica al sur de la ZMG, pues con una capacidad conjunta de 10.75 metros cúbicos por segundo, incrementarán de 3 a 100 por ciento el volumen de aguas residuales que recibirán tratamiento, beneficiando con ello a 3.52 millones de pobladores de los municipios de Guadalajara, Zapopan, San Pedro Tlaquepaque y Tonalá.





Vista de la PTAR Dulces Nombres, Nuevo León.

PTAR Dulces Nombres

Durante varias décadas, la planeación de los recursos hidráulicos en la ciudad de Monterrey, Nuevo León, se basó en el aumento de la cobertura de agua potable a la población. Sin embargo, como la materia de saneamiento fue cobrando fuerza, con el tiempo las autoridades de Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey (SADM) pusieron en marcha el Programa de Saneamiento de Aguas Residuales, dirigido a brindar tratamiento a los volúmenes generados en el área metropolitana.

De esta forma, con la finalidad de lograr la sustentabilidad de los recursos hídricos no sólo en la Capital del Estado sino en toda la entidad federativa, a partir del Proyecto Monterrey IV fueron construidas entre 1990 y 1997 las plantas Dulces Nombres, Norte y la Noreste, entre otras obras, colocando a Nuevo León en el primer lugar nacional en cuanto al rubro del tratamiento de aguas residuales tanto en cobertura como en capacidad instalada. La PTAR Dulces Nombres, que inició operaciones en 1996, contaba con una capacidad inicial de depuración de 5 metros cúbicos por segundo, pero fue ampliada hasta 7.5 metros cúbicos por segundo, y trabaja por medio de un proceso de lodos activados.



Vista de la PTAR Cerro de la Estrella, Distrito Federal.

PTAR Cerro de la Estrella

Considerada una de las obras de infraestructura en materia de saneamiento más importante del país en el siglo XX, la planta de tratamiento Cerro de la Estrella se ubica en la delegación Iztapalapa del DF. Inaugurada en 1971 con un diseño para depurar 2 metros cúbicos por segundo, su capacidad original se incrementó en 2008 a partir de su rediseño hasta producir actualmente un caudal tratado de 3 metros cúbicos por segundo.

El agua depurada en la instalación se reutiliza para riego agrícola en las delegaciones de Tláhuac y Xochimilco, a efecto de mantener el nivel de los canales de esa zona lacustre, así como para riego de áreas verdes además de uso industrial y comercial.

El caudal con que se alimenta proviene de la estación de bombeo Aculco, y llega por medio de una tubería de 1.83 metros de diámetro y 8 kilómetros de longitud. La planta experimental depura el agua mediante procesos de ozonización, absorción, ósmosis inversa y luz ultravioleta (UV). Aunado a ello cuenta con una planta potabilizadora de 0.020 metros cúbicos por segundo.





Vista de la PTAR Norte, Nuevo León.

PTAR Norte

Ubicada en el municipio de Escobedo, Nuevo León, esta planta de tratamiento, que comenzó a operar en 1995, cuenta con una capacidad de depuración de 2.5 metros cúbicos por segundo, con la posibilidad de ampliarla hasta seis metros cúbicos por segundo utilizando un proceso de lodos activados.

Tanto la planta Dulces Nombres como la Norte cuentan con un sistema de cogeneración eléctrica que permite el aprovechamiento del gas metano producido durante el proceso anaeróbico de digestión de lodos, con lo cual se ahorra alrededor de treinta por ciento de su consumo de energía eléctrica.



Vista de la PTAR León, Guanajuato.

PTAR León

Para las autoridades del municipio de León, Guanajuato, el tratamiento de aguas residuales ha tenido dos objetivos fundamentales: primero, depurar las aguas negras como lo indica la normatividad para poder incorporarlas a los cauces de ríos y arroyos; y segundo, producir agua de reúso de calidad suficiente para aprovecharla en el riego agrícola, la industria y los servicios municipales, con la finalidad de disminuir la presión en los acuíferos.

Al respecto, en 2010 el Sistema de Agua Potable y Alcantarillado de León (SAPAL) ha logrado sanear 100 por ciento los volúmenes generados por sus habitantes y la industria, éxito alcanzado mediante la construcción y ampliación de sus plantas de tratamiento, entre ellas la municipal León así como las siguientes ocho periféricas: Módulo de Desbaste, Las Joyas, Periodistas de México, Villas de San Juan, Lomas del Mirador, San Isidro Las Colonias, Santa Rosa Plan de Ayala y Ciudad Industrial.

Además de contar con una capacidad instalada para tratar 2.5 metros cúbicos por segundo, en la planta municipal se puede producir energía eléctrica a partir del biogás generado en el proceso, lo cual ha valido para que el SAPAL haya sido distinguido en 2011 con el Premio a la Innovación Tecnológica por su sistema de cogeneración de energía. Otro hecho que cabe destacar consiste en que el Módulo de Desbaste y su sistema de colectores han permitido que por primera vez se logre separar las aguas industriales de las domésticas para su depuración.

PTARs Ciudad Juárez Norte y Sur

En los últimos años, Ciudad Juárez, Chihuahua, había experimentado un alto crecimiento urbano que implicó un reto para su infraestructura. Particularmente en la zona sur de la urbe se habían generado numerosos focos de contaminación, como descargas a cielo abierto y sin tratamiento previo, además de la degradación del acuífero Bolsón del Huevo, única fuente de abastecimiento de la ciudad.

Para mitigar los efectos de la contaminación en la salud, además de implementar acciones para hacer un uso eficiente del agua saneada y alcanzar el tratamiento de 100 por ciento de las aguas residuales generadas, se estableció como una medida prioritaria la ampliación de la capacidad actual de las plantas Ciudad Juárez Norte y Sur, así como el mejoramiento de su capacidad de remoción, pasando de un tratamiento primario avanzado (físico-químico) a uno biológico de lodos activados.

En tanto que la planta Ciudad Juárez Norte, diseñada para sanear 1.2 metros cúbicos por segundo y que ahora brinda tratamiento a 1.6 metros cúbicos por segundo, la planta Ciudad Juárez Sur, que fue diseñada para sanear 2.0 metros cúbicos por segundo, en la actualidad depura 1.74 metros cúbicos por segundo.





Vista de la PTAR Aguascalientes.

PTAR Aguascalientes

Ante un déficit de recursos hídricos, además de evidencias de hundimientos diferenciales del subsuelo y agrietamientos en las construcciones, fue necesario aplicar medidas extraordinarias en la ciudad de Aguascalientes como el denominado Programa Línea Morada, un proyecto sustentable encaminado a tratar y reutilizar las aguas residuales a fin de disminuir la explotación del acuífero y garantizar un flujo depurado hacia los cauces de ríos y arroyos de la Entidad, reabasteciendo con ello las fuentes naturales.

Para lograr dicho objetivo fue necesario construir la infraestructura hidráulica necesaria para la captación, tratamiento y distribución que permitiera aprovechar el agua tratada para diferentes usos. Con una cobertura de 100 por ciento, el estado de Aguascalientes ocupa uno de los primeros lugares del país en la materia. La PTAR Aguascalientes, inaugurada en 1993, se caracteriza por contar con un sistema secundario dual de biofiltros y lodos activados para remover materia orgánica, que se ha ampliado y rehabilitado a efecto de incrementar su capacidad instalada hasta en dos metros cúbicos por segundo, así como para mejorar el área de separación de sólidos, el proceso de cloración del agua y la producción de lodos, los cuales se aprovechan en usos agrícolas y forestales, así como en el mejoramiento de suelos.

PTAR Playa Norte

Con el propósito de conservar los recursos hídricos, y como parte del Plan Integral de Saneamiento de la bahía de Veracruz, el gobierno estatal ha concretado en los últimos dos años la construcción de diversos colectores y plantas de tratamiento de aguas residuales, lo cual ha permitido elevar la cobertura de depuración de 32.9 a 42 por ciento.

Puesta en marcha en 1992, la PTAR Playa Norte fue rehabilitada a fin de aumentar su capacidad hasta 1.6 metros cúbicos por segundo, con lo cual se elevó el promedio de cobertura a noventa por ciento en beneficio de doscientos cincuenta y siete mil habitantes.



Vista de la PTAR Playa Norte, Veracruz.



Vista de la PTAR Atapaneo, Michoacán.

PTAR Atapaneo

Con la finalidad de construir la infraestructura necesaria para el tratamiento de aguas residuales, acorde con la normatividad de saneamiento de la ciudad de Morelia, Michoacán, fue construida en 2003 la planta Atapaneo con una capacidad para depurar un caudal de hasta 1.2 metros cúbicos por segundo. Actualmente, en dicha instalación se trata 1 metro cúbico por segundo mediante un sistema de lodos activados, gracias a una infraestructura de colectores de más de cincuenta kilómetros de longitud, incrementando de este modo su cobertura de depuración de las aguas crudas de la ciudad.

Localizada al oriente de la ciudad de Morelia, esta planta beneficia directamente a una población aproximada de quinientos ochenta mil habitantes a través del tratamiento de hasta ochenta y seis por ciento de las aguas residuales, caudal que después se vierte en el río Grande, el cual desemboca en el lago de Cuitzeo. El procedimiento que se aplica en esta planta para eliminar los contaminantes físicos, químicos y biológicos consiste en las etapas siguientes: pretratamiento, reactor biológico, sedimentador secundario, desinfección con gas-cloro, digestión aeróbica de lodos y espesamiento así como deshidratación en filtro tipo prensa banda.

PTAR San Pedro Mártir

Ubicada en el ejido Santa María Magdalena, en la zona poniente de la Zona Metropolitana de Querétaro (ZMQ), la planta San Pedro Mártir tiene una capacidad de tratamiento de aguas residuales, en una primera etapa, de 0.75 metros cúbicos por segundo y en la segunda alcanzará 1.50 metros cúbicos por segundo, aplicando un proceso biológico de lodos activados de tipo convencional y un módulo de desinfección vía luz ultravioleta.

A través de una red de 18.50 kilómetros de colectores y emisores, las aguas servidas generadas en las zonas norte y norponiente de la ZMQ son almacenadas en un tanque de 900 metros cúbicos de capacidad. Gracias al biogás producido en el proceso de tratamiento, esta planta es capaz de generar su propia energía eléctrica, permitiendo un ahorro de hasta setenta por ciento en esta materia. Su funcionamiento ha traído consigo importantes beneficios, entre ellos el saneamiento de la cuenca del río Querétaro y de diversas áreas de la cuenca Lerma-Chapala, así como la creación de un segundo distrito de riego tecnificado en los ejidos de Santa María Magdalena. Como producto de su aportación de 0.4 metros cúbicos por segundo de agua tratada para el riego de zonas de cultivos, se ha fortalecido la economía local, se aprovechan dichos volúmenes en las áreas verdes del Parque Querétaro 2000 y en el llenado del bordo para uso recreativo, además contrarresta la explotación de acuíferos en beneficio de más de trescientos mil queretanos.



Vista de la PTAR San Pedro Mártir, Querétaro.



Vista de la PTAR Aguas Blancas, Guerrero.

PTAR Aguas Blancas

A efecto de incrementar la cobertura del servicio de alcantarillado y hacer más eficiente el funcionamiento de las 13 plantas de tratamiento de aguas residuales ubicadas en este emblemático centro vacacional del país, entró en marcha el Programa Integral de Saneamiento de la Bahía de Acapulco con el propósito de aumentar la capacidad instalada de tratamiento a 1.35 metros cúbicos por segundo, y por medio de un caudal depurado de 1.15 metros cúbicos por segundo beneficiar directamente a setecientos mil guerrerenses así como a una cifra superior a los seis millones de visitantes.

Cabe señalar que se puso especial atención a la ampliación tanto de la capacidad de captación de las redes de alcantarillado, de los colectores y de las plantas de bombeo Nao Trinidad y Mala Espina, como al cambio del proceso de tratamiento físico-químico por uno biológico secundario. Gracias a las adecuaciones implementadas y la construcción de algunas obras de infraestructura adicionales se extendió su zona de influencia, cuyo efluente ahora se incorpora a la playa Olvidada con el fin de rescatar su entorno ecológico.



PTAR Principal, Coahuila.

PTAR Principal

Con el objetivo de mitigar los efectos de la contaminación en los arroyos y estanques cercanos a Saltillo, Coahuila, se llevó a cabo la construcción de dos plantas de tratamiento de aguas residuales: la primera conocida como Principal, que utiliza un proceso de reactores biológicos y desinfección con capacidad instalada de 1.2 metros cúbicos por segundo y un caudal tratado de 0.9 metros cúbicos por segundo; y la segunda denominada Gran Bosque Urbano, que utiliza un proceso biológico con filtración y desinfección con capacidad instalada de 0.070 metros cúbicos por segundo.

Concluidas en 2008, ambas instalaciones tienen como función generar caudales depurados para ser aprovechados tanto para la irrigación de sembradíos como de áreas verdes, logrando ampliar a 100 por ciento la cobertura en la ciudad referida y a 84 por ciento a nivel estatal, beneficiando a un total de quinientos mil habitantes.



Vista de la Macroplanta de Tratamiento Toluca Norte, Estado de México.

Macroplanta de Tratamiento Toluca Norte

Las grandes ciudades establecidas en la Altiplanicie Mexicana se encuentran en una crítica situación por la creciente disminución del líquido vital disponible a causa del crecimiento demográfico. Ante ello, una alternativa viable para revertir tal situación consiste en la recarga artificial de los acuíferos mediante el reúso del agua residual que recibe un tratamiento de tipo terciario. Éste es el caso de la operación del Proyecto Piloto Macroplanta de Tratamiento Toluca Norte (MTTN), la cual tiene una capacidad instalada de 1.25 metros cúbicos por segundo y depura un caudal de 1.20 metros cúbicos por segundo.

PTAR Tanque Tenorio

El sistema de tratamiento Tanque Tenorio se encuentra ubicado al oriente de la ciudad de San Luis Potosí, en un terreno de 200 hectáreas, donde originalmente se formaba un cuerpo de agua gracias a una depresión natural. Sin embargo, en la década de los setenta del siglo XX comenzó a utilizarse este espacio como zona de descarga de las aguas residuales municipales, situación que fue corregida con la edificación de la planta.

Diseñado para tratar 1.05 metros cúbicos por segundo utilizando un proceso dual, está conformado por un bordo perimetral de forma rectangular, en el que descarga el río Españita, principal conductor de aguas residuales y pluviales, además de recibir el caudal de siete colectores de la zona conurbada, el cual se almacena en un tanque con capacidad de 2.65 hectómetros cúbicos –68.96 por ciento de las aguas residuales de la ciudad y zona conurbada– que una vez tratado se reutiliza en actividades agrícolas e industriales.



Vista de la PTAR Tanque Tenorio, San Luis Potosí.

PTAR SEAPAL Norte II

Para sustituir la PTAR Zona Centro, construida en 1995 pero que al día de hoy sólo cumple la tarea de un cárcamo de bombeo, en 2002 fue edificada en Puerto Vallarta, Jalisco, la planta SEAPAL Norte II con una capacidad de diseño de 0.400 metros cúbicos por segundo.

Tiempo después, el Sistema de Servicios de Agua Potable, Drenaje y Alcantarillado (SEAPAL) propuso su ampliación para dotarla de una capacidad de saneamiento de 1.125 metros cúbicos por segundo, mediante un proceso secundario con aireación extendida, además de construirse un sistema de digestión anaerobio para estabilizar totalmente los lodos producidos y evitar problemas de salud tanto en la población como entre los cientos de miles de turistas que visitan esta localidad.



Vista de la PTAR SEAPAL Norte II, Jalisco.

PTAR Acapantzingo

Para evitar que el elevado grado de contaminación que se registra en la cuenca del río Apatlaco pueda afectar la salud de la población que se asienta en sus márgenes –aproximadamente cincuenta por ciento del total del Estado de Morelos–, se tomó la decisión de restringir las actividades agrícolas, turísticas y de servicios. Sin embargo, para rescatar la cuenca, el Gobierno del Estado de Morelos desarrolló un plan integral de saneamiento basado en el tratamiento de 100 por ciento de las aguas servidas de la entidad. Para ello fue construida la PTAR Acapantzingo, ubicada en el municipio de Cuernavaca, al noroeste del Estado, así como una red de 50 kilómetros de colectores para facilitar su operación.

Cabe mencionar que la planta es la más importante de las 53 con que cuenta la Entidad. Inicialmente tenía una capacidad de 0.40 metros cúbicos por segundo, pero como forma parte del Proyecto Integral de Saneamiento de la cuenca de Apatlaco, implementado en 2012, se incrementó su capacidad a 0.75 metros cúbicos por segundo. Por sí sola, esta instalación aporta 44 por ciento de la meta de saneamiento de la cuenca referida y trata 75 por ciento de los caudales generados en la ciudad de Cuernavaca, beneficiando el entorno y la salud de más de setecientos mil morelenses.



Vista de la PTAR Acapantzingo, Morelos.



Vista de la PTAR Xalapa I, Veracruz.

PTAR Xalapa I

Gracias a la construcción de la PTAR Xalapa I, inaugurada en 2011, la Capital del Estado de Veracruz se ha convertido en la segunda ciudad más importante de la Entidad, en materia de tratamiento. Se ubica en el predio La Palma del municipio de Emiliano Zapata, dentro de una franja de la reserva territorial.

Fue diseñada con una capacidad instalada de 0.75 metros cúbicos por segundo, 70 por ciento de las aguas servidas que generan tres cuartas partes de las tomas de casas-habitación, comercios y empresas asentadas en la Capital veracruzana. Conduce después el caudal depurado hacia los ríos de nombre “Bueno” y “Malo”, beneficiando a una población de más de cuatrocientos mil xalapenses.

PTAR Osiris

Inaugurada en noviembre de 2013, la PTAR Osiris, con una capacidad instalada de hasta 0.60 metros cúbicos por segundo, en conjunto con las plantas Poniente y El Orito brinda 100 por ciento de cobertura de tratamiento a las aguas residuales generadas por los municipios de Zacatecas y Guadalupe. Cabe mencionar que mientras el caudal depurado es utilizado para el riego de cultivos, lográndose intercambiar incluso por agua de primer uso, los lodos resultantes del proceso son utilizados para enriquecer los suelos de siembra de la región en beneficio de 253 634 zacatecanos.

Gracias a la cobertura que registra Zacatecas en esta materia, se estima que se podrá sanear 73.39 por ciento de las aguas residuales a nivel estatal.



Vista de la PTAR Osiris, Zacatecas.

PTAR Poniente

Considerada una de las más importantes del Estado de Zacatecas, la PTAR Poniente utiliza un proceso de lodos activados y cuenta con una capacidad instalada de hasta 0.16 metros cúbicos por segundo, 17 por ciento de las aguas servidas generadas por los municipios de Zacatecas y Guadalupe, beneficiando directamente a diecinueve mil zacatecanos.



Vista de la PTAR Poniente, Zacatecas.



Vista de la PTAR El Naranjo, Baja California.

PTAR El Naranjo

Pionera en Baja California y a nivel nacional, la PTAR El Naranjo fue puesta en marcha en 1999 con el objetivo de mantener el equilibrio ecológico de la bahía de Ensenada, así como evitar la contaminación del acuífero mediante el desarrollo de una cultura de uso sustentable, que pudiera garantizar el reúso de los caudales depurados en la agricultura, el riego de áreas verdes, la industria y una posible recarga artificial. Diseñada con una capacidad de tratamiento de 0.500 metros cúbicos por segundo y un caudal tratado de 0.344 metros cúbicos por segundo, cuenta con un sistema de proceso biológico de lodos activados con zanjas de oxidación y aireación extendida.

PTAR Xalapa II

Construida un año después que la homónima Xalapa I, se ubica en la localidad de La Mini-lla en el municipio de Emiliano Zapata, Veracruz, y fue diseñada para brindar tratamiento a 0.25 metros cúbicos por segundo, lo cual representa 30 por ciento del total que genera la Capital del Estado, destinándose dicho caudal a riego agrícola, en beneficio de más de ciento cinco mil xalapenses.

En conjunto, las plantas de tratamiento Xalapa I y II cuentan con una capacidad de depuración de 1 metro cúbico por segundo, volumen que ha permitido rescatar diversos cuerpos de agua y evitar la descarga en distintos cauces de 100 por ciento de las aguas residuales de la ciudad.



Vista de la PTAR Xalapa II, Veracruz.



PTAR operadas por FONATUR

Considerada uno de los sitios turísticos más concurridos del país, la ciudad de Cancún, en Quintana Roo, se caracteriza por la gran afluencia de visitantes, que vierten una considerable derrama de divisas. En la actualidad, este emblemático centro vacacional ha derivado en un desarrollo urbano diferenciado, ya que por un lado se encuentra la zona hotelera y de servicios, que cuenta con infraestructura necesaria para satisfacer la demanda de servicios de los vacacionistas, mientras que por otro se encuentra la sede de los servicios administrativos y habitacionales de la población fija de la ciudad.

En cuanto a la zona hotelera, hasta el momento dispone de tres PTAR, las cuales fueron construidas en la década de los ochenta del siglo XX por el Fondo Nacional de Fomento al Turismo (FONATUR), y que hoy son operadas por la división Fonatur-Mantenimiento Turístico a efecto de cumplir cabalmente con los estándares establecidos por la Comisión Nacional del Agua.

Diseñadas para utilizar un sistema secundario con desinfección, las aguas depuradas por las plantas de tratamiento Gucumatz, Pok-ta-pok y El Rey, son aprovechadas en su mayor parte para el riego de las áreas verdes de los campos de golf, camellones y jardines de la zona; sin embargo, cabe mencionar que el caudal sobrante es inyectado al subsuelo mediante pozos de absorción.



Vista de la PTAR Gucumatz, Quintana Roo.

PTAR Gucumatz-FONATUR

Construida en 1987 con una capacidad original de hasta 0.10 metros cúbicos por segundo, esta planta se localiza en el kilómetro 15+800 de la zona hotelera de Cancún y está compuesta por dos módulos que trabajan en paralelo.

Rehabilitada en 2008, la planta Gucumatz emplea un sistema de tratamiento de lodos activados, para lo cual fueron sustituidas las bombas, los filtros-banda y se sustituyó el sistema de oxigenación superficial por uno a difusión por medio de burbujas finas. Gracias a los cambios tecnológicos implementados, la planta Gucumatz aumentó su capacidad de tratamiento instalada a 0.20 metros cúbicos por segundo y un caudal tratado de 0.15 metros cúbicos por segundo.

PTAR Pok-ta-pok-FONATUR

Localizada en el kilómetro 7+500 de la zona hotelera de Cancún, la planta Pok-ta-pok utiliza un sistema biológico de nivel secundario –lodos activados sin sedimentación primaria– con estabilización de lodos (digestión aeróbica), deshidratación mecánica y clorado del efluente antes de su utilización y descarga final.

Diseñada con una capacidad instalada de hasta 0.245 metros cúbicos por segundo y un caudal tratado de 0.200 metros cúbicos por segundo, su zona de captación se ubica entre los kilómetros 0+000 y 10+150, y se caracteriza por utilizar estaciones de rebombeo distribuidas entre la zona de captación y su cárcamo de recepción.



Vista de la PTAR Pok-ta-pok, Quintana Roo.





VI

PROEZAS EN MATERIA DE INFRAESTRUCTURA HIDROAGRÍCOLA EN MÉXICO

Gracias a la tecnificación y el desarrollo de infraestructura hidráulica se han logrado notables avances en cuanto a mejorar la eficiencia en el aprovechamiento del recurso vital, como se aprecia en el reservorio utilizado para distribuir valiosos caudales al área de cultivos –maíz, alfalfa y sorgo– del rancho Establo Nuevo León en el Distrito de Riego 017 Región Lagunera, que comprende parte de los estados de Coahuila y Durango (PÁGINAS 218-219).

ANTE el evidente agotamiento de los recursos naturales en todos los rincones del mundo, resulta imprescindible en nuestros días fomentar el uso óptimo del recurso vital, toda vez que mediante distintas tecnologías de riego pueden aprovecharse valiosos volúmenes para el consumo humano además de preservar la integridad de las reservas hídricas del país.

Utilizando un enfoque de productividad, rentabilidad y competitividad, uno de los principales objetivos de la Comisión Nacional del Agua consiste en extender la superficie de riego actual así como incrementar el valor y calidad de las cosechas, dentro de un entorno de sustentabilidad, justicia y legalidad que fortalezca la innovación y el desarrollo tecnológico del campo mexicano. Debido a la importancia en materia alimentaria que revisten los distritos y unidades de riego, así como los distritos de temporal tecnificado, es necesario adoptar pautas adecuadas para hacer frente a riesgos climáticos, sanitarios y de mercado que se enfrentan en este ámbito. Por ello, fomentar su tecnificación resulta impostergable.

Adicionalmente, debe impulsarse y consolidarse el desarrollo de las diferentes regiones con el propósito de cerrar la brecha que las separa en cuanto a calidad y volumen en materia de producción. Al respecto, resulta de especial significación rehabilitar y ampliar la infraestructura hidroagrícola, lograr un uso eficiente del recurso e impulsar prácticas sustentables en las actividades agrícola, pecuaria, pesquera y acuícola.

Dentro de los retos que presenta el siglo XXI debe considerarse el desarrollo de líneas de conducción del recurso a nivel de parcelas, la actualización del padrón de usuarios y superficies, así como la consolidación, rehabilitación y mejoramiento de la infraestructura con que se cuenta para irrigar y, en su caso, desalojar los volúmenes excedentes.

Como un medio para consolidar un número mayor de acciones en pro de la tecnificación y la eficiencia del consumo del recurso vital en el campo mexicano, en el presente capítulo se presentan las unidades de producción calificadas como grandes proezas, que sin duda han trazado el camino para llevar a cabo un uso eficiente del agua en beneficio de sus regiones y las generaciones futuras, y para erigirse como dignos protagonistas del campo mexicano del tercer milenio.

Ejemplares distritos de riego

Distrito de Riego 010 Culiacán-Humaya

Conformado por dos sociedades de responsabilidad limitada, cuatro unidades de riego y 12 módulos, y abarcando una superficie de 212 141 hectáreas de los municipios sinaloenses de Angostura, Culiacán, Mocorito, Navolato y Salvador Alvarado, el Distrito de Riego 010 Culiacán-Humaya registraba en el pasado un consumo de agua y una eficiencia de riego de 94 y 42 por ciento, respectivamente, lo cual representaba tanto una significativa pérdida del recurso como un déficit que debía ser atendido de inmediato.

A esta problemática cabía sumar la insuficiente estructura de medición y control que impedía garantizar un reparto y manejo adecuado del agua, así como la insuficiente tecnificación de las estructuras de riego y la incipiente capacitación de técnicos y productores.

A efecto de imprimir mayor eficiencia a la infraestructura agrícola, fueron implementados entre 2006 y 2010 el Programa de Rehabilitación, Modernización y Equipamiento de Distritos de Riego, y el Subprograma de Rehabilitación y Modernización del Distrito de Riego 010, mediante 50 por ciento de aportaciones del Gobierno Federal, 10 por ciento del estatal y 40 por ciento de las Asociaciones Civiles de Usuarios (ACU).

Dentro de las principales acciones realizadas a partir de este programa, cabe anotar que se avanzó en la rehabilitación y modernización de canales, caminos, drenes, pozos federales y particulares con títulos de concesión, así como en el entubamiento de canales, la instalación de drenaje parcelario, el control de maleza acuática, la instalación de equipos de medición, la adquisición de maquinaria y la tecnificación de los sistemas de riego, entre otras medidas encaminadas a impulsar un consumo del recurso y una productividad sustentables.



Vista de la presa y CH Presidente Adolfo López Mateos "El Humaya".

Construida entre 1958 y 1964 sobre el cauce del río Humaya, en el municipio del mismo nombre, la presa y central hidroeléctrica (CH) Presidente Adolfo López Mateos "El Humaya", también conocida como "Varejonal", satisface las necesidades del Distrito de Riego 010 Culiacán-Humaya gracias a su capacidad de almacenamiento al nivel de aguas máximo ordinario (NAMO) de 3 086 hectómetros cúbicos.

Desde la década de los sesenta del siglo XX, esta presa ha conservado entre sus principales funciones el control de avenidas y el riego de ciento treinta y cinco mil hectáreas de alta producción agrícola del Valle de Culiacán, además de la generación de energía eléctrica –90 megawatts para la ciudad de Culiacán–.



Vista del río Humaya.



Vista de la presa Josefa Ortiz de Domínguez "El Sabino".

Distrito de Riego 076 Valle del Carrizo

Es fundamental referir que la presa Josefa Ortiz de Domínguez "El Sabino" fue construida en 1967 sobre el río Álamos, localizado a 95 kilómetros de la ciudad de Los Mochis y a 15 del municipio de El Fuerte. Su cuenca hidrológica se extiende a lo largo de una superficie de 2 268 kilómetros cuadrados, abarcando los estados de Sinaloa y Sonora. La presa fue diseñada para almacenar hasta quinientos noventa hectómetros cúbicos y su función principal consiste en irrigar las inicialmente 43 259 hectáreas con vocación agrícola del valle del Carrizo.

Actualmente la función que predomina es la irrigación, en este caso de un total de 81 649.15 hectáreas gracias a que se sumaron al valle del Carrizo las zonas de riego de la Unidad Fuerte-San Blas y del Fuerte-Mayo de Sinaloa y de Sonora.

Con una elevación original de 44 metros, la cortina de la presa recientemente fue objeto de una sobreelevación a fin de incrementar a 138 hectómetros cúbicos su capacidad de almacenamiento, lo cual permitirá garantizar las demandas de las zonas de riego anexadas al distrito original, extender seis mil hectáreas la zona irrigada del Distrito de Riego 076, aumentar la disponibilidad promedio de agua en la Entidad, prevenir los riesgos de desfuegos así como controlar una probable avenida extraordinaria por la crecida de los ríos Fuerte y Álamos.



Vista de un canal revestido en la región de Culiacán.

Distrito de Riego 041 Río Yaqui

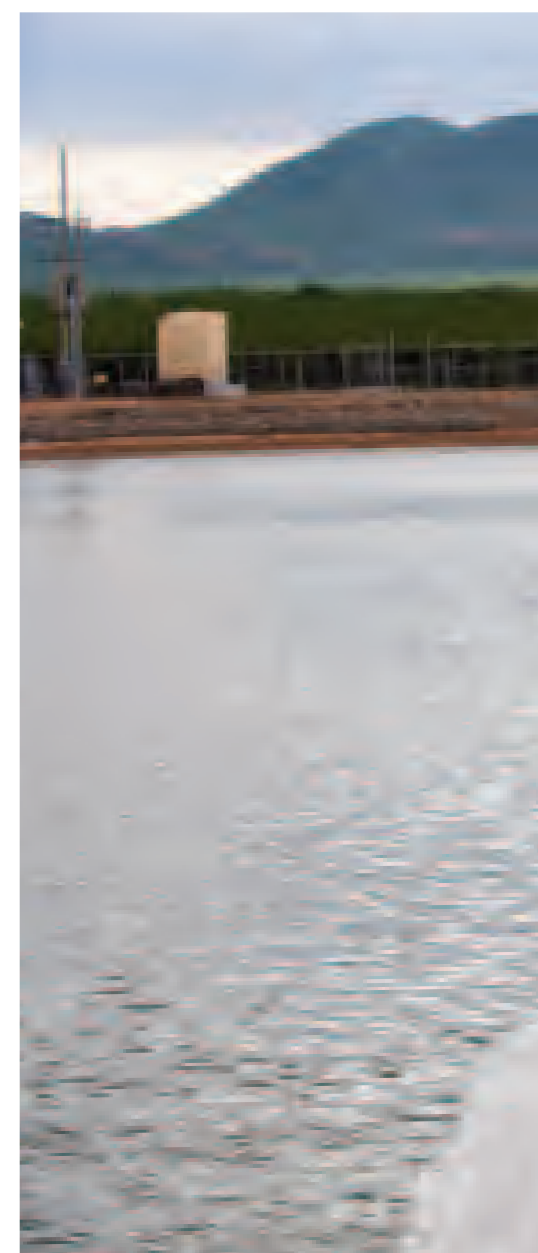
Según la opinión de algunos especialistas, la presa Álvaro Obregón “Oviachic” y el Distrito de Riego 041 Río Yaqui en Sonora se encuentran entre las principales obras del país en el siglo XX, en cuanto a estructura de irrigación, tecnología y abasto de agua.

Se reconoce también que la agricultura sonorense ha logrado alcanzar altos estándares de sanidad e inocuidad, que le permiten lograr cosechas de gran calidad, productividad y rendimiento por hectárea, disminuyendo los costos e incrementando su rentabilidad, factores que sin duda han coadyuvado a enfrentar los retos generados por el Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN).

Localizado al sur de la entidad, entre los municipios de Cajeme, Bápum, San Ignacio Río Muerto, Benito Juárez, Etchojoa y Navojoa, el Distrito de Riego 041 vivió un momento crucial cuando a partir del decreto de 1992, los agricultores del Valle del Yaqui aceptaron el reto de administrar y operar sus tierras de labor, para lo cual constituyeron el Distrito de Riego del Río Yaqui, S de RL de IP de CV. En las décadas anteriores, la mayor parte de la superficie sembrada estaba destinada a la producción de granos y oleaginosas, gracias a lo cual la región se ganó el título de “granero de México”, que aún ostenta. Actualmente su producción se ha diversificado hacia la siembra de hortalizas a campo abierto y en invernaderos, así como de cítricos. Por otra parte, también se considera a Sonora como uno de los principales productores de uva de alta calidad en el país, de tal manera que 90 por ciento de la cosecha se exporta a países como Estados Unidos de América, Canadá, Inglaterra, Alemania, China y Malasia, entre otros. Gracias a la alta tecnificación de los viñedos, en 2008 se generaron cerca de veinte millones de cajas de 8 kilogramos de producto en localidades como Estación Pesqueira, Carbó, Caborca y Costa de Hermosillo.



Vista de un canal de salida de la presa Álvaro Obregón “Oviachic”.





Reservorio para riego tecnificado en Estación Pesqueira.

Ubicado en la región centro de Sonora, el municipio de San Miguel de Horcasitas, integrado en total por 74 poblados, tiene entre sus principales localidades a Estación Pesqueira, El Torreón, Pueblo Nuevo, La Fábrica de los Ángeles y San Miguel de Horcasitas, las cuales han destacado a nivel internacional por la calidad de sus uvas.

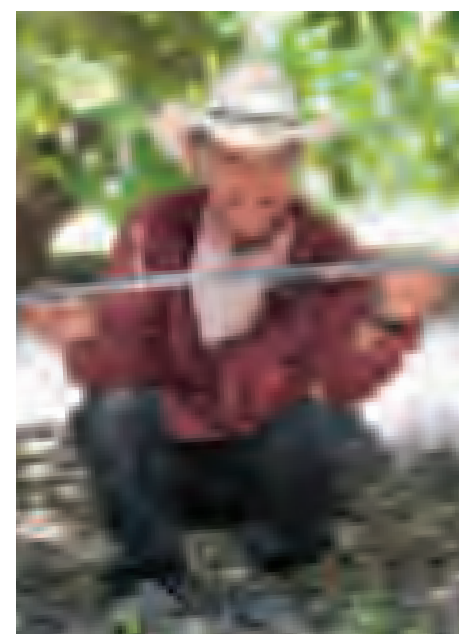
Durante las primeras décadas del siglo XX, la agricultura de temporal propició el crecimiento demográfico de la demarcación, al igual que el de la industria, el comercio y, particularmente, de Estación Pesqueira. En la actualidad, la siembra de uva de mesa es la principal actividad en dicha localidad, la cual comenzó en la década de los setenta del siglo XX y hoy día ha logrado un alto valor económico a la par que ha detonado la generación de empleo. Irrigada sobre todo por el arroyo El Zanjón, afluente del río San Miguel, en tiempo de lluvias aprovecha un importante gasto proveniente de la precipitación pluvial. Como consecuencia de su calidad, la vid comenzó a exportarse al vecino país del norte, lo que motivó que su cultivo se extendiera. Durante los últimos años, Estación Pesqueira ha logrado destacar a escala mundial, sumando a más países europeos como destino de sus exportaciones.



Cultivo de viñedos con tecnología de microgoteo.



Muestra del equipamiento y electrificación de un pozo.



Distrito de Riego 011 Alto Río Lerma

Alimentado por el sistema de presas de Tepuxtepec y Solís, así como por la laguna de Yuriria, con sus 112 670 hectáreas de superficie, el Distrito de Riego 011 Alto Río Lerma es considerado el de mayor extensión en la Región Centro del País (RCP). En la actualidad está conformado por 11 módulos, constituidos por el mismo número de asociaciones civiles de usuarios del estado de Guanajuato, los cuales entregan volúmenes superficiales del propio sistema al módulo Pastor Ortiz del vecino Distrito de Riego 087 Rosario-Mezquite en el estado de Michoacán.

Entre los 11 módulos referidos se encuentra el denominado La Purísima, que de forma independiente es alimentado por la presa del mismo nombre, ubicada en el municipio de Guanajuato.

El Distrito de Riego 011 se encuentra localizado entre los municipios de Acámbaro, Salvatierra, Santiago Maravatío, Yuriria, Jaral del Progreso, Valle de Santiago, Cortázar, Villagrán, Irapuato, Abasolo, Huanímaro, Pueblo Nuevo, Guanajuato, Salamanca, Pénjamo, Silao y Tarimoro en Guanajuato, así como el de José Sixto Verduzco en Michoacán.

Como parte del Programa de Modernización de los Distritos de Riego del país, en 2013 seguía en proceso el Proyecto de Modernización, Automatización y Tecnificación del Módulo de Riego Presa La Purísima, el cual considera la tecnificación de 3 830 hectáreas mediante un sistema de riego presurizado, así como la instalación de 72 kilómetros de tubería. Con estas obras se busca incrementar la eficiencia en el uso de agua de 50 a 80 por ciento, aumentar a 95 por ciento la conducción parcelaria y a 84 por ciento el grado de eficiencia en los sembradíos, con lo cual los productores de la región incrementarán la productividad y rentabilidad de sus cultivos.

Además, se pretende que los agricultores logren ahorrar un significativo volumen del recurso vital para destinarlo al uso público-urbano del municipio de Irapuato, reduciendo así la sobreexplotación del acuífero Irapuato-Valle al dejar de extraerse 10 hectómetros cúbicos al año. El proyecto de modernización citado forma parte de la estrategia implementada por la CONAGUA, en coordinación con el gobierno estatal y los productores agrícolas, a efecto de lograr un uso más eficiente del recurso en la agricultura de la cuenca Lerma-Chapala.



Vertedor de aguja de la presa Solís.



Presa La Purísima. Construida en 1979, cuenta con una capacidad de 110 hectómetros cúbicos.



Presa derivadora Lomo de Toro, aguas abajo de la presa Solís.

Localizada a 59 kilómetros aguas abajo de la presa Solís, en el municipio de Salvatierra y en el lindero con Jaral del Progreso, Guanajuato, la presa derivadora Lomo de Toro, que cuenta con un canal con capacidad de conducción de 227 metros cúbicos por segundo, es considerada la mayor y más notable estructura de derivación y regulación de las corrientes superficiales del Distrito de Riego 011 Alto Río Lerma, así como el corazón del sistema de aprovechamiento referido.

Su valía radica también en su potencial para regular y controlar las avenidas durante la temporada de lluvias, principalmente a través de la derivación de los caudales hacia la laguna de Yuriria, con lo cual se evitan afectaciones por inundación tanto entre la población como en áreas de cultivo.



Módulo de riego La Purísima.

Distrito de Riego 017
Región Lagunera

Una de las zonas agrícolas más extensas del país es sin duda el Distrito de Riego 017 Región Lagunera, ya que abarca 223 632 hectáreas entre los estados de Durango y Coahuila. Divididos en 20 módulos, sus 33 328 propietarios se encuentran organizados en asociaciones civiles de usuarios. Aun cuando se asienta en una región seca y desértica, registra una superficie de cultivo inscrita de 190 447 hectáreas, de las cuales ciento cinco mil componen el área máxima irrigable y sólo noventa y seis mil de ellas conforman la superficie normal máxima de riego, aunque ésta varía cada año en función de la disponibilidad del recurso.

El agua para la irrigación del campo proviene de los ríos Aguanaval y Nazas, siendo este último el que aporta el mayor caudal. Junto con los embalses Lázaro Cárdenas “El Palmito” y Francisco Zarco, que cuentan con una capacidad total de almacenamiento de 4 438 y 436 hectómetros cúbicos, respectivamente, el Distrito se alimenta de 40 presas derivadoras mediante 655 kilómetros de canales principales y 1 778 secundarios.

Por caracterizarse como una región donde el agua no abunda, el suministro es manejado por la propia CONAGUA, organismo que también tiene a su cargo el mantenimiento y operación de las presas y canales principales, mientras que los usuarios controlan el manejo de los canales secundarios hasta la parcela a nivel de toma granja.

El Distrito de Riego 017 ha puesto en marcha diversos proyectos para alcanzar un mejor uso y aprovechamiento del agua, entre ellos la construcción de un tanque de almacenamiento de alta capacidad para recibir caudales por gravedad, con el objetivo de administrarlos de manera más eficiente y utilizarlos en los cultivos más rentables acordes a las características de la región, por ejemplo el algodón, forrajes, hortalizas y perennes, entre otros.



Vista del río Nazas (Durango).



Vista de un canal revestido en la región del río Nazas (Durango).



Vista de la presa Lázaro Cárdenas “El Palmito” (Durango).



Vista de la presa Francisco Zarco (Coahuila).



Muestra de acolchado para la cosecha de chile (Coahuila).



Muestra del equipamiento de un pozo (Coahuila).

Distrito de Riego 005 Delicias

Localizado en la Mesa del Norte, en la zona centro-sureste del estado de Chihuahua, en la cuenca del río Conchos, el Distrito de Riego 005 Delicias abarca parcial o totalmente los municipios de Camargo, La Cruz, Saucillo, Delicias, Rosales, Meoqui y Julimes. Cuenta con 73 002 hectáreas de extensión y es considerado uno de los principales del país por los servicios de riego que aporta a diversas áreas de cultivo, trabajadas por 8 113 productores agrícolas organizados en 10 módulos de riego y en dos sociedades de responsabilidad limitada. Cuenta con una infraestructura conformada por presas de contención y derivadoras, canales y redes de distribución secundaria y de drenaje; se nutre de las presas Francisco I. Madero “Las Vírgenes” y La Boquilla.

A pesar de su importancia, el Distrito de Riego 005 se sumió en el atraso debido al deterioro de su infraestructura, sumado esto a la aplicación de técnicas ineficientes de riego y de siembra, así como a la escasa o nula tecnificación, agravado todo por sequías prolongadas y la necesidad de cumplir con el convenio contraído por México con el vecino país del norte a raíz de la firma del Tratado de Límites y Aguas de 1944. Para enfrentar tales retos, el Gobierno de la República instrumentó el Programa de Modernización y Tecnificación del Distrito de Riego 005 Delicias. De este modo, mediante una inversión conjunta del Banco de Desarrollo de América del Norte (BDAN), la CONAGUA y el Fondo de Inversión para la Conservación del Agua (FICA), fueron modernizados los sistemas de irrigación parcelaria, se actualizaron las técnicas para lograr cultivos de alta calidad y mejorar los rendimientos por hectárea, y se implementaron programas de capacitación y tecnificación, logrando con ello que el Distrito registrara importantes beneficios económicos, ambientales y sociales, y contribuyera a dar cumplimiento a las entregas de agua establecidas en el Tratado de 1944.



Vista de la presa La Boquilla.



Vista del canal principal del río Conchos.



Vista de la presa Francisco I. Madero "Las Vírgenes", construida en 1949 para aprovechar al río San Pedro.



Campos tecnificados de sorgo.



Cultivos de maíz con sistema de riego.

Distrito de Riego 025 Bajo Río Bravo

Ubicado en la Subregión Hidrológica Núm. 24 Oriente Bajo Río Bravo y abarcando parte de los municipios de Reynosa, Río Bravo, Matamoros y Valle Hermoso en el estado de Tamaulipas, el Distrito de Riego 025 Bajo Río Bravo fue establecido mediante Decreto Presidencial de fecha 17 de julio de 1942. Aprovecha el agua de propiedad mexicana proveniente de los escurrimientos del río Bravo, almacenada en las presas internacionales La Amistad y Falcón.

El Distrito de Riego 025 fue transferido desde 1993 a nueve asociaciones civiles de usuarios que tienen concesionado un volumen anual de 1 183.7 hectómetros cúbicos, para irrigar 201 136 hectáreas; para ello se cuenta con 2 234.6 kilómetros de canales principales y secundarios, 3 365.2 kilómetros de drenes y 3 399.3 kilómetros de caminos.

En 97 por ciento de la superficie se cultiva principalmente sorgo y maíz, que producen anualmente novecientas mil toneladas de granos, con el potencial de incrementar dicho volumen en 40 por ciento, si se invierten recursos económicos para disminuir factores adversos mediante la tecnificación del riego parcelario, el revestimiento de concreto de los canales de riego y la nivelación de tierras, que permitirían alcanzar la sustentabilidad en el uso del recurso, meta fundamental del Distrito de Riego 025 y del país.

Distrito de Riego 026 Bajo Río San Juan

Situado en la Región Hidrológica Núm. 24 que corresponde a la cuenca del río Bravo, el Distrito de Riego 026 Bajo Río San Juan se caracteriza por contar con las obras más importantes del país en cuanto a infraestructura de irrigación y abasto de agua para el campo. Abarca los municipios de Mier, Miguel Alemán, Camargo, Gustavo Díaz Ordaz y Río Bravo al norte del estado de Tamaulipas, y se encuentra integrado por cinco unidades, tres de las cuales son irrigadas por la presa Marte R. Gómez y las dos restantes por bombeos directos del río Bravo.

El Distrito de Riego 026 fue creado por Acuerdo Presidencial de fecha 7 de febrero de 1939, publicado en el *Diario Oficial de la Federación* (DOF) el 29 de abril del mismo año. Su operación inició en 1943 y la transferencia a los productores se realizó en noviembre de 1992, constituyéndose 13 asociaciones civiles de usuarios.

La infraestructura del Distrito está conformada por 1 082 kilómetros de canales principales y secundarios, 1 261 kilómetros de drenes, 1 470 kilómetros de caminos de operación, 7 304 estructuras de control, dos plantas de bombeo y 204 equipos de bombeo particulares.

Se tiene un volumen de agua concesionado a nivel punto de control de 464 hectómetros cúbicos para el riego de 73 360 hectáreas, donde se siembran principalmente maíz, sorgo grano, algodón y hortalizas en beneficio a 3 944 usuarios.

En 2005 se elaboró el Plan Director para la Modernización Integral del Distrito de Riego, el cual establece como objetivo para su rehabilitación un aumento de la eficiencia en el uso del recurso y el mejoramiento de las técnicas de riego, a efecto de elevar la eficiencia global a 47 por ciento y, mediante el ahorro alcanzado, incrementar 33 por ciento, la producción de maíz, sorgo grano y algodón.

Distrito de Riego 030 Valsequillo

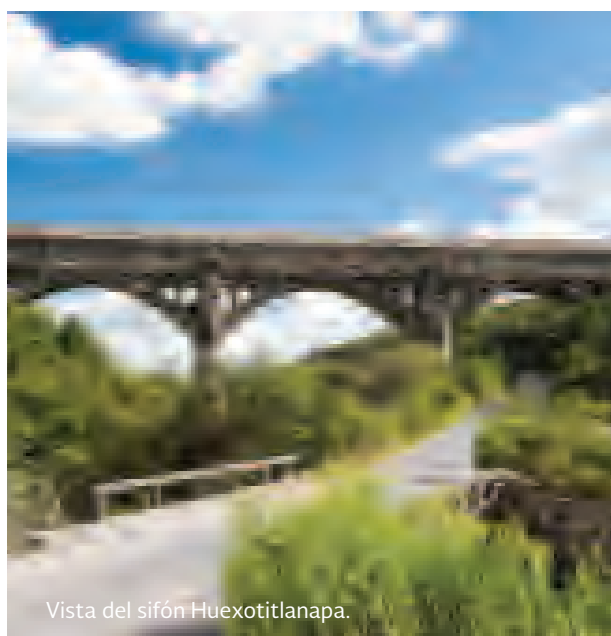
Es la principal zona agrícola del estado de Puebla, cuya fuente de abastecimiento, la presa Manuel Ávila Camacho, llamada también “Lago Valsequillo” o “Balcón del Diablo”, fue construida en 1944 con una capacidad inicial de almacenamiento de 471 hectómetros cúbicos. Cuenta con un canal principal que fue planeado para conducir en su inicio 50 metros cúbicos por segundo, y en su infraestructura hidroagrícola destaca por su diseño arquitectónico el sifón Huexotitlanapa.

A través del Programa de Rehabilitación y Modernización de Distritos de Riego, en los últimos años la CONAGUA ha logrado revestir de concreto 100 por ciento del canal principal, así como modernizar una parte importante de los canales laterales, con lo cual se ha conseguido recuperar volúmenes significativos del recurso vital, así como registrar mayores rendimientos en los cultivos.

El Distrito de Riego 030 Valsequillo abarca 18 municipios de la zona centro-oriente de Puebla, con una superficie dominada de 33 820 hectáreas y 15 591 usuarios (58 por ciento de pequeños propietarios y 42 por ciento del sector ejidal), donde se cultiva principalmente maíz, alfalfa, frijol y sorgo.



Vista de la presa Manuel Ávila Camacho “Lago Valsequillo” o “Balcón del Diablo”.



Vista del sifón Huexotitlanapa.



Vista del canal represa del sistema de riego.

Distrito de Riego 093 Tomatlán

En este emblemático Distrito de Riego, que comprende el municipio de Tomatlán, en Jalisco, existen dos asociaciones civiles de usuarios: la del Módulo I Tomatlán, que cuenta con una superficie de 20 379 hectáreas y beneficia a 2 490 familias; así como la del Módulo II San Rafael, que registra una extensión de 5 218 hectáreas y favorece a 597 familias, la mayor parte del sector ejidal.

El suministro del líquido vital en el Distrito de Riego 093 se realiza a través de la presa Cajón de Peña, cuya capacidad de embalse es de 707 hectómetros cúbicos, de los cuales 360 hectómetros cúbicos corresponden al volumen útil, 292 hectómetros cúbicos a la capacidad de conservación y 55 hectómetros cúbicos al volumen muerto.

Localizada a 13 kilómetros al noroeste de la cabecera municipal de Tomatlán, en la costa norte de la Entidad, la presa Cajón de Peña, construida entre 1974 y 1976, tiene una superficie de 3 006 hectáreas. Por su parte, el embalse también conocido como “Tomatlán” o “El Tule”, fue construido para el consumo público-urbano, el control de avenidas y el riego de 25 597 hectáreas dominadas. Actualmente, la presa también constituye un sitio turístico y centro de pesca comercial y deportiva de especies como tilapia, lobina, langostino y algunos caracoles de agua dulce de mucho interés en el mundo gastronómico por su exquisito sabor y difícil reproducción, porque sólo se encuentran en la presa Cajón de Peña y en la laguna de Catemaco, en Veracruz.

En cuanto a los sembradíos registrados en la región durante el ciclo otoño-invierno, en la zona de riego y la franja costera recientemente se ha incrementado el cultivo de frutas y hortalizas, entre ellas 550 hectáreas de sandía con una producción de 22 mil toneladas y 380 hectáreas de tomate cáscara con un rendimiento de 3 420 toneladas. Asimismo, se ha intensificado el cultivo de piña en una superficie de 320 hectáreas y un rendimiento de 22 400 toneladas de óptima calidad.



Vista de la presa Cajón de Peña, también conocida como “Tomatlán” o “El Tule”.



Canales revestidos y ejemplos de tecnificación en la región de Tomatlán.



Distrito de Riego 094 Jalisco Sur

Se encuentra conformado por tres módulos entre los cuales destaca el Módulo de Riego 1 Autlán-El Grullo, ubicado en los municipios de Autlán de Grana, El Grullo y El Limón, que se compone de 2 632 usuarios y una superficie de riego de 16 212 hectáreas, la cual es abastecida por el Sistema Tacotán-Trigomil, que registra una capacidad de conservación de 399.300 hectómetros cúbicos, donde la presa Trigomil aporta 250.100 hectómetros cúbicos y la presa Tacotán proporciona 149.200 hectómetros cúbicos.

Por su parte, ubicado en los municipios de Acatlán de Juárez y Villa Corona, el Módulo de Riego 2 Acatlán de Juárez está conformado por 604 usuarios y una superficie de riego de 2 262 hectáreas, la cual es abastecida por la presa Hurtado, con una capacidad de 22.624 hectómetros cúbicos y por 12 pozos profundos particulares de los que se extraen 4.060 hectómetros cúbicos. Finalmente, el Módulo de Riego 3 Amatlán, asentado en el municipio de Sayula, está compuesto por 550 usuarios y una superficie de riego de 3 209 hectáreas, la cual es abastecida por 0.790 hectómetros cúbicos de los manantiales Carrizal y Tamaliagua, así como por 3.300 hectómetros cúbicos provenientes de 29 pozos profundos particulares.

En relación con su infraestructura hidráulica, el Distrito de Riego 094 cuenta con 2 522 kilómetros de canales revestidos, 384.9 de canales entubados, además de 259.8 kilómetros de caminos y 1.240 de drenes. Respecto de su contexto agrícola, es importante destacar que se siembran y cosechan 10 066 hectáreas de caña de azúcar, 633 de pastos, 374 de maíz grano, 234 de agave, así como 373 de pepino, chile y tomate, entre otros.

Con el objetivo de consolidar y ampliar el Distrito de Riego 094 Jalisco Sur además de controlar las avenidas del río Ayuquilla, fue construida entre



Vista de la presa General Ramón Corona Madrigal "Trigomil".

1985 y 1993 la presa General Ramón Corona Madrigal "Trigomil" en el municipio de Unión de Tula, entre las presas Tacotán y la derivadora El Corcovado. La presa "Trigomil" fue diseñada para almacenar 250.1 hectómetros cúbicos y aprovechar los escurrimientos de los ríos Ayuquilla, San Antonio y Ayutla.



Vista de la presa Tacotán.



Tecnificación para las actividades agrícolas en la región de El Grullo.



En este sentido, la presa Tacotán, que entró en operación en 1958, se localiza al noroeste del municipio de Unión de Tula, sobre el río Ayuquilla. Fue construida para consolidar y ampliar el Distrito de Riego 094 Jalisco Sur, aprovechando el caudal del afluente referido a efecto de irrigar una superficie de cultivo de 18 284 hectáreas del Módulo de Riego 1 Autlán-El Grullo. Junto con la presa “Trigomil”, forma parte de un sistema conjunto de almacenamiento.

La presa Tacotán cuenta con una capacidad de conservación de 149.200 hectómetros cúbicos y una cortina de 68.5 metros de altura. Un elemento que la hace más llamativa ocurre cuando llega a su máxima capacidad el agua supera los límites del vertedor, bajando por una pendiente rocosa con singular fuerza y un sonido similar al que genera una cascada en la naturaleza. Además, durante todo el año se realizan actividades recreativas y familiares como paseos en canoas y *kayak*, además de la observación de la flora y fauna del lugar.

Distrito de Riego 066 Santo Domingo

Considerado como el principal centro de producción agropecuaria del estado de Baja California Sur, en el municipio de Comondú se encuentra el Distrito de Riego 066 Santo Domingo, creado en 1949 con el objetivo de poblar una región que sería dedicada a la producción agrícola y que hoy día destaca como una de las más avanzadas del país.

El Distrito de Riego 066 abarca una superficie de 72 486 hectáreas, de las cuales 63 064 pertenecen a pequeños propietarios y 9 422 a ejidatarios. En la actualidad, la superficie de siembra en promedio es de treinta mil hectáreas, destinadas la mayor parte a garbanzo, trigo, frutales, forrajes y espárrago.

Sin embargo, en esta región, donde se comenzaron a registrar graves dificultades por la sobreexplotación a que fue sometido el acuífero por más de 50 años, actualmente el 94 por ciento del caudal extraído mediante 704 pozos profundos se destina al uso agrícola y el resto a otros usos. Conscientes de tal situación, los 1 354 usuarios del Distrito de Riego 066 optaron por crear y fomentar una cultura del agua que preserve el equilibrio ecológico y, sobre todo, impulse la recuperación del acuífero. En este sentido, las autoridades estatales y federales elaboraron un proyecto integral de conservación y restauración de suelos, de captación de agua de lluvia, de modernización de equipos de bombeo y tecnificación de los sistemas de riego, que ha sido puesto en marcha durante los últimos 12 años.

Entre las primeras medidas que fueron tomadas cabe señalar la cancelación de todos los pozos irregulares, el paro del bombeo anual de la totalidad de los pozos para medir sus niveles estáticos, la identificación de todos los aprovechamientos, la aplicación de un programa de adecuación de derechos de agua, el redimensionamiento y pronóstico del riego en tiempo real, así como la tecnificación mediante la introducción de sistemas de riego presurizados. Gracias a estas medidas, actualmente se ha tecnificado un 56 por ciento de la superficie de riego, incluidos los denominados casasombras e invernaderos.

Por todo lo anterior, el Distrito de Riego 066 Santo Domingo es considerado a nivel nacional, incluso por los propios usuarios, como un ejemplo de recuperación del acuífero.



Muestra del equipamiento y electrificación de un pozo.



Ejemplo de invernadero de cristal en el rancho La Misión, Mulegé.



Riego tecnificado de sorgo en Valle de Santo Domingo.

Distrito de Riego 034 Estado de Zacatecas

Este notable Distrito de Riego se distingue por contar con una de las mayores áreas compactas modernizadas y tecnificadas en el país, que posibilitan que los productores dispongan de tomas parcelarias, conozcan de antemano los requerimientos de agua y de nutrientes por cultivo, puedan irrigar mediante sistemas presurizados y racionalicen lo más posible los volúmenes de agua almacenados en la presa Gobernador Leobardo Reynoso “Trujillo”. Gracias a este embalse se riegan 4 667 hectáreas, cuya producción sostiene a 671 familias.

Entre otras secciones, el Distrito de Riego 034 está conformado por seis módulos que cubren 15 por ciento de la superficie de riego estatal; además de las siguientes cuatro unidades de riego: El Chique-Tayahua, que recibe el caudal de las presas de almacenamiento El Chique e Ing. Julián Adame Alatorre; El Tlaltenango, que se abastece del embalse Miguel Alemán; La Trujillo-Santa Rosa, que se irriga con el caudal de la presa Gobernador Leobardo Reynoso “Trujillo”; y Santa Rosa-El Cazadero, cuyos cultivos se nutren de un vaso con capacidad al NAMO de 26.847 hectómetros cúbicos. Por su parte, la presa Ing. Julián Adame Alatorre, ubicada en la comunidad de Tayahua del municipio de Villanueva, abarca una superficie de 2 588.82 hectáreas y cuenta con una capacidad de almacenamiento al NAMO de 34.477 hectómetros cúbicos.

Como parte del programa de inversión en equipo e infraestructura que tiene el objetivo de desarrollar proyectos de inocuidad, sanidad, infraestructura, combate al lirio acuático, ordenamiento y capacitación pesquera, se ha detectado que la acuicultura además de contribuir al desarrollo rural, favorecer el cuidado, protección y conservación de dichos cuerpos de agua, representa una alternativa laboral y productiva para los habitantes de la región.



Vista de la presa Gobernador Leobardo Reynoso “Trujillo”.



Presa Ing. Julián Adame Alatorre.



Vista de la presa El Chique.

Integrante desde 1958 de las siete presas que conforman el Distrito de Riego 034, la presa El Chique se levanta en la región de Los Cañones, sobre el río Juchipila, al sur de Zacatecas y muy cerca de Aguascalientes, área donde se registran las mayores precipitaciones de la región.

Junto con sus múltiples afluentes, el río Juchipila irriga esa comarca, contribuyendo a la existencia de grandes y pequeñas obras de captación que hacen posible la agricultura de la zona. Diseñado para irrigar 2 880 hectáreas de cultivos de 835 productores, el embalse cuenta con una capacidad de almacenamiento al NAMO de 139.954 hectómetros cúbicos, y es considerado la obra más relevante del Proyecto de Desarrollo Regional del Río Juchipila, que sustenta el desarrollo agropecuario de siete municipios del sur de la Entidad en torno a sus productores de frutales, hortalizas y forrajes. Desde que comenzó a operar, la presa jamás había registrado una acumulación superior a cuarenta por ciento de su capacidad, hasta que el 23 de septiembre de 2003 comenzó a verter agua por encima de su esbelta cortina de 27 metros de longitud y 79.98 de altura, luego de realizarse trabajos para sobreelevarla y aumentar su capacidad de almacenamiento en 1994.



Reservorio para riego tecnificado en el rancho La Cascarona.

El rancho La Cascarona, un ejemplo de la nueva cultura de los productores zacatecanos, se localiza en una región donde la precipitación media anual es de 445 milímetros.

Produce y exporta hortalizas y granos y da empleo a un importante número de personas, tanto del Estado como de fuera de éste. Propiedad de un agricultor innovador, el rancho cuenta con sistemas modernos de extracción, conducción y riego parcelario, logrando con ello eficiencias globales de más de noventa y siete por ciento. Casos de éxito como éste, son de gran relevancia para un Estado como Zacatecas, que se caracteriza por una escasez del recurso en la mayor parte de su territorio. Por ello, la CONAGUA promueve el uso eficiente del agua, mediante la sustitución de 5 mil equipos electromecánicos y la renovación de los canales de conducción.



Cultivos con riego por cintilla en el rancho La Cascarona.

Distrito de Riego 001 Pabellón

El Distrito de Riego 001 Pabellón fue el primero creado en el país y el primero que contará con infraestructura de riego tecnificada a nivel de parcela, por lo cual es el sistema pionero de la infraestructura hidráulica para el campo en México. Cuenta con una superficie dominada de 14 635 hectáreas, abarcando parte de los municipios de Tepezalá, Pabellón de Arteaga y Rincón de Romos. Se ubica en la parte centro-norte del estado de Aguascalientes dentro de la Región Hidrológica Núm. 12 denominada “Lerma-Santiago”.

Como parte de su infraestructura de riego, en 1931 fue concluida la construcción sobre el río Santiago de la presa Plutarco Elías Calles, la cual cuenta con una capacidad de almacenamiento de 340 hectómetros cúbicos. A este embalse se suma la presa Pabellón o Potrerillos –que deriva el caudal de la propia Elías Calles y de la presa Jocoqui, desde donde se abastecen las zonas de riego–, formando los tres embalses lo que se conoce como “obras de cabeza” del sistema, con los cuales se edificó una red de distribución, que comprende 128.1 kilómetros de canales, 209 kilómetros de caminos de operación y servicio, 535 estructuras de control, protección y medición, así como 187 pozos profundos. De 2005 a la fecha se han diseñado planes de rehabilitación, tecnificación y modernización del Distrito de Riego 001, dirigidos a evitar los desperdicios del vital líquido. En este sentido, se implementó el Proyecto Integral “Llave en Mano”, con el objetivo de entubar totalmente el sistema de riego del Distrito, para evitar desperdicios cuando es conducido por gravedad desde la presa Plutarco Elías Calles hasta la zona agrícola. Sus principales cultivos son avena, sorgo, alfalfa, maíz forrajero y, en menor medida, hortalizas.

Presa Plutarco Elías Calles

Este embalse fue el primero que construyó la Comisión Nacional de Irrigación (CNI), entre 1926 y 1931, al iniciar su programa de obras de riego en el país. Se ubica a 30 kilómetros al noroeste de la ciudad de Aguascalientes, en el municipio de San José de Gracia. Cuenta con una capacidad de almacenamiento de 340 hectómetros cúbicos, capta el afluente de los ríos Santiago y Pabellón, así como los provenientes de la presa Pabellón o Potrerillos y, en coordinación con la presa Jocoqui, situada aguas abajo, abastecen al Distrito de Riego 001 Pabellón. Su cortina tiene una altura de 67 metros y una longitud de 280 metros.





Vista de la presa Plutarco Elías Calles.

Presa Pabellón o Potrerillos

Localizada sobre el río Pabellón, en el municipio de San José de Gracia, fue construida entre 1930 y 1931, y cuenta con la capacidad para almacenar hasta 2.038 hectómetros cúbicos en una cuenca de 313 kilómetros cuadrados. Su embalse tiene como propósito derivar el recurso obtenido del río Pabellón hacia la presa Plutarco Elías Calles mediante el llamado túnel de Potrerillos.

Presa 50 Aniversario

Ubicada en la demarcación de San José de Gracia, 9 kilómetros aguas arriba de la cortina de la presa Plutarco Elías Calles, sobre el cauce del río Blanco, fue construida en 1976 y diseñada para almacenar hasta cuatro hectómetros cúbicos. Su cortina es de mampostería y concreto simple, con una altura de 40.2 metros y 117 de longitud. Sus aguas riegan 400 hectáreas de maíz en beneficio de 314 agricultores.



Vista de la presa Pabellón o Potrerillos.



Vista de la presa 50 Aniversario.



Sistemas de filtrado de la presa derivadora Jocoqui.

Presa derivadora Jocoqui

Construida entre 1928 y 1929, fue diseñada para almacenar un caudal de 10.975 hectómetros cúbicos y conducir los caudales provenientes de la presa Plutarco Elías Calles para ser utilizados en la irrigación de tierras de cultivo.

Distrito de Riego 056 Atoyac-Zahuapan

Constituido entre 1940 y 1947, el Distrito de Riego 056 Atoyac-Zahuapan se encuentra ubicado en la parte norte y suroeste de Tlaxcala y al oriente del municipio poblano de San Martín Texmelucan, comprendiendo 29 localidades de 12 municipios. Abarca una superficie de 4 246 hectáreas y, de acuerdo con el padrón de usuarios, existen 7 658 usufructuarios distribuidos en cinco módulos, siendo sus principales fuentes de abastecimiento la presa Atlangatepec, con una capacidad de 54 hectómetros cúbicos, además de cuatro embalses que derivan de los ríos Atoyac, Zahuapan y Acotzala.

En los últimos años se ha puesto énfasis en trabajos de limpia, deshierbe y desazolve de 185 kilómetros de canales, para lograr un pleno aprovechamiento de los drenes y vías de conducción, así como de un uso más eficiente del agua. De este modo se pretende continuar con la siembra de los cultivos autorizados, principalmente maíz y forrajes, lo cual ha requerido la entrega 23 hectómetros cúbicos de agua en bloque para los usuarios mencionados.



Ejemplares unidades de riego



Unidad de Riego Sanpahuix

En la década de los noventa del siglo XX, la CONAGUA implementó diversos programas de uso eficiente del agua, energía y uso pleno de la infraestructura hidroagrícola, los cuales fueron fusionados en 2009 en el Programa de Modernización y Tecnificación de Unidades de Riego (MOTUR), encaminado a mejorar la operación y eficiencia de este tipo de unidad mediante la introducción de sistemas de riego por aspersión y goteo en cultivos como alfalfa, maíz, frijol y tomate.

Conformada por mil doscientas familias aproximadamente, el Grupo de Unidades de Riego Sanpahuix, S de RL de IP de CV, está asentado en suelos donde no se registran problemas importantes que afecten su producción, debido a que cuentan con una buena profundidad para el área radicular de los cultivos que se establecen, además de registrar en las parcelas un grado mínimo de salinidad.

Ubicado en la comunidad de San Pablo Huixtepec, en el municipio oaxaqueño del mismo nombre, cuenta con una superficie total de mil hectáreas con riego de alta presión, así como 20 de invernadero, en la cual se cosecha jitomate *saladet* y *herlum* con un rendimiento de 165 toneladas por hectárea.

Unidad de Riego Asociación 20 de Julio

Las obras de rehabilitación del Distrito de Riego 014 Río Colorado han transformado la fisonomía del Valle de Mexicali, Baja California, haciendo posible un mejor aprovechamiento del recurso vital, evitando el desperdicio por filtración, conducción y evaporización, permitiendo su distribución planificada entre los usuarios.

Las obras incluyeron la rehabilitación de 1 378 kilómetros de caminos revestidos que bordean los canales, el revestimiento de 1 850 kilómetros de canales y de 1 515 kilómetros de drenes, por donde corren 1 850 hectómetros cúbicos de agua provenientes del río Colorado, abasto que se complementa con los más de mil hectómetros cúbicos que son extraídos de 713 pozos, que en total riegan 207 965 hectáreas.

Con respecto a la Asociación 20 de Julio, S de RL, integrada por productores-usuarios de pozos particulares que se dedican al cultivo de nopal utilizando el macrotúnel con rendimientos hasta cuatro veces superiores en invierno que en verano, preocupados por optimizar el uso del agua se unieron al Programa Promoción por la Organización Empresarial de Unidades de Riego (PROEUR), puesto en marcha por la CONAGUA con el objetivo de lograr un manejo eficiente, así como fomentar entre ellos una visión empresarial para que obtengan mejores ingresos y logren un mayor rendimiento de sus tierras.

Ubicada en la comunidad Oribe de Alba en el Valle de Mexicali, la Asociación 20 de Julio cuenta con cinco pozos para el riego de una superficie de 300 hectáreas. Actualmente trabajan en la primera etapa de un proyecto para hacer más eficiente la producción nopalera, que consiste en la instalación de multitúneles en un área de ocho hectáreas, los cuales ya han sido emplazados en dos hectáreas.





Presa binacional derivadora José María Morelos y Pavón

Ubicada sobre el cauce del río Colorado, en el poblado de Los Algodones, Baja California, esta presa derivadora es considerada la obra binacional de mayor relevancia debido a que fue la primera construida al amparo del Tratado de Aguas de 1944, el cual, suscrito por México y Estados Unidos de América, estipula la administración conjunta de los cauces de los ríos Bravo y Colorado, bajo la supervisión de la Comisión Internacional de Límites y Aguas (CILA).

Inaugurada el 23 de septiembre de 1950, el embalse tiene como función la regulación y distribución del recurso procedente del río Colorado, que es entregado a nuestro país de acuerdo con dicho convenio. Cabe señalar que de los 21 500 hectómetros cúbicos que dicho cauce conduce anualmente, de acuerdo con lo convenido sólo nos corresponden 1 850 hectómetros cúbicos. Su operación y mantenimiento está a cargo del gobierno mexicano a través de la CONAGUA, pero de acuerdo con el Acta Núm. 197 del Tratado de 1944, dichas tareas son supervisadas por la CILA. Diseñada para realizar una descarga máxima de 9 900 metros cúbicos por segundo, el recurso de la presa permite irrigar doscientas mil hectáreas de los valles de Mexicali y San Luis Río Colorado, además de abastecer a las ciudades de Mexicali, Tecate, Tijuana y Rosarito.



Presa binacional derivadora José María Morelos y Pavón (ARRIBA).

En el represo kilómetro 27+016 (ABAJO) se ubica la unidad de hidrometría, centro de operaciones de la infraestructura hidráulica de las obras de cabeza del Distrito de Riego 014 Río Colorado. En esta instalación se controlan los caudales destinados a diferentes usos que se entregan en las márgenes derecha e izquierda del río Colorado, además se mide el gasto que envía el vecino país del norte a la presa binacional derivadora José María Morelos y Pavón, que llega mediante el canal Reforma y Lindero Sur (canal Sánchez Mejorada). Esta instalación fue construida con fines de regulación y riego de ochenta mil hectáreas.

Unidad de Riego Suplementario Productores de Cantemó Parcela ZP-1

Ubicada en la carretera Miguel Colorado, en el entronque con el kilómetro 20 de la carretera federal Escárcega-Champotón, en el Estado de Campeche, esta unidad modelo ha recibido apoyo del Programa de Infraestructura de Temporal en su componente Riego Suplementario, el cual ha sido aprovechado para optimizar su sistema de riego por pivote central, en aproximadamente cincuenta hectáreas de cultivo de sorgo.



Unidad de Riego El Niágara

Ubicada en el municipio de Aguascalientes, esta unidad de riego utiliza como principal fuente de abastecimiento a la presa El Niágara. Organizados en una asociación civil, sus 222 integrantes están conformados por 190 ejidatarios y 32 pequeños propietarios, quienes siembran sobre todo alfalfa, pasto y maíz forrajero en un terreno de lomerío aprovechando el riego por gravedad.

La red de conducción y distribución de la zona de riego cuenta con 31.8 kilómetros de canales principales revestidos de concreto y/o mampostería, y de poco más de cincuenta kilómetros de líneas de conducción, laterales y sublaterales que anteriormente se encontraban en tierra y que han sido modernizados mediante su entubamiento. Cabe mencionar que en el km 2+000 del canal principal existe una planta de bombeo, que lo alimenta para que abastezca a la zona alta de la Unidad de Riego, integrada por un cuarto de control de motores, una subestación eléctrica, cuatro equipos de bombeo y una tubería de descarga, así como un tanque de distribución.

Debido a las prolongadas sequías y a la necesidad de alcanzar un óptimo aprovechamiento del recurso, a solicitud de los propios usuarios se inició en 2006 el proyecto de modernización de los equipos y, en 2009, comenzó el proyecto de modernización de la zona de riego mediante el entubamiento de los canales laterales y sublaterales, contando con una participación tripartita de los gobiernos Federal, estatal y los propios usuarios. En términos generales, el proyecto aprovecha la infraestructura de la presa El Niágara, la cual recibe las aguas tratadas en la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) Aguascalientes, generadas en la ciudad del mismo nombre, para que sean aprovechadas en el riego de esta zona.



Planta de bombeo de la UR El Niágara.



Unidad de Riego Suplementario Tabasquillo Olivos I y II

Esta zona de producción es considerada hoy ejemplo de tecnificación de la infraestructura hidroagrícola para la producción de banano. Ubicada en la población de Álvaro Obregón, ciudad de Mazatán, en el municipio de Tapachula, en el Estado de Chiapas, ha recibido importantes recursos del Programa K132 Riego Suplementario de la CONAGUA, a efecto de incorporar sistemas de riego de precisión que le permiten llevar a cabo un uso eficiente tanto del agua como de la energía eléctrica que consume.





Vista de líneas de conducción en el rancho San Antonio Choch (Buctotz), Yucatán.



Perforación, equipamiento y electrificación de pozo en el rancho San Antonio Choch (Buctotz).

Unidad de Riego Suplementario Las Tres Cruces

En la región de clima trópico húmedo de Yucatán existen diversos proyectos de temporal dedicados principalmente a la producción de hortalizas y frutales para consumo local, que requieren de apoyo de riego suplementario. Al respecto, con la participación del Gobierno de la República se ha implementado el Programa de Infraestructura Agrícola de Riego con el propósito de impulsar el uso eficiente del agua y aumentar la frontera agrícola en áreas de riego –sobre todo en épocas de estiaje, para no malograr los cultivos–. En este sentido, se ha establecido que 50 por ciento del costo de la obra sea aportado por los usuarios beneficiados y el restante por la CONAGUA.

Gran parte de los estímulos se dedica a la adquisición de infraestructura hidráulica, comprendiendo la perforación de pozos; la instalación de equipos de bombeo, subestaciones y líneas eléctricas; así como la construcción de una línea principal de conducción de agua. Entre las agrupaciones que han sido beneficiadas debe mencionarse a la Unidad de Riego Suplementario Las Tres Cruces, la cual abarca los municipios de Temax, Tetiz, Buctotz, Sudzal, Izamal, Tunkás, Tixkokob y Motul, en la cual se realizaron obras como la perforación de pozos; la construcción de obras de distribución y conducción de agua mediante tuberías de alta y baja presión; la instalación de líneas de conducción eléctrica y subestaciones de electricidad, así como la construcción de estructuras de control, medición, operación y protección.



Tubería presurizada para riego por microaspersión en la Unidad de Riego Pozo Chimay, Quintana Roo.

Unidad de Riego Pozo Chimay

Ubicada en la población de Candelaria, en el municipio de José María Morelos, la Unidad de Riego Pozo Chimay, SPR de RL fue una de las beneficiadas del Programa de Modernización y Tecnificación de Unidades de Riego, gracias a lo cual fueron instalados 888 metros de tubería en el canal principal, 1 422 metros en los canales secundarios, así como líneas regantes, accesorios y piezas especiales para instalar un sistema de riego por microaspersión en 30 hectáreas.

Actualmente se encuentra integrada por 17 socios y es considerada la Unidad de Riego más importante de Quintana Roo. Por otro lado, como parte del Programa PROEUR fue calendarizada la realización de cursos de capacitación durante cuatro años con el propósito de poner en práctica diversos mecanismos para brindar un uso eficiente del agua e incrementar sus índices de productividad. Gracias a los conocimientos alcanzados, los socios de la Unidad de Riego Pozo Chimay pueden adquirir hoy sus insumos al mayoreo, y cuentan con asesoría para mejorar su producción, invertir en nuevos mercados, instalar sistemas de riego tecnificados, rehabilitar sus pozos y manejar adecuadamente los equipos de bombeo. Cabe mencionar que en una superficie de 50 hectáreas cultivan principalmente papaya *maradol*, y debido al éxito de su rendimiento y comercialización, están en proceso de incorporación 16 hectáreas adicionales.



Perforación, equipamiento y electrificación de pozo en la UR Pozo Chimay.

Ejemplares distritos de temporal tecnificado



Perforación, equipamiento y electrificación de pozo en la unidad productiva San Francisco Boh Chen (Tizimín), Yucatán.

Distrito de Temporal Tecnificado 008 Oriente de Yucatán

Abarcando los municipios de Tizimín, Calotmul, Temozón, Chemax, Cantamayec y parte de Valladolid, el Distrito de Temporal Tecnificado (DTT) 008 Oriente de Yucatán tiene una extensión de casi seiscientos sesenta y siete mil hectáreas, y de acuerdo con los registros están inscritos un total de 25 021 productores agrícolas, la mayoría bajo el régimen ejidal. Comprende además la totalidad de las unidades de riego constituidas durante la ejecución del Programa de Desarrollo Rural Integrado del Trópico Húmedo (PRODERITH), que se hallaban dispersas en la región oriente de Yucatán.

En el afán de contrarrestar condiciones de atraso tecnológico, la CONAGUA ha aportado recursos para mejorar la producción agrícola –rubro que presenta serias limitantes debido al tipo y espesor del suelo, el exceso de piedras así como la resistencia a cambiar las técnicas ancestrales de cultivo—. En la actualidad, el DTT 008 es considerado ejemplo del Modelo de Organización Usuarios-Producción Agrícola Conservacionista, luego de llevarse a cabo el proceso de transferencia de infraestructura, maquinaria y equipo, así como recibir asesoría para el mejoramiento de sus tareas. Asimismo, ha avanzado en la autosuficiencia y capacidad de gestión, así como en el uso sustentable de los recursos naturales. Esto se observa principalmente en la comunidad Cholul, en el municipio de Cantamayec, lugar donde fue instalado un sistema de riego presurizado en 53 hectáreas de cultivo de pastos y frutales, mejorando con ello tanto el rendimiento de la producción como la eficiencia en el aprovechamiento.



Perforación, equipamiento y electrificación de pozo y construcción de infraestructura de riego presurizada por aspersión en el predio de Andrés Cruz, Tabasco.

Distrito de Temporal Tecnificado 002 Zanapa-Tonalá

Creado en noviembre de 1994, el DTT 002 Zanapa-Tonalá abarca una superficie de 106 900 hectáreas entre los municipios de Cárdenas y Huimanguillo en el Estado de Tabasco. Lo integran las asociaciones civiles La Sabana y Unidos en el Esfuerzo, las cuales cuentan en conjunto con 6 919 usuarios, de los cuales 5 572 son ejidatarios y poseioneros y 748 pequeños propietarios. Es importante destacar que 68 586 hectáreas son dedicadas a la producción pecuaria, mientras que 24 015 se utilizan para la actividad agrícola, principalmente el cultivo de piña, limón persa, naranja, cacao, caña de azúcar y productos forestales como el hule hevea y el eucalipto.

Con la finalidad de incrementar la rentabilidad del cultivo de la caña de azúcar, con apoyo de la CONAGUA, en 2011 fueron construidas en 100 hectáreas del ejido La Esperanza, en el municipio de Huimanguillo, una línea primaria y la red de distribución de un sistema de riego presurizado por aspersión mediante cañones viajeros, logrando que el rendimiento del producto pasara de 60 a 120 toneladas por hectárea. Entre otros proyectos que han sido puestos en marcha desde ese año pueden mencionarse la construcción de bancales, a fin de rescatar las tierras bajas e inundables para incorporarlas a la producción agrícola; el establecimiento de huertos familiares; la adquisición de sistemas de riego para pequeños y medianos productores que permitan incrementar los rendimientos de sus sistemas productivos; la rehabilitación y construcción de infraestructura agrícola, así como la elaboración y seguimiento de los planes Integral 2013-2018 y Operativo Anual, en conjunto con la CONAGUA y los gobiernos estatal y municipal, entre otras autoridades.



Rehabilitación de camino en un predio en el ejido de Los Robles, Veracruz.

Distrito de Temporal Tecnificado 007 Centro de Veracruz

Localizado en la planicie costera de la entidad, el DTT 007 Centro de Veracruz está constituido por el Módulo de Drenaje para el Desarrollo Rural Medellín-Jamapa, AC, y el Módulo de Drenaje para el Desarrollo Rural Manlio Fabio Altamirano, AC, que integran a 6 300 usuarios. En una superficie de aproximadamente setenta y cinco mil hectáreas se cultivan principalmente maíz, frijol, chile, piña, caña de azúcar, mango, toronja, nanche y tamarindo, entre otros; aunque también se dedican a la explotación de ganado bovino de doble propósito.

Hasta el momento, el DTT 007 ha recibido apoyos para la rehabilitación de 92 kilómetros de caminos y 6 kilómetros de drenes. De forma complementaria, se ha adquirido maquinaria y recibido asesoría técnica para impulsar el uso eficiente del agua y del suelo, a fin de contrarrestar factores como la erosión.



Rehabilitación de camino en el predio de La Rosita, San Luis Potosí.

Distrito de Temporal Tecnificado 005 Pujal Coy Segunda Fase

Integrante del Proyecto Pujal Coy, uno de los cinco sistemas hidroagrícolas formulados en 1958 por la Comisión de la Cuenca del Río Pánuco, el DTT 005 fue creado para aprovechar los recursos naturales de la cuenca ante la creciente demanda a nivel nacional en materia alimentaria así como de insumos para la industria, además de ejercer la función del control de avenidas del río Pánuco y sus afluentes.

En una primera etapa fue construida la planta de bombeo El Porvenir, como parte de la infraestructura hidroagrícola para el riego de setenta y dos mil hectáreas en los estados de San Luis Potosí y Tamaulipas y, por Decreto Presidencial, fue declarado de utilidad pública el establecimiento del Distrito de Riego Pujal Coy Segunda Fase, en una superficie aproximada de doscientas treinta y seis mil hectáreas en los estados referidos, al mismo tiempo que se proyectó la construcción de las presas Pujal y Coy sobre el río Tampoán. Ante la suspensión del proyecto Pujal Coy Segunda Fase, en la actualidad este sistema hidroagrícola se encuentra operando como un DTT, el cual comprende una superficie total de doscientas veinte mil hectáreas, se encuentra integrado por 9 987 usuarios y cuenta con una red de infraestructura de 641 kilómetros de caminos, 354 kilómetros de drenes y un total de 1 363 estructuras.





VII

MEDIDAS DE PROTECCIÓN A LOS CENTROS
DE POBLACIÓN EN MÉXICO

Vista del río Carrizal a la entrada de la margen derecha y las compuertas radiales de la estructura de control El Macayo (PÁGINAS 254-255).

DIVERSOS sucesos acaecidos alrededor del mundo recientemente han confirmado que se deben reforzar las estructuras de protección de numerosos centros de población debido a los efectos del cambio climático y al aumento de las precipitaciones atípicas. Como muchos otros países, México no se encuentra inmune a experimentar fenómenos hidrometeorológicos e inundaciones de gran intensidad, por lo cual resulta prioritario impulsar la Estrategia Nacional de Cambio Climático y cuidado del medio ambiente a efecto de transitar hacia una economía competitiva, sustentable y de bajo consumo de carbono.

Por ello, la Comisión Nacional del Agua hace un llamado a las instancias federales, estatales y municipales, para que diseñen e implementen planes de prevención, construcción y mantenimiento de la infraestructura de protección, además de establecer canales de coordinación más eficientes entre las autoridades de los diferentes niveles de gobierno.

Ante eventos que se tornan cada vez más extremos, los órganos de gobierno deberán responder mediante opciones específicas a través del estudio de las características hidráulicas y topográficas de los sitios proclives de anegarse. También resulta fundamental que funcionarios y especialistas establezcan medidas claras, prontas y decididas para evitar que se instalen núcleos de población en áreas de riesgo, por medio de una adecuada planeación urbana.

Dentro de este marco de ideas, en el presente capítulo presentamos distintas estructuras de control y obras, consideradas como proezas, en materia de prevención de inundaciones a lo largo y ancho del territorio nacional, que aportarán beneficios importantes y que han mitigado los efectos de fenómenos pluviales de atípica intensidad en beneficio de la población.



Estructura de control El Macayo

A raíz de las intensas inundaciones que han aquejado al estado de Tabasco en los últimos años, el Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), el Instituto Politécnico Nacional (IPN) y el Colegio de Posgraduados de Chapingo, en coordinación con el gobierno estatal, determinaron estudiar las cuencas hidrológicas Mezcalapa-Samaria, Ríos de La Sierra-Bajo Grijalva, Ríos de La Sierra-Villahermosa, Carrizal-Viejo Mezcalapa y Chilapa-Usumacinta con el fin de emprender acciones ante el recurrente riesgo de desbordamiento.

La estructura de control El Macayo, ubicada sobre el río Carrizal, tiene como principal función regular las avenidas que en época de lluvias pueden alcanzar hasta 850 metros cúbicos por segundo, volumen tres veces superior al caudal que podrían consumir todas las ciudades del país al mismo tiempo, y que representa la obra más relevante tanto del Proyecto Integral Contra Inundaciones (PICI) como del Plan Hídrico Integral de Tabasco (PHIT). Con la compuerta de la estructura El Macayo se controlará el paso del río Samaria, cauce que posteriormente desembocará en el Golfo de México, y se reducirá significativamente el riesgo de inundaciones en la Capital tabasqueña.

La primera línea de protección de esta estructura se ubica en la margen izquierda del río Carrizal, cuenta con tres compuertas y sólo permitirá que fluya un caudal máximo de 350 metros cúbicos por segundo en dirección hacia Villahermosa. En una zona adyacente se levantó una cortina, a manera de una represa de pequeña dimensión, que cruza el río y que se une a una segunda estructura, la cual fue construida en la margen derecha y consta de cuatro compuertas para control de hasta 500 metros cúbicos por segundo.

Ambas estructuras se complementan con un bordo de protección construido de arcilla, entre la estructura de control El Macayo y el puente Samaria. Entre estos dos puntos se encuentra ubicada la localidad Macayo Segunda Sección, en el municipio de Reforma, en el estado de Chiapas, en la cual se edificó un muro de protección de concreto reforzado

de cinco metros de altura promedio y una longitud de 400 metros para proteger a los habitantes y sus bienes patrimoniales.

Al respecto, el conjunto de obras asociadas a la estructura de control El Macayo beneficiará a setecientos mil tabasqueños.

Las estructuras de protección y de cauces de alivio edificadas hasta el momento forman parte del sistema Mezcalapa-Samaria y junto con las obras del sistema Ríos de La Sierra-Bajo Grijalva, al sur del municipio Centro, forman un cinturón que protege a toda esa región. En este sentido, el sistema de derivaciones a las zonas de regulación consta de los siguientes nueve cauces de alivio:

En la margen derecha del río La Sierra se encuentran El Censo y Sabanilla; en la margen derecha del río Grijalva se ubican El Tintillo I y El Tintillo II; en la margen izquierda del río Grijalva se localizan el Acachapan Segunda, Acachapan Tercera, Acachapan Cuarta y Buenavista-Boca de Escoba; y por último, el cauce de alivio Los Zapotes-Don Julián, que regula el funcionamiento natural de las zonas lagunares, disminuyendo la cota de los ríos La Sierra, Grijalva y Carrizal, protegiendo a la población de Villahermosa y su zona conurbada. Es pertinente agregar que el PICI está conformado por 185 obras de protección, de las cuales 59 están a cargo de los gobiernos estatal y municipales, mientras que 126 de ellas, incluyendo las obras de control de El Macayo y la rehabilitación de estructuras y desazolve de cárcamos de bombeo en el sistema Carrizal-Viejo Mezcalapa, se encuentran bajo la responsabilidad de la Comisión Nacional del Agua.

En resumen, esta compleja red de bordos de control, sistemas de derivación y zonas de regulación, inaugurada en 2013, es considerada la obra más importante de Plan Hídrico Integral de Tabasco.



Panorámica de la estructura de control El Macayo, Tabasco.
Archivo: CONAGUA-CGAICCA.



Obras de contención para los ríos en Tabasco



Muro de contención Leandro Rovirosa Wade, Centro.

Ubicado en la margen derecha del río Grijalva en el municipio Centro, el muro de protección Leandro Rovirosa Wade forma parte integral de los sistemas La Sierra-Villahermosa y Viejo Mezcalapa.

Construido de concreto armado, tiene como propósito salvaguardar la integridad física y los bienes patrimoniales de la población ante el riesgo de posibles inundaciones provocadas por precipitaciones atípicas que pudieran provocar el desbordamiento del río Grijalva. Se estima que esta obra brinda protección a más de siete mil habitantes.

Mejor conocido como Ranchería Sabanilla por su ubicación en las comunidades de Torno Largo Segunda Sección y Sabanilla en el municipio Centro, este cauce de alivio y su puente vehicular han contribuido a reducir los niveles tanto del río Grijalva a su paso por la ciudad de Villahermosa como del río de La Sierra, que atraviesa el área conurbada en dirección hacia el sistema lagunar Los Zapotes, permitiendo a su vez que se recupere la operación natural de las zonas lagunares de regulación.

Inaugurada en 2012 en la margen derecha del río La Sierra, una de las principales características del cauce de alivio Sabanilla consiste en que entra en funcionamiento sólo cuando se presentan lluvias atípicas que elevan a niveles críticos la cota del río referido, logrando encauzar los excedentes hacia la zona natural de regulación.



Malecón en la margen derecha del río Usumacinta, Jonuta.

El muro de protección en el malecón en la ciudad de Jonuta, que forma parte integral del sistema Chilapa-Usumacinta, tiene como objetivo proteger en caso de aumento del nivel del río Usumacinta a las poblaciones de Jonuta, Montegrande y la ranchería El Sacrificio, en el municipio de Jonuta, beneficiando a más de siete mil habitantes.



Cauce de alivio Sabanilla, Centro.



Cauce de alivio El Tintillo II.

Entre otros objetivos, el cauce de alivio El Tintillo II tiene como finalidad la recuperación del funcionamiento natural de las zonas lagunares Los Zapotes y Don Julián, así como el desazolve de sus cauces para facilitar el flujo hacia las zonas lagunares bajas.

Ubicado en la margen derecha del río Grijalva, en las proximidades de las rancherías El Censo, Torno Largo, Barranca y Guanal, entre los kilómetros nueve y diez de la carretera federal Villahermosa-Macuspana, El Tintillo II está recubierto con tapetes de concreto flexible, mide 300 metros de largo y 150 de ancho y, de acuerdo con su diseño, cuenta con 150 metros cúbicos por segundo de capacidad máxima de desfogue.



Cauce de alivio Los Zapotes-Don Julián (Zapotes III), Centro.

Según la clasificación del Instituto de Ingeniería de la UNAM, se determinó que el cauce de alivio Los Zapotes-Don Julián era la mejor opción para disminuir los riesgos de inundación en las inmediaciones del sistema de ríos La Sierra-Bajo Grijalva, ya que mediante la construcción de los cauces de alivio en sus márgenes se recuperaría el funcionamiento natural de las zonas lagunares y se restablecería la interconexión de las lagunas Los Zapotes y Don Julián.

Esta estructura se compone de un canal principal por donde deriva el flujo localizado en la carretera Villahermosa-Escárcega, aproximadamente a siete kilómetros de Villahermosa, en la zona del aeropuerto. Cuenta con un ancho de 500 metros y consta de un muro vertedor de concreto con protección de enrocamiento, un canal protegido a base de tapetes de concreto flexible, un cauce aguas abajo, bordos de protección y dos puentes vehiculares de 500 metros cada uno; además de una capacidad de derivación de más de dos mil metros cúbicos por segundo. La eficacia del diseño y funcionamiento del cauce de alivio, al igual que el del sistema de ríos La Sierra-Grijalva, se pusieron a prueba en 2010 a raíz de los eventos hidrológicos que afectaron tanto a Tabasco como a Villahermosa y su zona conurbada.

Estructura de contención rompepicos “Corral de Palmas”

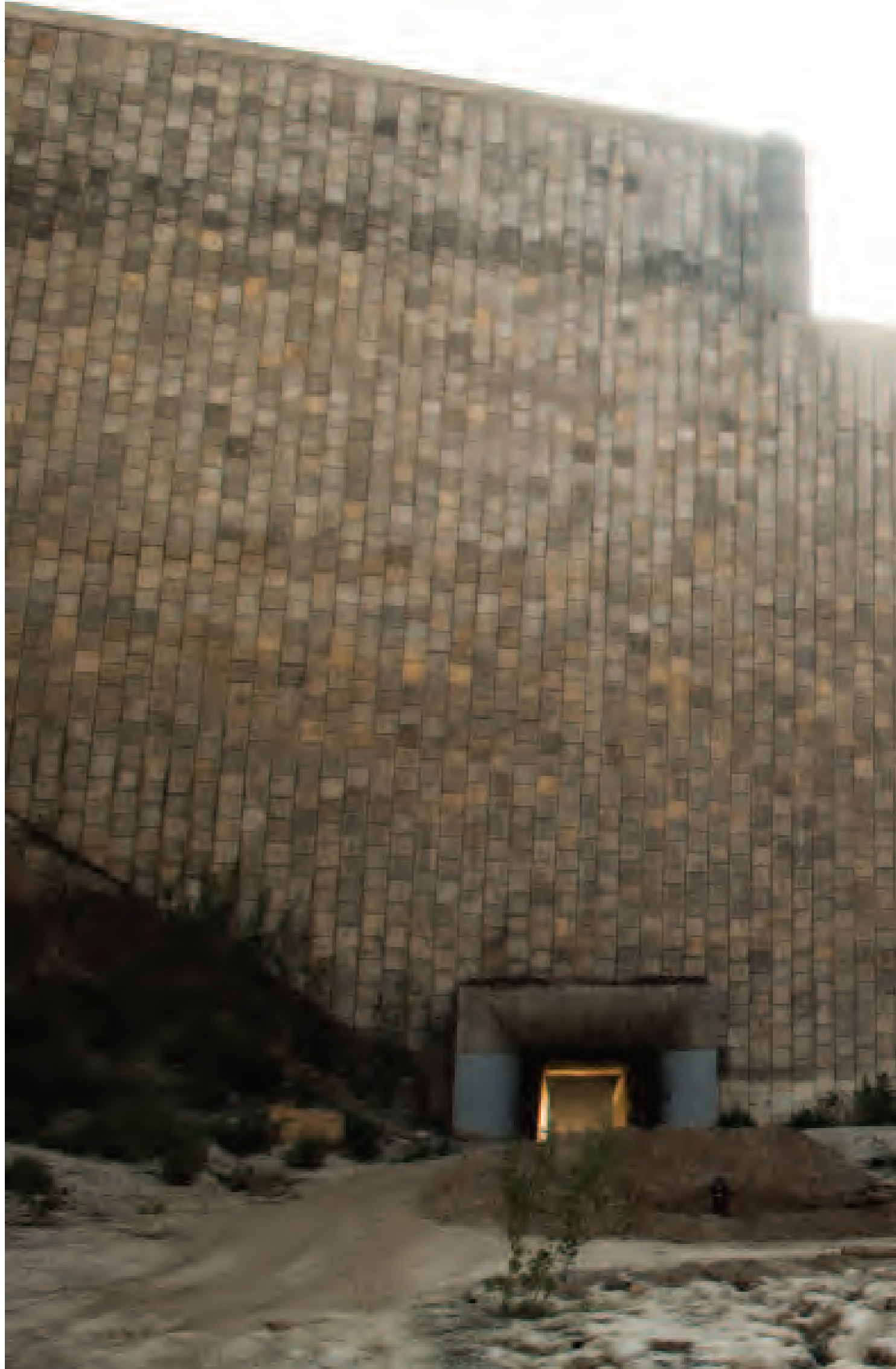
El Área Metropolitana de Monterrey (AMM), que se ha desarrollado en ambas márgenes del río Santa Catarina, registra un promedio anual de precipitación de entre quinientos y ochocientos milímetros, lluvias que por lo general se presentan entre los meses de junio a octubre.

A lo largo de 100 años, el río Santa Catarina se ha desbordado cinco veces, es decir, en periodos de 21 años, produciendo los más graves daños en 1909 y 1929, así como los provocados por los fenómenos meteorológicos *Beulah* en 1967, *Gilberto* en 1986 y *Alex* en 2010.

Por ello la necesidad de proteger y brindar seguridad a los habitantes de esta importante área metropolitana en Nuevo León. Una de las medidas de protección contra los escurrimientos provenientes de las montañas lo constituyen las estructuras denominadas “rompepicos”, las cuales están diseñadas para regular los caudales extraordinarios sin tener que almacenarlos.

La estructura de contención rompepicos “Corral de Palmas”, ubicada en la Sierra Madre Oriental en la cuenca alta del río Santa Catarina, en el sitio conocido como La Huasteca, fue construida en 2004 utilizando concreto compactado con rodillo, cuenta con una cortina de 107.4 metros de altura, una longitud máxima de 238.2 metros, una capacidad de regulación de hasta 92.94 hectómetros cúbicos y un desfogue de fondo máximo de 838 metros cúbicos por segundo cuando el nivel del embalse alcanza el nivel de aguas máximas extraordinarias (NAME).

Por lo general, las estructuras de contención rompepicos son poco comunes y costosas, pero cuando las zonas urbanas que protegen son grandes y además representan el motor de desarrollo de una región o país, su inversión es viable y factible porque se está invirtiendo en la seguridad de la comunidad y sus bienes.





Vista de la estructura de contención rompepicos "Corral de Palmas", Nuevo León.



Vista de la Sierra Madre Oriental y la estructura de contención rompepicos "Corral de Palmas", Nuevo León.



Rectificación de los ríos Santa Catarina y La Silla

Proveniente de la sierra de San José, el río Santa Catarina divide por la zona sur a la ciudad de Monterrey, Nuevo León. Por su parte, el río La Silla nace en el cerro del mismo nombre, circundando sus faldas por el noroeste. En virtud de que ambos cauces convergen al norte de la Capital regia, puede decirse que la ciudad de Monterrey, rodeada por elevaciones como la Sierra Madre Oriental –que corre de noroeste a sureste–, los cerros Topo Chico y de La Silla, se encuentra expuesta constantemente a experimentar los efectos tanto del paso de huracanes como de precipitaciones atípicas y escurrimientos generados por las elevaciones que la rodean.

Al respecto, como consecuencia de los daños provocados por el desbordamiento de los ríos mencionados tras el paso del huracán Alex en el 2010, se puso en marcha el Plan Maestro para la Rectificación de los Ríos Santa Catarina y La Silla a fin de reubicar los asentamientos irregulares que se habían establecido en sus márgenes, así como rectificar sus cauces, incrementar su capacidad de desalojo hasta en cinco mil metros cúbicos por segundo y, en consecuencia, que las autoridades estén en condiciones de responder ante cualquier evento hidrometeorológico de gran magnitud. Como parte de las 29 estrategias de corto, mediano y largo plazos que conforman el Plan Maestro, pueden citarse el encauzamiento del río Santa Catarina, la limpieza, desazolve y construcción de muros de contención así como la reparación de taludes.

Obras de rectificación en el río Santa Catarina, Nuevo León.





Canalización del dren 2-A, Chihuahua.

Canalización del dren 2-A

Durante cada temporada de lluvias, la ciudad fronteriza de Ciudad Juárez, Chihuahua, enfrentaba problemas de inundación en arterias como el boulevard Óscar Flores, la avenida Teófilo Borunda así como en las intersecciones de las avenidas Panamericana, Paseo de La Victoria y Manuel Gómez Morín, debido a la falta de un sistema de drenaje pluvial y la insuficiente capacidad de conducción del dren 2-A, el principal colector de los escurrimientos generados en las cuencas Centro, Jarudo, Aeropuerto y Las Acequias. Ante esta situación, la CONAGUA, la Comisión Internacional de Límites y Aguas sección México (CILA-México), la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ) y el Distrito de Riego 009 Valle de Juárez propusieron como una medida de protección la canalización de este dren hacia el Dren Interceptor.

Como consecuencia de lo anterior, se puso en marcha el proyecto denominado “Obras Hidráulicas para el Control de Inundaciones Dren 2-A”, a partir del cual se planteó la construcción de un canal revestido para incrementar la capacidad de conducción a la par que, utilizando el derecho de vía, logre captar y conduzca los volúmenes pluviales generados, y proporcione una alternativa para desalojar hasta ciento ochenta metros cúbicos por segundo de manera eficiente hacia el Dren Interceptor. Esta medida aunada a la instalación de diversas estructuras hidráulicas en los cruces de vialidades, la ampliación parcial de la sección del Dren Interceptor y la aplicación de un revestimiento de concreto armado en algunas secciones rectangulares del dren 2-A, ha beneficiado a más de ciento noventa y siete mil habitantes de 234 colonias.

Encauzamiento del arroyo Alamar

Dentro de la mancha urbana de Tijuana, Baja California, que se encuentra conformada por cerca de un millón quinientos mil habitantes, se ha desarrollado una de las obras de infraestructura de desalojo de aguas pluviales más importantes del país: el encauzamiento del arroyo Alamar. Dicha obra, que tiene lugar en medio de diversas colonias, asentamientos irregulares, áreas de cultivo y predios baldíos, se ubica entre las cuencas denominadas “Tributarios Alamar Derecho” y “Tributarios Alamar Izquierdo”, extendiéndose hasta el vecino país del norte.

Esta cuenca transfronteriza recorre 9.8 kilómetros entre México y Estados Unidos de América, cuenta con una superficie de 1 387 kilómetros cuadrados y forma parte del sistema hidrológico de la cuenca del río Tijuana al extenderse 191 kilómetros en territorio mexicano. Durante décadas, la contaminación generada por factores como el acelerado crecimiento demográfico; el aumento de las actividades industriales y de maquila, además de la multiplicación de los asentamientos irregulares en sus márgenes, convirtieron a su cauce en un depósito de aguas residuales y basura. A efecto de revertir esta situación y proteger a más de cuarenta mil tijuaneños de un probable desbordamiento del río como consecuencia de las intensas precipitaciones que podrían registrarse en esta zona, bajo la supervisión de la CONAGUA se puso en marcha el encauzamiento del arroyo Alamar. En 2013 se han construido 7 kilómetros y la conclusión de los 2.3 restantes se ha proyectado para 2014, que incluyen canales con una capacidad de conducción de 1 750 metros cúbicos por segundo, que beneficiarán de forma directa a 46 610 tijuaneños.



Encauzamiento del arroyo Alamar, Baja California.



Presa rompepicos Cocoyoc, Morelos.

Presa rompepicos Cocoyoc

Con el propósito de proteger a los morelenses que habitan en zonas de alto riesgo de inundación en la cuenca del río Yautepec, la CONAGUA, a través del Organismo de Cuenca Balsas, ha realizado diversas obras en beneficio de casi diecisiete mil habitantes y zonas productivas en los municipios de Yautepec, Tlaltizapán y Tlaquilenango.

Las primeras obras y acciones realizadas en el periodo 2010-2011 consistieron en la limpieza y desazolve en puntos críticos así como la reconstrucción de muros de gaviones. Todas ellas fueron una respuesta a los daños causados por la inundación de agosto de 2010 y tuvieron como objetivo principal recuperar la capacidad hidráulica del cauce del río Yautepec, cuyo flujo creció por esas fechas de 150 a 392.8 metros cúbicos por segundo. Es menester señalar que en 2013 fue concluida la sobreelevación de las márgenes del río Yautepec en los tramos del municipio de Ticumán, el fraccionamiento Colonos de Ticumán y en Las Estacas, además de que fueron edificadas diversas obras de protección en la barranca de Apaquetzaco y en el propio río. En este sentido, se puso especial interés en la construcción de la presa rompepicos Cocoyoc, embalse diseñado para evitar que tales caudales lleguen al centro de Yautepec, controlando las avenidas sobre la barranca Nexpa.



Encauzamiento y obras de protección para los ríos de la costa y la sierra Madre de Chiapas

Para hacer frente al riesgo latente de inundaciones en el estado de Chiapas se han implementado diversos planes de prevención, construcción y mantenimiento de infraestructura de protección. Al respecto, de acuerdo con el *Inventario Nacional de Obras de Protección contra Inundaciones*, la Entidad se encuentra en una zona vulnerable, sobre todo la región de la costa, ya que ahí se ubican varios cauces que representan un peligro para los asentamientos humanos en época de lluvias y ciclones.

Por ello, el Gobierno Federal puso en marcha el Plan Hidráulico de la Costa, que se compone de la construcción de obras de protección de centros de población y que comenzó a elaborarse después de las inundaciones registradas por el paso del huracán *Stan* en 2005.

Estas acciones formaron parte tanto del *Programa Nacional de Infraestructura 2007-2012* como del *Plan de Desarrollo Chiapas Solidario 2007-2012*, e involucraron a los principales ríos de la región. Derivado de lo anterior y con una inversión conjunta de los gobiernos Federal y estatal, a través de la CONAGUA se emprendió la construcción de un conjunto de obras de protección en los municipios ubicados en la planicie costera, sobre todo en Tapachula y Motozintla.



Obras de rectificación del río Coatán, Tapachula, Chiapas.



Obras de protección en el municipio de Motozintla, Chiapas.

Debido a su ubicación geográfica, Tapachula es una ciudad que constantemente enfrenta tormentas tropicales, ciclones y, por ende, inundaciones causadas por el desbordamiento del río Coatán. En este sentido, las autoridades municipales y la CONAGUA han conjuntado esfuerzos para la construcción de un bordo de 520 metros de longitud. Por su parte, la localidad de Motozintla, aunque propiamente no se considera una población costera debido a su altitud y lejanía del mar, pues se encuentra enclavada en la sierra Madre de Chiapas, representa el caso de muchas comunidades y poblaciones que año con año sufren desastres naturales debido a las fuertes precipitaciones pluviales que causan deslizamientos en los terrenos ubicados en las laderas de los cerros Rivera Morelos y Linda Vista, que en 2010 ocasionaron daños mayores a la gasolinera y el DIF Municipal.



Canalización del río de Las Avenidas, Hidalgo.

Revestimiento del río Las Avenidas-dren Pitahayas

Esta obra tiene como objetivo la protección del área urbana de la ciudad de Pachuca de Soto, en el estado de Hidalgo, a fin de minimizar los riesgos por inundaciones provocados por la cada vez más frecuente aparición de eventos hidrometeorológicos extremos asociados a la presencia de huracanes generados en el Golfo de México.

Por ello, se construyeron obras de encauzamiento mediante embovedado y sección rectangular con muros prefabricados para alojar las vialidades, desde el puente Madero hasta el puente Columbia (7+872) y, en una siguiente etapa, se espera continuar hasta llegar al tramo puente Las Torres (13+078), también con una sección rectangular. En la actualidad se trabaja en la margen derecha, construyendo un muro reforzado de concreto que permitirá funcionar simultáneamente como soporte para continuar la vialidad hasta Las Torres y como encauzamiento común al proyecto del río Las Avenidas.

Como parte del Proyecto Integral para la Cuenca del Río Las Avenidas y Dren Pitahayas, y debido a las lluvias atípicas presentadas los días 7 y 8 de julio de 2008 que registraron una precipitación de 75 milímetros, generaron un gasto de hasta treinta y cinco metros cúbicos por segundo y lograron colapsar la cortina del bordo Pitahayas, se ha proyectado este conjunto de obras en beneficio de una decena de colonias al sur de la ciudad.

Construcción de muro en río Grande

Debido a las atípicas precipitaciones que se han presentado en los últimos años en la ciudad de Morelia así como por la baja capacidad de su sistema de desalojo pluvial, los asentamientos ubicados en las inmediaciones del río Grande han resultado afectados por severas inundaciones. Ante esta problemática, las autoridades de Michoacán han implementado diversas medidas de protección civil.

Como parte de la Cartera Nacional de Proyectos Locales, se llevó a cabo la construcción de un muro de concreto y la elevación del bordo de la margen derecha del río Grande, en el tramo comprendido entre Periférico Paseo de la República y calle Isidro Fabela; además del desazolve y reforzamiento de bordos marginales en la zona rural dentro de los tramos comprendidos entre la presa derivadora Corrales hasta su desembocadura en la laguna de Cuitzeo, con el objetivo de aumentar la capacidad de conducción del río además de proteger contra riesgos de inundación a las zonas agrícolas de la Capital michoacana así como a las localidades de Charo, Indaparapeo y Álvaro Obregón. Con estas obras se estima que, a largo plazo, se beneficiará a diecinueve mil quinientos habitantes de la Capital tarasca y su zona rural.



Canalización del arroyo El Tagarete

Por su ubicación en la cuenca media del río Nazas, el municipio de Santiago Papasquiaro, Durango, es una de las demarcaciones que mayor peligro corre de inundarse como consecuencia de las periódicas lluvias torrenciales que se registran en sus alrededores.

Debido a lo anterior, en la Entidad se ha impulsado la construcción de obras de protección en aproximadamente setenta y dos kilómetros de los municipios de Durango, Santiago Papasquiaro, Canatlán, Poanas y Nuevo Ideal, consistentes en bordos de terraplén construidos sobre la ribera de ríos y arroyos, además de canalizaciones cuando ha sido necesario. Al respecto, una de las obras que destaca por su contribución es la canalización del arroyo El Tagarete, en el municipio de Santiago Papasquiaro, a través de un tramo de 1 180 metros lineales que desemboca en el río Santiago, y éste a su vez en la presa Lázaro Cárdenas. Gestionada por medio de la CONAGUA, se agregó al cauce referido una armadura de concreto hidráulico armado en forma trapezoidal revestido, además de que fueron construidas guarniciones, banquetas y un paso peatonal, infraestructura que ha contribuido a brindar seguridad a más de cuatro mil habitantes de la zona.



Canalización del arroyo El Tagarete, Durango.



Edificación de muro en río Grande, Michoacán.

Obras de protección en el arroyo Punta de Agua

Ubicado en la provincia fisiográfica de la Sierra Madre del Sur y la subprovincia sierra de la Costa de los estados de Colima y Jalisco, en la Región Hidrológica Núm. 15, el arroyo Punta de Agua recorre 29.8 kilómetros en el municipio de Manzanillo con un cauce de entre veinte y cincuenta metros de ancho, recibiendo escurrimientos de sus principales afluentes, los arroyos El Vidrio, Las Truchas, La Aguja y Puerquito.

Debido a estas condiciones y a que mantiene un gasto de 254 metros cúbicos por segundo, en temporada de lluvias aumentan de forma considerable los riesgos en las zonas urbanas de Salagua y el Valle de las Garzas, así como en las zonas agrícolas de los ejidos Abelardo Rodríguez y Salagua. En este sentido, se construyó una obra de protección que consiste en el encauzamiento del arroyo Punta de Agua a lo largo de 11.7 kilómetros —con capacidad para un gasto de diseño de 1 099 metros cúbicos por segundo—, hasta su descarga en la laguna Valle de las Garzas y el océano Pacífico, en la bahía de Manzanillo, con el fin de evitar anegaciones tanto en la delegación municipal de Salagua, en los barrios IV y V del Valle de las Garzas, como en los desarrollos de la zona turística y habitacional de Manzanillo, en beneficio de más de cincuenta y dos mil habitantes. Además de ser considerada como prioritaria, la importancia de esta obra radica en que se ha construido para contener las avenidas que se producen en esta región durante la temporada de lluvias, lo cual representaba un riesgo para sus habitantes.



Obras de protección en el arroyo Punta de Agua, Colima.

Encauzamiento del río Yautepec

Como consecuencia de una precipitación atípica registrada el 25 de agosto de 2010 y la Declaratoria de Desastre Natural emitida por la Secretaría de Gobernación (SEGOB), bajo la autoridad técnica de la CONAGUA se proyectó la realización de una serie de obras como la construcción de bordos, muros y estructuras hidráulicas de regulación y desvío hacia áreas de control, para aumentar la capacidad de conducción en diversos tramos del río Yautepec y sus afluentes, a efecto de brindar atención a los municipios de Yautepec, Tlaquilteango y Tlaltizapán en el estado de Morelos, así como a las partes media y alta de la Cuenca Hidrológica correspondiente.

El río Yautepec es un curso fluvial que nace en Itzamatitán y después de un largo recorrido se une con el Amacuzac, el más caudaloso de la Entidad. Atendiendo al recorrido del río Yautepec, se realizaron obras de trazo y nivelación de tangentes cortas; trazo de curvas para mantener un óptimo control de sus niveles; trabajos de desmonte y de excavación; así como la compactación de materiales requerida, con la finalidad de preparar las áreas en las cuales se incorporarían tapetes flexibles de concreto de acuerdo a la topografía de la región. Tales medidas se aplicaron en ambos márgenes del cauce, tomando en cuenta los puntos críticos, como las curvas de entrada y salida, para contrarrestar la carga hidráulica originada por la velocidad del flujo.



Encauzamiento del río Yautepec, Morelos.



Encauzamiento del arroyo Insurgentes con muros de concreto armado de 50 centímetros de ancho y 4.5 metros de alto, Baja California Sur.

Obras de protección para Ciudad Insurgentes

A partir de un Decreto Presidencial, en 1949 se autorizó la colonización de los territorios de la actual Baja California Sur, estableciéndose las primeras colonias agrícolas y poblaciones a la vera del arroyo Insurgentes. Ubicada en el cordón orográfico formado por la sierra La Giganta y diversas mesetas, Ciudad Insurgentes es una localidad –dentro del Valle de Santo Domingo, municipio de Comondú– que no cuenta con suficientes edificaciones para resguardarse de las precipitaciones y ráfagas que provocan algunas tormentas. Pese a que son escasas las corrientes de agua superficial en la región, los fenómenos ciclónicos propician continuas inundaciones con la consecuente afectación en las viviendas.

A efecto de mejorar la disponibilidad hídrica y prevenir los riesgos que pudieran provocar los fenómenos hidrometeorológicos, a través de la CONAGUA se iniciaron diversas obras en esta urbe con lo cual se beneficiará a ocho mil habitantes. Cabe mencionar que a la fecha, se han encauzado 4.3 kilómetros del arroyo Insurgentes.

Mantenimiento y conservación del río Lerma

En su recorrido a través del estado de Guanajuato, el río Lerma atraviesa los municipios de Acámbaro, Salvatierra, Jaral del Progreso, Pénjamo, Irapuato, Pueblo Nuevo, Huanímaro y Salamanca y, en su tercio final constituye el límite austral con el estado de Michoacán.

Perteneciente a la Región Hidrológica Lerma-Chapala-Santiago, destaca por su gran extensión, pues inicia su recorrido desde el sureste del Estado de México, donde se origina, a través del colector general, hasta la desembocadura del río Santiago en el océano Pacífico. Tiene una longitud de 118 kilómetros desde la presa Solís hasta la estación de Salamanca. Al respecto, el colector general del río Lerma, que cubre un área de poco más de dos mil kilómetros cuadrados, llega a presentar escurrimientos perennes, mismos que en tramos con mínimas pendientes contribuyen a formar depósitos de material debido a la baja velocidad del cauce, ocasionando azolvamientos y la pérdida de capacidad hidráulica.

Tales condiciones dan lugar a una continua necesidad de trabajos de mantenimiento, entre ellos el reforzamiento de sus bordos en los tramos de mayor riesgo de desbordamiento.

Dentro de las tareas del programa de mantenimiento han sido considerados tramos que se extienden desde la presa Solís hasta el límite estatal de Guanajuato, en los poblados de Santa Ana Pacueco y Pénjamo, que consisten en desmontar, desazolver el cauce y rehabilitar los bordos de protección con el fin de recuperar su capacidad hidráulica y, primordialmente, evitar inundaciones para proteger las zonas agrícolas y los núcleos de población.

De esta manera se busca brindar protección a las cabeceras municipales de Salvatierra, Jaral del Progreso, Salamanca y Pueblo Nuevo, así como a las poblaciones rurales que se localizan en las márgenes del río, además de proteger la producción agrícola de aproximadamente diez mil hectáreas ubicadas a lo largo de dicho cauce.



Desazolve y limpieza en un brazo del río Lerma en el estado de Guanajuato.



Rehabilitación del bordo Ortiz

Ubicado en el municipio de Guaymas, Sonora, en el ejido de Ortiz, el bordo Ortiz forma parte de la presa Bordo Ortiz, que conjuntamente con las estructuras de toma alta y baja regulan y controlan los escurrimientos de las aguas broncas provenientes de la cuenca del río Mátape. De este modo se retarda el efecto de las avenidas de los arroyos El Echo y las descargas de la presa Ignacio R. Alatorre, también conocida como “Punta de Agua”, y se disminuyen los riesgos de posibles daños por inundación tanto en centros de población rural del Valle de Guaymas y de la población urbana de Empalme, así como en áreas productivas del Distrito de Riego 084 Valle de Guaymas.

Como parte de una logística de prevención y bajo la supervisión de la CONAGUA, dio inicio la rehabilitación tanto del bordo Ortiz como del bordo Piloto-Derivador, reparándose en este último cuatro grandes escotaduras con la finalidad de prevenir

riesgos de inundación en las poblaciones aledañas como consecuencia de la presencia de tormentas tropicales. Los escurrimientos sin control de la cuenca del río Mátape y las descargas de la presa Ignacio R. Alatorre se reciben en la presa Bordo Ortiz, mientras que los escurrimientos de los arroyos El Mautal y El Torero son regulados por el bordo Piloto-Derivador, dirigiéndolos hacia el arroyo Moscobampo, protegiéndose de este modo a diversas localidades rurales y áreas productivas del Distrito de Riego 084.

La infraestructura mencionada, ubicada en la zona media y baja de la cuenca del río Mátape, permite aprovechar parte del aporte hídrico destinado a los campos agropecuarios del Valle de Guaymas, y gracias a esta emblemática obra, los volúmenes provenientes de dicho cauce disminuyen su fuerza y caudal a medida que se aproximan a la costa, controlando posibles riesgos para algunas poblaciones de los municipios de Guaymas y Empalme.

El Servicio Meteorológico Nacional

El 6 de marzo de 2013, el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) de México cumplió 136 años de haber iniciado sus operaciones por Decreto Presidencial de Porfirio Díaz, y bajo la iniciativa del Secretario de Fomento, Vicente Riva Palacio. El 6 de febrero de 1877 fue creado su antecedente, el Observatorio Meteorológico y Astronómico de México, dependiente de la Comisión Geográfica Exploradora del Territorio Nacional. Éste fue inaugurado oficialmente el 6 de marzo de ese mismo año y se instaló en la azotea de Palacio Nacional.

Poco después, en 1878, el Observatorio Meteorológico se trasladó al Castillo de Chapultepec y, en 1880, se independizó técnica y económicamente de la Comisión Geográfica, recibiendo una partida individual en el Presupuesto de Egresos Nacionales. A partir de ese momento se nombró a un director, Mariano Bárcena, y se le asignó una plantilla de seis observadores.

A lo largo de los primeros años de su historia, el Observatorio Meteorológico aumentó gradualmente sus tareas de recolección y divulgación de las condiciones del tiempo, llegando a adquirir relevancia internacional. La convulsión del periodo revolucionario detuvo un tanto su desarrollo; los acontecimientos sociales de 1910 y 1911 obligaron a trasladar al SMN del Castillo de Chapultepec a las oficinas de Geofísica ubicadas en el edificio del ex Arzobispado de México. En 1915 se clausuró el conjunto del Observatorio de Tacubaya por las divisiones entre carrancistas y villistas, siendo el 10 de septiembre de ese mismo año cuando se reanudaron las labores.

Aunque forma parte de la CONAGUA, las funciones del SMN no se restringen al sector hídrico, pues también atiende demandas de los sectores de medio ambiente y recursos naturales; protección civil, comunicaciones, transportes y energía; agropecuario, forestal y turismo; policiaco-militar-judicial, deportivo y de la construcción, entre otros. En este sentido, la modernización debe ser una constante en las instituciones dedicadas al estudio del tiempo y el clima, y así lo ha sido para el SMN a lo largo de su historia. A más de un siglo de su creación, esta institución ha decidido profundizar este proceso.

Dentro de la infraestructura de observación meteorológica con que cuenta el SMN, se encuentran los radares meteorológicos, cuya función principal es monitorear en tiempo real la precipitación pluvial que ocurre hasta 240 kilómetros a la redonda de la ubicación requerida; además de 15 estaciones de radio-sondeo ubicadas en Acapulco, Guerrero; Cancún, Quintana Roo; Chihuahua, Chihuahua; Distrito Federal; Empalme, Sonora; Guadalajara, Jalisco; Isla Socorro, Colima; La Paz, Baja California Sur; Manzanillo, Colima; Mazatlán, Sinaloa; Mérida, Yucatán; Monterrey, Nuevo León; Veracruz, Veracruz; Villahermosa, Tabasco, y Zacatecas, Zacatecas.

Adicionalmente, cuenta con Estaciones Meteorológicas Automáticas (EMAs) y Estaciones Sinópticas Meteorológicas (ESIMES), las cuales permiten contar con instrumentos de observación que no requieren personal en el sitio.



Archivo: Conagua-SMN.



Elevación de un globo climatológico para obtener la información requerida en los mapas diarios de temperaturas y lluvia requeridos por la Dirección General, Puerto Progreso, Yucatán.



Radar meteorológico en Cerro de La Catedral, Estado de México.
Archivo: Conagua-SMN.

Asimismo, se cuenta con una red de receptores GOES de imágenes meteorológicas, provenientes de satélites de órbita geoestacionaria y de órbita polar, ubicados y operando en el SMN de la ciudad de México, y en las direcciones generales de organismos de cuenca de Yucatán, Golfo Centro, Aguas del Valle de México y Península de Baja California.

También se encuentra el Centro Nacional de Telecomunicaciones Meteorológicas, que realiza la validación, integración, control y archivo de la información meteorológica enviada por los observatorios, genera boletines con la información recibida para ser enviados al Centro Meteorológico Mundial de Washington y difunde a los usuarios e instituciones como las Fuerzas Armadas de México (FAM), la Comisión Federal de Electricidad (CFE), el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) y Servicios a la Navegación en el Espacio Aéreo Mexicano (SENEAM) la información propia y la recibida de la Región IV y del resto del mundo.

Dentro del marco de la operatividad del SMN, se cuenta con la realización de los pronósticos generales de las 06:00 y las 18:00 horas, el Pronóstico para el Valle de México a las mismas horas, la Discusión Técnica, el Aviso Especial de Lluvias y el Aviso de Norte y Condición Invernal, entre otros.

Asimismo, la modelación numérica y el pronóstico climático, entre otras variables meteorológicas, resulta de gran utilidad para la toma de decisiones y la planeación de actividades en diversos sectores socioeconómicos, tales como el manejo y administración del agua, la agricultura, la forestal, el medio ambiente y la protección civil, etcétera.

Se cuenta también con el sistema CLICOM, que es una serie de programas de cómputo que capturan y validan información sobre diversas variables, como temperatura, precipitación y evaporación, entre otras. Con este sistema, el SMN administra la información climatológica generada por la red de estaciones de la CONAGUA, y algunas de otras dependencias. La Base de Datos Climática Nacional actualmente consta de aproximadamente quince millones de registros históricos a nivel diario, anotados por cerca de cinco mil estaciones ubicadas en todo el territorio nacional.

En este sentido, cobra importancia detectar fenómenos dañinos como los incendios, la dispersión de ceniza volcánica y la estimación de lluvia por imágenes de satélite en el caso de contingencias ambientales.

Como parte de su proceso de modernización, el SMN busca el desarrollo integral de la capacidad de pronóstico meteorológico, hidrológico y climático-regional en las distintas zonas geográficas del país. El primer paso se dio con la inauguración del Centro Hidrometeorológico Regional Tuxtla Gutiérrez en octubre de 2012.

En el contexto global, el SMN participa en la Organización Meteorológica Mundial (OMM), cuyos orígenes se remontan a la Organización Meteorológica Internacional, fundada en 1873. México es miembro de este organismo desde que fue creado en 1950 y establecido como organismo intergubernamental especializado de la Organización de las Naciones Unidas (ONU).

Dentro de los programas de vigilancia meteorológica de la OMM, resulta de particular interés mencionar el Programa de Observación Mundial (GOS, por sus siglas en inglés), el cual es un mecanismo para efectuar observaciones meteorológicas en todo el mundo, las cuales se recopilan y archivan para ser utilizadas posteriormente. México recaba y envía la información meteorológica nacional cada tres horas durante las 24 horas de los 365 días del año.

Por su parte, el SMN mantiene una alianza estratégica de cooperación técnica con el Centro de Predicción del Clima (CPC) de la Administración Nacional de la Atmósfera y el Océano (NOAA, por sus siglas en inglés), y con el Instituto Internacional de Investigación del Clima y la Sociedad (IRI, por sus siglas en inglés) de la Universidad de Columbia, ambas de los Estados Unidos de América.

Aunado a ello se debe mencionar el Monitor de Sequía elaborado en el SMN y que forma parte del Monitor de Sequía de América del Norte (NADM, por sus siglas en inglés), en el que participan especialistas de México, Estados Unidos de América y Canadá, y ha estado vigente desde 2002, mediante el análisis de diversos índices e indicadores, como el Índice Estandarizado de Precipitación (SPI, por sus siglas en inglés), el Índice de Sequía de Palmer y Anomalía de Lluvia, entre otros. En extensión, el SMN participa activamente en el Sistema Nacional de Protección Civil (SNPC) al informar –antes, durante y después de la afectación– sobre eventos hidrometeorológicos extremos como ciclones tropicales, frentes fríos, tormentas invernales, temporales de lluvia, ondas de calor, ondas frías, tormentas severas, tornados y otros fenómenos. Además de participar activamente en el Sistema Nacional de Alertas sobre Ciclones y Frentes Fríos, denominados SIAT-CT y SIAT-FF, que son herramientas operativas utilizadas por el SNPC. Aunado a ello, el SMN colabora directamente en los dictámenes técnicos de emergencias y desastres para el Fondo Nacional de Desastres Naturales (FONDEN) de la Coordinación Nacional de Protección Civil de la Secretaría de Gobernación (SEGOB) del Gobierno de la República.

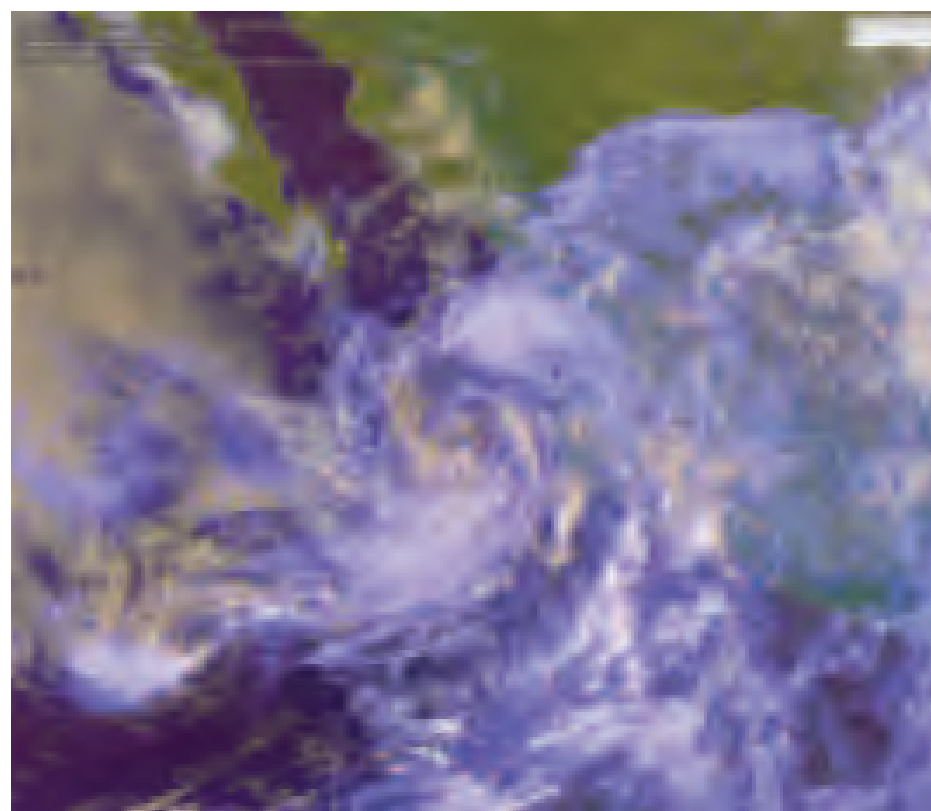
En materia de transversalidad y modernización del SMN, la institución se encuentra coordinada por el Consejo Técnico Asesor (CTA) del propio Servicio, en el cual participan representantes de instituciones académicas, como el Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM y el IPN, de organismos gubernamentales, entre ellas el IMTA y la CFE, además de entidades de los sectores productivos, entre ellas la Fundación Produce.

Como parte de la visión futura del SMN, se debe mencionar la activa recopilación y análisis de información meteorológica y climatológica para conocer los efectos del cambio climático en México, a fin de determinar las medidas de mitigación y adaptación para afrontarlo.

Además, con el fin de avanzar en el cumplimiento de las líneas estratégicas del programa para la modernización “MoMet”, el SMN ha dedicado grandes esfuerzos a rubros específicos como el desarrollo de capacidades regionales, la colaboración con instituciones nacionales y extranjeras, especialmente de nuestros vecinos, la modernización de sus redes de observación y la capacitación constante del per-



Estación meteorológica automática en Mulegé, Baja California Sur.



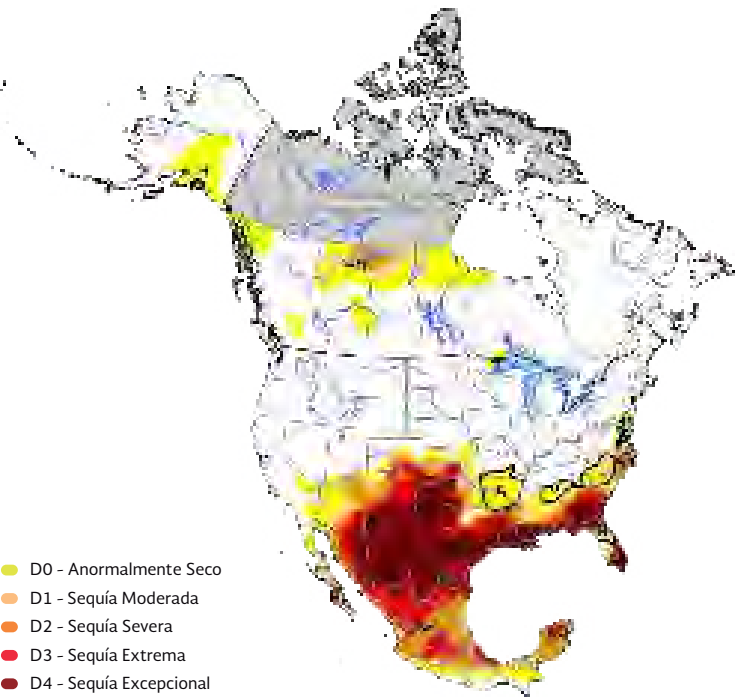
Tormenta Tropical Erick en el océano Pacífico.

El sistema se localizó a 335 kilómetros al oeste-noroeste de Manzanillo, Colima, y 420 kilómetros al sureste de Cabo San Lucas, Baja California Sur, con vientos sostenidos de 110 kilómetros por hora (kilómetros por hora) y rachas de 140 kilómetros por hora. Colaboración: Ing. Fausto Miguel Sánchez González-Percepción Remota. Archivo: Conagua-SMN.



Centro Hidrometeorológico Regional Mérida, Yucatán. Archivo: Conagua-SMN.

Monitor de Sequía de América del Norte
Junio 31, 2011



- D0 - Anormalmente Seco
- D1 - Sequía Moderada
- D2 - Sequía Severa
- D3 - Sequía Extrema
- D4 - Sequía Excepcional

sonal. Asimismo, encabeza una iniciativa para coordinar e integrar las previsiones que actualmente se realizan en diversas entidades, como la Secretaría de Marina (SEMAR), la CFE y la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), entre otras, con el objetivo de establecer un Servicio que permita mejorar los pronósticos y las alertas ante fenómenos hidrometeorológicos.

Con todo esto, el SMN busca elaborar pronósticos cada vez más precisos para apoyar en forma determinante los esfuerzos que realiza el Gobierno de la República mediante iniciativas como la Cruzada Nacional contra el Hambre, el Programa Nacional contra la Sequía, el Programa Nacional de Prevención contra Contingencias Hidráulicas, la Política Nacional Turística y la Estrategia Digital Nacional.



Monitor de sequía de Norteamérica correspondiente al mes de junio de 2011. Ese año fue uno de los más secos en la historia de nuestro país. Casi todo el territorio nacional presentó algún grado de sequía.



Nuestras voces y rostros

DESPUÉS de recorrer las innumerables instalaciones que supervisa, resguarda y vigila la Comisión Nacional del Agua permanentemente, en su calidad de representante del Estado Mexicano, resulta imprescindible extender un merecido agradecimiento a los héroes anónimos adscritos a cada una de ellas: los ingenieros y arquitectos que las diseñaron y supervisaron la calidad de su edificación; los trabajadores de la cal y el cemento que desde el alba han empeñado toda su capacidad en edificar lo que pareciera imposible para muchos ojos; los residentes de obra que se han encargado de revisar que cada material y proceso se apegue a la normatividad para asegurar un funcionamiento primario prolongado y con los resultados previstos; los grupos de atención de emergencias que al momento de socorrer a un compatriota siempre se encuentran en la primera trinchera; los cargos administrativos y logísticos que refuerzan el prestigio de la Comisión mientras convierten en un éxito permanente la experiencia del trabajo diario; así como los contratistas y ejecutores de obra que han puesto lo mejor de sí para brindar a la comunidad y México las mejores condiciones en los encargos encomendados.

Un motivo para seguir trabajando incansablemente estriba en haber certificado un hecho sin duda memorable: la instalación de los servicios de agua potable, drenaje y desalojo de aguas pluviales y residuales, así como su posterior tratamiento, en una comunidad aislada que, en algunos casos, por mucho tiempo careció de ellos, sin importar el alcance de los retos y venciendo toda clase de adversidades.

Por ello, cada día que empieza es un motivo para levantar la frente y consolidar a la Comisión Nacional del Agua como un actor de primera línea en el México que todos anhelamos, contribuyendo también a crear una Cultura del Agua que a través de un uso sustentable del recurso vital, asegure la paz, estabilidad, armonía, desarrollo y la vida de todos los mexicanos.

Ésta es nuestra encomienda; de ella deviene la acción y por ello Vamos a Mover a México.



Fuentes de información

Agua Xalapa (2013). "Antecedentes", en *Portal Comisión Municipal de Agua Potable y Saneamiento de Xalapa*. Disponible en Internet: <http://www.aguaxalapa.gob.mx/>. Consultado el 13 de noviembre de 2013.

Aguado Alonso, José (2011). "Ingeniería hidráulica mexicana: el acueducto de Chapultepec", en *Portal Mi+D*. Disponible en Internet:<http://www.madrimas.org/blogs/remtavares/2011/05/24/131630>. Consultado el 19 de marzo de 2013.

Aguilera Herrera, Nicolás (1979). "Estudio edafológico del Distrito de Riego 04, estados de Coahuila y Nuevo León", en *Revista del Instituto de Geología*, vol. 3, núm. 1, UNAM, pp. 58-80. Disponible en Internet: [http://rmcg.unam.mx/3-1/\(6\)Aguilera.pdf](http://rmcg.unam.mx/3-1/(6)Aguilera.pdf). Consultado el 10 de noviembre de 2013.

AHA (2013). "Bosquejo histórico del desagüe de la ciudad de México", en Portal Archivo Histórico del Agua, octubre. Disponible en Internet: <http://www.archivohistoricodelagua.info>. Consultado: 29-31 de octubre de 2013.

Aréchiga Córdova, Ernesto (2004). "Lagos del Valle de México: El desagüe del Valle de México siglos XVI-XXI. Una historia paradójica", en *Arqueología Mexicana*, vol. 12, núm. 68, julio-agosto. Disponible en Internet: www.arqueomex.com. Consultado: 29-31 de octubre de 2013.

Arqueología Maya (2013). "Los chultunes", en *Arqueología Maya*. Disponible en Internet: <http://www.arqueologia-maya.org/arquitectura-maya-prehispanica-mesoamerica-centro-america/chutunes-depositos-prehispanicos-de-tierras-bajas-caliza-temazcal.php>. Consultado el 21 de octubre de 2013.

Arreguín Cortés, Felipe I. (2011). *Programa Playas Limpias, Avances y Retos*, México, SEMARNAT/CONAGUA.

Arzate, Esther (2011). "El Sistema hidrológico Necaxa en agonía", en *El Financiero*, 24 de noviembre. Disponible en Internet: http://biblioteca.iiiec.unam.mx/index.php?option=com_content&task=view&id=11462&Itemid=146. Consultado el 9 de noviembre de 2013.

Auvinet Guichard, Gabriel (2009). *Doscientos años en la historia de la ingeniería en México*, Tomo 5, México, Colección Memorias de la Revolución en México 20/10. Disponible en Internet: <http://www.terra.com.mx/articulo.aspx?articuloId=876983>. Consultado: 29-31 de octubre de 2013.

Ayuntamiento de Aguascalientes (2012). "1. Agua", en *Programa Línea Morada*, Aguascalientes, Secretaría del Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable de Aguascalientes. Disponible en (<http://www.ags.gob.mx/semadesu/imgs/8/Agua.pdf>). Consultado el 13 de noviembre de 2013.

Ayuntamiento de Tepetzotlán (2013). "Arcos del Sitio, Tepetzotlán", en *Portal del Ayuntamiento de Tepetzotlán*. Disponible en (www.tepotzotlan.gob.mx). Consultado 29-31 de octubre de 2013.

Barrios Ordóñez, J. Eugenio (2006). "Programa de manejo del Sistema Hidrológico de Necaxa: dia-gnóstico, implementación y financiamiento", en *XXVIII Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental*, AIDIS-FEMISCA. Disponible en (<http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/mexico26/viii-009.pdf>). Consultado el 8 de noviembre de 2013.

BBC Ciencia (2010). "Los mayas, sofisticados fontaneros", en *Journal of Archaeological Science. Revista de Ciencia Arqueológica*. Disponible en (http://www.bbc.co.uk/mundo/ciencia_tecnologia/2010/). Consultado: 29-31 de octubre de 2013.

Bonilla, María Noemí et al. (2007). "Estudio fisicoquímico de la calidad del agua para riego del canal principal que abastece al distrito de riego 030 "Val-sequillo", en *II Congreso Virtual sobre Tecnología, Educación y Sociedad*. Disponible en (http://www.ride.org.mx/docs/publicaciones/10/ciencia_investigacion/A07.pdf). Consultado el 21 de octubre de 2013.

Bracamontes Sosa, Pedro (1990). "Sociedades de sirvientes y uso del espacio en las haciendas de Yucatán: 1800-1860", en *Revista Digital Universitaria*, vol. 13 núm. 12, diciembre. Disponible en (<http://www.revista.unam.mx/vol.13/num12/art120/>). Consultado el 26 de marzo de 2013.

Bravo Espinoza, Miguel et al. (2012). *Contribuciones para el desarrollo sostenible de la cuenca del lago Cuitzeo*, Michoacán, México, UNAM.

Bustamante Harfush, María (s.f.). "Casa de Bombas de la Condesa", en *Portal Cronistas DF*. Disponible en (<http://www.cronistasdf.org.mx/42401/48132.html>). Consultado el 9 de noviembre de 2013.

Cajeme (s.f.). "Presas Álvaro Obregón", en *Portal Municipio de Cajemé-Ciudad Obregón*. Disponible en (<http://207.249.24.64/en/Cajeme/Presas>). Consultado el 10 de noviembre de 2013.

Calderón, Fabián et al. (2007). "Lombriticultura; una alternativa viable para la comunidad rural de Zacaloma, Tetela de Ocampo, Puebla", en *VI Congreso Internacional y XII Nacional de Ciencias Ambientales*, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (DICA-ICUAP) Escuela de Ingeniería Agroindustrial. Campus Acatzingo. Disponible en (http://www.uaemex.mx/Red_Ambientales/docs/congresos/CIHUA-HUA/docs/141-162.pdf). Consultado el 18 de octubre de 2013.

Canabal Cristiani, Beatriz (1997). "La chinampería actual en el valle de México-Xochimilco", en *Portal Librable*. Disponible en (<http://librable.com.mx/p/10637>). Consultado el 18 de marzo de 2013).

Canchola Romero, Enrique (2011). *La traza novohispana de la ciudad de México: herencia de una idea renacentista*, México, tesis de la Universidad del Claustro de Sor Juana.

Disponible en (<http://201.147.150.252:8080/jspui/bitstream/123456789/1775/1/ARTICULO%20FINAL.pdf>). Consultado: 29-31 de octubre de 2013.

CAPAMA (2010). "Programa de saneamiento Integral de la Bahía de Acapulco", presentación de CONAGUA/Gobierno del Estado de Guerrero. Disponible en (http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/Acapulco_Gro.pdf). Consultado el 13 de noviembre de 2013.

Castañeda, Rocio, *Irrigación y reforma agraria*, México, CIESAS, 1995.

CEA (2011). "San Pedro Mártir", en *Portal CEA Querétaro*, 13 de octubre. Disponible en (<http://www.ceaqueretaro.gob.mx/informacion.aspx?q=569NSjXJSufya3mYg4sXGts+CiStA/OP>). Consultado el 14 de noviembre de 2013.

CEA-Jalisco (2012). "Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Agua Prieta", presentación. Disponible en (http://www.ceajalisco.gob.mx/notas/.../ptar_agua_prieta_enero_2012.pdf). Consultado el 13 de noviembre de 2013.

CEA-Jalisco (2012). *El Ahogado*, Guadalajara, CEA/Gobierno del Estado de Jalisco. Disponible en (<http://sinat.semarnat.gob.mx/dgiraDocs/documentos/jal/estudios/2004/141A2004H0010.pdf>). Consultado el 13 de noviembre de 2013.

CEA-Jalisco (2013). "Principales presas en Jalisco", en *Portal Comisión Estatal del Agua de Jalisco*. Disponible en (<http://www.ceajalisco.gob.mx/presajal.html>). Consultado en octubre de 2013.

CEA-Qro. (2008). "Acueducto II, México (ficha técnica de la Comisión Estatal de Agua de Querétaro)", en *Acaulia*. Disponible en ([http://www.aqualia-infraestructuras.es/media/docs/Ficha%20tecnic%20Aquaducto%20II%20Querretaro%20\(WEB\).pdf](http://www.aqualia-infraestructuras.es/media/docs/Ficha%20tecnic%20Aquaducto%20II%20Querretaro%20(WEB).pdf)). Consultado el 12 de noviembre de 2013. [Datos aproximados a 2008.]

CEA-Qro. (2011). "Una obra monumental", en *Portal CEA Querétaro*. Disponible en (<http://www.ceaqueretaro.gob.mx/informacion.aspx?q=569NSjXJSuflpQpH0zzDl/pzQ7ANi9zm>). Consultado el 12 de noviembre de 2013.

CEAT (2012). "Cuenca del Río Bravo, Región hidrológica núm. 24", en *Portal Comisión Estatal del Agua de Tamaulipas*. Disponible en (http://ceat.tamaulipas.gob.mx/wp-content/uploads/2012/08/Marte_R_Gomez.pdf). Consultado el 11 de noviembre de 2013.

CEAT (2012). "Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Apizaco B", en *Portal Comisión Estatal de Agua de Tlaxcala*, junio. Disponible en (file:///C:/Users/m68m-s2/Desktop/ESTADOS/Tlaxcala/CEAT-Tlaxcala-PTAR%20Apizaco%20B.htm). Consultado el 14 de noviembre de 2013.

CEAT (2012). "Principales presas de Tamaulipas", en *Portal Comisión Estatal del Agua de Tamaulipas*. Disponible en (http://ceat.tamaulipas.gob.mx/wp-content/uploads/2012/08/Vicente_Guerrero.pdf). Consultado el 11 de noviembre de 2013.

Cedeño Valdés, Paloma Carolina et al. (2004). "Química y fitorremediación de la presa Manuel Ávila Camacho "Valsequillo", Puebla, Pue.", en *Portal Ciencias Ambientales*, artículo. Disponible en (http://www.uaemex.mx/Red_Ambientales/docs/congresos/MORELOS/Extensio/TA/EO/TAO-52.pdf). Consultado el 10 de noviembre de 2013.

Cervantes Sánchez, Enrique (2012). "El desarrollo de la ciudad de México", en *Portal Posgrado UNAM*, enero. Disponible en (http://www.posgrado.unam.mx/publicaciones/ant_omnia/11/03.pdf). Consultado: 29-31 de octubre de 2013.

CESPE (2012). "VIII Encuentro Nacional de Playas Limpias. Saneamiento en Ensenada, Baja California", presentación, Comisión Estatal de Servicios Públicos de Ensenada/CONAGUA. Disponible en (<http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Contenido/Documentos/P1-Saneamiento%20en%20Ensenada,%20Baja%20California.pdf>). Consultado el 14 de noviembre de 2013.

CFE (2012). "Datos técnicos de las principales centrales de la CFE en operación en 2012", documento. Disponible en (http://www.sener.gob.mx/res/PE_y_DT/ee/Datos_Tecnicos_de_las_principales_Centrales_en_Operacion_de_CFE.pdf). Consultado el 11 de noviembre de 2013.

CFE (2012). "La primera hidroeléctrica en México", en *75 aniversario CFE*. Disponible en (<http://www.aniversariocfe.com/2012/09/la-primerahidroelectrica-en-mexico/>). Consultado el 9 de noviembre de 2013.

Chávez, A.C. y Jacinta Palerm (2012). *Organizaciones autogestivas en los distritos de riego: el caso del módulo II (Nazas) del Distrito de Riego 017*, México, Redissa. Disponible en (http://redissa.hostei.com/congreso_2012/Chairez-Nazas_con_figuras.pdf). Consultado el 8 de septiembre de 2013.

CIMESA (2013). "Comienzan a operar los primeros 10 km del Túnel Emisor Oriente", en *Portal CIMESA*, 13 de junio. Disponible en (<http://www.cimesa.net/node/307>). Consultado el 13 de noviembre de 2013.

Club del Planeta (s.f.). "Sierra de San Francisco", en *Portal Club del Planeta*. Disponible en (http://www.elclima.com.mx/sierra_de_san_francisco.htm). Consultado el 10 de septiembre de 2013.

CMAS-Xalapa (2012). "Planta Potabilizadora", en *Portal Comisión Municipal de Agua Potable y Saneamiento de Xalapa*. Disponible en (<http://www.aguaxalapa.gob.mx/nuestrasOficinas.php>). Consultado el 13 de noviembre de 2013.

CMAS-Xalapa (2012). *Segundo Informe de Gobierno 2012*, Xalapa, CMAS/H. Ayuntamiento de Xalapa. Disponible en (<http://www.aguaxalapa.gob.mx/transparencia/11-Informes/Informe-CMAS-2012.pdf>). Consultado el 14 de noviembre de 2013.

CNA-Monterrey (2011). "Monterrey VI. Acueducto Tapaón-Cerro Prieto. Reunión Nacional de Organismos Operadores en Puebla", presentación. Consultado el 12 de noviembre de 2013.

COCEF (2002). *Proyecto de Modernización y Tecnificación de los Distritos de Riego del Río Conchos*. Documento para la Certificación del Proyecto por la COCEF, Chihuahua. Disponible en (http://server.cocef.org/aproyectos/ExcomRioConchos2002_10_17espfinal.htm). Consultado en octubre de 2013.

COEDH (2009). "V. Caracterización general de las Áreas Naturales Protegidas", documento del Consejo Estatal de Ecología del Estado de Hidalgo. Disponible en (http://coedeh.hidalgo.gob.mx/anp_coede%202009/5.-Registro%20y%20Sistema%20EANPJulio%20Desarrollo_.pdf). Consultado el 11 de noviembre de 2013.

COFEMERMIR (2006). "Presas El Mocúzari, parte 1", documento. Disponible en (<http://www.cofemermir.gob.mx/mir/uploadtests/14707.66.59.1.PRESA%20EL%20MOCUZARI%20PARTE%201.pdf>). Consultado el 11 de noviembre de 2013.

COFEMERMIR-INP (2001). "3. Área de estudio", documento del Instituto Nacional de Pesca. Disponible en (<http://www.cofemermir.gob.mx/mir/uploadtests/12777.66.59.7.Estudio%20angostura%20parte%204.pdf>). Consultado el 11 de noviembre de 2013.

COFEMERMIR (2005). "Presas El Infiernillo", documento. Disponible en (<http://www.cofemermir.gob.mx/.../14709.66.59.2.infiernillo%20ultima%20ver>). Consultado el 11 de noviembre de 2013.

COFEMERMIR (2006). "Presas Oviáchic, parte 1", documento. Disponible en (<http://www.cofemermir.gob.mx/mir/uploadtests/14698.66.59.1.PRESA%20OVIACHIC%20PARTE%201.pdf>). Consultado el 10 de noviembre de 2013. [Fecha aproximada.]

COFEMERMIR (2007). *Plan de Manejo para la Presa "Cajón de Peña"*. Tamaulán, Guadalajara, Cofemermir. Disponible en (<http://www.cofemermir.gob.mx/mir/uploadtests/14667.66.59.1.PLAN-FINAL-%20PARTE%201%20junio-07.pdf>). Consultado en octubre de 2013.

Comisión Internacional de Límites y Aguas entre México y Estados Unidos (2010). "Situación en presas internacionales La Amistad y Falcón", en Boletín de Prensa, 22 de octubre, Ciudad Juárez. Disponible en (<http://www.sre.gob.mx/cilanorte/images/stories/pdf/prensa74.pdf>). Consultado el 11 de noviembre de 2013.

Comisión Nacional de Irrigación (2009). "Organización del Archivo Histórico del Distrito de Riego 01 de Pabelón de Arteaga, Aguascalientes", documento. Disponible en (http://www.aguascalientes.gob.mx/segb/DGA/DOCS/ORG_DRIEGO01.pdf). Consultado el 10 de noviembre de 2013. [Con datos de 2009.]

CONABIO (2007). *Reserva de la Biosfera Ría Lagartos*, México, SEMARNAT/INE/Conabio. Disponible en (www.inecc.gob.mx).

CONABIO (2008). *Reserva Especial de la Biosfera Ría Lagartos*, México, Conabio. Disponible en (<http://www.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/2/lagartos.html>).

CONACULTA (2003). *Cuencas hidrográficas de México 2003*, México, SEMARNAT.

CONACULTA (2010). *Programa de Acciones Estatales 2010-2030*, Chihuahua, CONAGUA. Disponible en ([ftp://ftp.conagua.gob.mx/Ftp/PHR/Programas](http://ftp.conagua.gob.mx/Ftp/PHR/Programas)). Consultado el 9 de septiembre de 2013.

CONACULTA (2011). "Morelia, ciudad mexicana Patrimonio Mundial", documento. Disponible en (www.conaculta.gob.mx/turismocultural). Consultado: 29-31 de octubre de 2013.

CONAE (1995). "2. La minihidráulica en México". Disponible en (<http://www.conae.gob.mx/work/sites/CONAE/resources/LocalContent/7086/2/cap2.pdf>). Consultado el 10 de noviembre de 2013.

CONAGUA (2002). Integración del Plan de Manejo para el Acuífero Interestatal Ojo Caliente-Aguascalientes-Encarnación, Apéndice 1. Estudios Previos, Aguascalientes, Comité Técnico de Aguas Subterráneas Ojo Caliente. Disponible en (<http://www.cotas.org.mx/documentos/CD%201/.../Apéndice%201.doc>). Consultado el 8 de septiembre de 2013.

CONAGUA (2005). *Sistema Cutzamala. Agua para millones de mexicanos*, México, SEMARNAT. Disponible en (<http://www.conagua.gob.mx/conagua07/contenido/Documentos/LIBROS%20BLANCOS/CONAGUA-02%20Rehabilitaci%C3%B3n,%20modernizaci%C3%B3n%20y%20equipamiento%20de%20los%20Distritos%20de%20Riego.pdf>). Consultado el 12 de noviembre de 2013.

CONAGUA (2006). *Plan director para la modernización integral del riego del Distrito de Riego 025 Bajo Río Bravo*, Tamaulipas, Tampico, SEMARNAT/UACh Disponible en (<http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/PLANDIRECTORDR025.pdf>). Consultado el 11 de noviembre de 2013.

CONAGUA (2007). "Inauguran acueducto López Mateos-X'pujil para abastecer de agua potable a 19 comunidades del municipio de Calakmul, Campeche", en *Comunicado de Prensa*, núm. 090-07, 28 de junio. Disponible en ([ftp://ftp.conagua.gob.mx/.../DOCUMENTOS%20FINALES%20INTEGR](http://ftp.conagua.gob.mx/.../DOCUMENTOS%20FINALES%20INTEGR)). Consultado el 12 de noviembre de 2013.

CONAGUA (2007). Distrito de Riego 010 Culiacán Humaya. Resumen Ejecutivo, Culiacán, Conagua. Disponible en (<http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/PLANDIRECTORDR010.pdf>). Consultado en octubre de 2013.

CONAGUA (2009). *Estadísticas del agua de la Región Hidrológico-Administrativa XIII, Aguas del Valle de México 2009*, México, SEMARNAT. Disponible en (<http://www.conagua.gob.mx/conagua07/noticias/oc-avm-1-eaocavm2009.pdf>). Consultado el 11 de noviembre de 2013.

CONAGUA (2009). *Fideicomiso del Fondo de Fomento Agropecuario del Estado de Quintana Roo. Modernización y Tecnificación de Unidades de Riego 2009*, México, SEDARI. Disponible en (http://www.conagua.gob.mx/DLQroo07/Noticias/LISTA_BENEFICIADOS_HIDROAGRICOLAS_2009_QROO.pdf). Consultado el 8 de septiembre de 2013.

CONAGUA (2009). *Modernización y Tecnificación de Unidades de Riego 2009*, México, SEMARNAT.

CONAGUA (2009). *Programa Hídrico por Organismo de Cuenca Río Bravo. Visión 2030*, México, SEMARNAT.

CONAGUA (2009). *Programa Hídrico Visión 2030 del Estado de Jalisco*, Guadalajara, SEMARNAT. Disponible en (http://www.cmic.org/comisiones/sectoriales/infraestructurahidraulica/publicaciones_conagua/Pdf/publicaciones/PHV2030EJALISCO2009.pdf). Consultado el 11 de noviembre de 2013.

CONAGUA (2009). *Semblanza histórica del agua en México*, México, SEMARNAT. Disponible en (<http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/SGP-28SemblanzaHist%C3%B3ricaM%C3%A9xico.pdf>).

CONAGUA (2010). "Conagua y el gobierno de Chihuahua ponen en marcha nuevas obras hidráulicas en Ciudad Juárez", en *Comunicado de Prensa*, núm. 043-11, 9 de agosto.

CONAGUA (2010). *Atlas del agua en México 2012*, México, Conagua. [Con información de 2010.]

CONAGUA (2011). *Evaluación de Consistencia y Resultados 2011-2012. Programa de Modernización y Tecnificación de Unidades de Riego*, SEMARNAT. Disponible en (http://www.semarnat.gob.mx/programas/evaluaciones/2012/Documents/S217_CONAGUA_ECyR_2012.pdf). Consultado el 8 de septiembre de 2013.

CONAGUA (2011). "Conagua invierte 20 mdp para proteger contra inundaciones a ciudadanos del municipio de Puente de Ixtla", en *Comunicado de Prensa*, núm. 043-11, 9 de agosto.

CONAGUA (2011). "Proyectos de infraestructura de abastecimiento de agua potable", presentación del 5 de agosto. Disponible en (<http://ferrusca.files.wordpress.com/2013/03/ptpi4.pdf>). Consultado el 12 de noviembre de 2013.

CONAGUA (2011). "A partir de este año ninguna inundación más sobre Villahermosa, asegura Conagua", en *Comunicado de Prensa*, núm. 023-2011, 23 de agosto.

CONAGUA (2011). "Anuncia Conagua inversión de 6 mdp para proyectos ejecutivos de presas rompepicos en el río Yauatepec", en *Comunicado de Prensa*, núm. 037-11, 27 de julio.

CONAGUA (2011). "El Acueducto II dará viabilidad hídrica a Querétaro en los siguientes 30 años", en *Comunicado de Prensa*, núm. 039-11, 17 de febrero. Disponible en (<http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/NotaP/Comunicado%20de%20Prensa%2039-11.pdf>). Consultado el 12 de noviembre de 2013.

CONAGUA (2011). "La Conagua presentó ante opositores a la presa El Zapotillo las alternativas que se estudiaron y descartaron en su momento", en *Comunicado de Prensa*, núm. 109-11. Disponible en (<http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Comunicados/Comunicado%20de%20Prensa%20109-11.pdf>). Consultado el 12 de noviembre de 2013.

CONAGUA (2011). "La modernización del Módulo de Riego La Purísima permitirá tecnificar tres mil 800 hectáreas", en *Comunicado de Prensa*, núm. 338-11, Guadalajara, Jal., 8 de octubre. Disponible en (<http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Comunicados/Comunicado%20de%20Prensa%20338-11.pdf>). Consultado el 8 de septiembre de 2013.

CONAGUA (2011). "Presas La Cangrejera", documento en línea. Disponible en (<http://www.conagua.gob.mx/ucgc07/Temas/PRESA%20LA%20CANGREJERA.pdf>). Consultado el 12 de noviembre de 2013.

CONAGUA (2011). "Proyectos Estratégicos", presentación. Disponible en (<http://www.promexico.gob.mx/userfiles/images/SeguimientoPNI.pdf>). Consultado el 12 de noviembre de 2013.

CONAGUA (2011). "Usos del agua", en *Atlas virtual*. Disponible en (<http://www.conagua.gob.mx/atlas/usosdelagua32.html>). Consultado el 11 de noviembre de 2013.

CONAGUA (2011). *Actualización del Manual de Operación del Programa S217 Modernización y Tecnificación de Unidades de Riego*, México, SEMARNAT. Disponible en (http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/Manual_S217MTUR_2011.pdf). Consultado en octubre de 2013.

CONAGUA (2011). *Estadísticas del agua en México 2011*, México, SEMARNAT. Disponible en (<http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/SGP-1-11-EAM2011.PDF>). Consultado el 12 de noviembre de 2013.

CONAGUA (2011). *Inventario nacional de plantas municipales de potabilización y de tratamiento de aguas residuales en operación*. Diciembre de 2011, México, SEMARNAT. Disponible en (<http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/Inventario%20nacional%20de%20plantas%20municipales%202009.pdf>). Consultado el 4 de septiembre de 2013.

CONAGUA (2011). *Memoria descriptiva de la presa General Ramón Corona Madrigal (Trigomil)*, Municipio de Unión de Tula, Jalisco, Guadalajara, Conagua. Disponible en ([ftp://ftp.conagua.gob.mx/SIS1610100046511/Gral.%20Ram%F3n%20Corona%20Madrigal.pdf](http://ftp.conagua.gob.mx/SIS1610100046511/Gral.%20Ram%F3n%20Corona%20Madrigal.pdf)). Consultado en octubre de 2013.

CONAGUA (2011). "Manejo Hídrico Integral del Valle de San Luis Potosí", CNA/ONU/WB/GSLP. Disponible en (<http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/PTPI2.pdf>). Consultado el 12 de noviembre de 2013.

CONAGUA (2012). "La Conagua inicia obras fundamentales para la protección de centros de población y el abastecimiento de agua en BCS", en *Comunicado de Prensa*, núm. 352-12, 12 de octubre.

CONAGUA (2012). "Programa anual de obra pública (PAOP-2012)", documento, SEMARNAT.

CONAGUA (2012). "Con la operación de la planta Acapantzingo, de la Conagua, Morelos aumenta 71 por ciento el tratamiento de sus aguas negras", en *Comunicado de Prensa*, núm. 105-12, 16 de marzo. Disponible en (<http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/NotaP/Comunicado%20de%20Prensa%20%20105-12.pdf>), Consultado el 14 de noviembre de 2013.

CONAGUA (2012). "La Conagua implementa en Baja California una estrategia de modernización hidrogrícola para usar eficientemente el agua", en *Comunicado de Prensa*, 31 de enero.

Conagua (2012). "Las inversiones en la cuenca del río Yatepec suman 198 millones de pesos: Conagua", en *Comunicado de Prensa*, núm. 028-12, 9 de agosto.

CONAGUA (2012). "Parque Ecológico Lago de Texcoco: rescate del último reducto lacustre", en *Las Vertientes de la Conagua*, año 18, núm. 198, SEMARNAT, octubre. Disponible en (http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Vertientes/V198_octubre2012.pdf). Consultado el 11 de noviembre de 2013.

CONAGUA (2012). "Planta de bombeo Casa Colorada Profunda", en *Portal CONAGUA*. Disponible en (<http://www.conagua.gob.mx/sustentabilidadhidricadelvalledemexico/BeneficiosConstruccionTEO.aspx?Pag=8>). Consultado el 13 de noviembre de 2013. [Información actualizada a 2012.]

CONAGUA (2012). "Túnel Emisor Oriente", en *Portal CONAGUA*. Disponible en (<http://www.conagua.gob.mx/sustentabilidadhidricadelvalledemexico/tunelemisororient.aspx>). Consultado el 13 de noviembre de 2013. [Información actualizada a 2012.]

Conagua (2012). *Acciones de infraestructura de drenaje y abastecimiento de agua en el Valle de México 2007-2012*, México, SEMARNAT. Disponible en (www.conagua.gob.mx/InformeDifusionIngenieriaPSHCVM.pdf). Consultado el 13 de noviembre de 2013.

CONAGUA (2012). *Atlas Digital del Agua 2012* en línea. Disponible en (<http://www.conagua.gob.mx/atlas/usosdelagua33.html>). Consultado el 10 de noviembre de 2013.

CONAGUA (2012). *Expectativas del año agrícola 2012-2013 en Distritos de Riego y Planes contra Sequías Hidrológicas*, México, Subdirección General de Infraestructura Hidroagrícola-Gerencia de Distritos de Riego. Disponible en (http://www.cmdrs.gob.mx/prev/comisiones/copredes/reuniones/2012/4a_ordinaria/conagua.pdf). Consultado en octubre de 2013.

CONAGUA (2012). *Libro Blanco CONAGUA 01. Programa Integral Hídrico de Tabasco (PIHT)*, México, CONAGUA. Disponible en (<http://www.conagua.gob.mx/conagua07/contenido/Documentos/LIBROS%20BLANCOS/CONAGUA-01%20Programa%20Integral%20de%20Tabasco%20%28PIHT%29.pdf>). Consultado el 11 de noviembre de 2013.

CONAGUA (2012). *Libro Blanco- Conagua-04, Sustentabilidad del Sistema Cutzamala*, México, SEMARNAT. Disponible en (<http://www.conagua.gob.mx/conagua07/contenido/Documentos/LIBROS%20BLANCOS/CONAGUA-04%20Sustentabilidad%20del%20Sistema%20Cutzamala.pdf>). Consultado el 11 de noviembre de 2013.

CONAGUA (2012). *Libro Blanco Conagua-07. Programa Parque Ecológico Lago de Texcoco (PELT)*, México, SEMARNAT. Disponible en ([http://www.conagua.gob.mx/conagua07/contenido/Documentos/LIBROS%20BLANCOS/CONAGUA-07%20Programa%20Parque%20Ecol%20C3%20B3gico%20Lago%20de%20Texcoco%20\(PELT\).pdf](http://www.conagua.gob.mx/conagua07/contenido/Documentos/LIBROS%20BLANCOS/CONAGUA-07%20Programa%20Parque%20Ecol%20C3%20B3gico%20Lago%20de%20Texcoco%20(PELT).pdf)). Consultado el 11 de noviembre de 2013.

CONAGUA (2012). *Memoria documental. Programa para la modernización de Organismos Operadores de Agua 2007-2012*, México, Promagua. Disponible en ([http://www.conagua.gob.mx/conagua07/contenido/Documentos/MEMORIAS%20DOCUMENTALES/Memoria%20Documental%20PROMAGUA%20vfinal%20\(24-oct-2012\).pdf](http://www.conagua.gob.mx/conagua07/contenido/Documentos/MEMORIAS%20DOCUMENTALES/Memoria%20Documental%20PROMAGUA%20vfinal%20(24-oct-2012).pdf)). Consultado el 13 de noviembre de 2013.

CONAGUA (2012). *Padrón de Beneficiarios 2012 del Programa S079: Rehabilitación, Modernización y Equipamiento de Distritos de Riego*, México Conagua. Disponible en (http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/Beneficiarios_2012_S079.pdf). Consultado el 8 de septiembre de 2013.

CONAGUA (2012). *Programa de Acciones y Proyectos para la Sustentabilidad Hídrica Visión 2030 del estado de Chiapas (PAPSHE)*, México, SEMARNAT. Disponible en (<http://pronacose.uacj.mx/Carpetal1erTaller/3.%20PROGRAMA%20DE%20ACCIONES%20Y%20PROYECTOS%20PARA%20LA%20SUSTENTABILIDAD%20HIDRICA/PAPSHE%20Chiapas.pdf>). Consultado el 9 de septiembre de 2013.

CONAGUA (2012). *Programa Hídrico Regional Visión 2030, Región Hidrológico-Administrativa XII Península de Yucatán*, México, SEMARNAT. Disponible en (<http://pronacose.uacj.mx/Carpetal1erTaller/4.%20PROGRAMA%20H%20C3%20B3gico%20REGIONAL/XII%20PHOCYP.pdf>). Consultado el 9 de septiembre de 2013.

CONAGUA (2012). *Situación del Subsector Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento*, México, SEMARNAT. Disponible en (<http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/SGAP-DS-40-12.pdf>). Consultado el 12 de noviembre de 2013.

CONAGUA (2013). "Estaciones climatológicas", en *Portal Conagua*. Disponible en (<http://www.conagua.gob.mx/dlbc/Contenido.aspx?n1=4&n2=12>).

CONAGUA (2013). "Estado de Durango. Descripción de las condiciones de vulnerabilidad del estado frente a fenómenos hidrometeorológicos", documento, 24 de julio.

CONAGUA (2013). "Chihuahua. Acciones inmediatas para la prevención de contingencias por inundaciones y sequía", en *Comunicado de Prensa*, julio.

CONAGUA (2013). "Fomenta Conagua la desalación como medida de adaptación a los efectos del cambio climático", en *Comunicado de Prensa*, núm. 757-13, 19 de octubre. Disponible en (<http://www.cna.gob.mx/SalaPrensa.aspx?n1=3571&n2=Comunicados>). Consultado el 12 de noviembre de 2013.

CONAGUA (2013). "Informe del Plan Hídrico Integral de Tabasco", en *Portal Conagua*. Disponible en (<http://www.cna.gob.mx/Contenido.aspx?n1=4&n2=103&n3=194>). Consultado el 9 de septiembre de 2013.

CONAGUA (2013). "La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Atonilco beneficiará a más de 700 mil personas en la región", en *Comunicado de Prensa*, núm. 297-13, 5 de junio. Disponible en (<http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/NotaP/Comunicado%20de%20Prensa%20No%20297-13.pdf>). Consultado el 13 de noviembre de 2013.

CONAGUA (2013). "Proyectos Estratégicos", presentación del 22 de agosto. Disponible en (<http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/SeguimientoPNI.pdf>). Consultado el 11 de noviembre de 2013.

CONAGUA-AMEXID (2013). "Colaboran México y Japón para construir 2 plantas de tratamiento de aguas residuales en Guerrero", en *Comunicado de Prensa*, 20 de marzo. Disponible en (<http://amexcid.gob.mx/index.php/es/prensa/comunicados/1754-colaboran-mexico-y-japon-para-construir-2-plantas-de-tratamiento-de-aguas-residuales-en-guerrero>). Consultado el 14 de noviembre de 2013.

CONANP (1995). *Programa de Manejo 2. Áreas Naturales Protegidas, Reserva de la Biosfera El Pinacate y Gran Desierto de Altar*, México, Conanp. Disponible en (http://www.conanp.gob.mx/que_hacemos/pdf/programas_manejo/RBE_Pinacate.pdf).

CONANP (2000). *Programa de Manejo del Área de Protección de Flora y Fauna Islas del Golfo de California*, México, Conanp.

CONANP (2004). "Humedales de México", en *Portal Conanp*. Disponible en (<http://ramsar.conanp.gob.mx/sitios.php>). Consultado el 9 de noviembre de 2013.

CONANP (2006). *Programa de Conservación y Manejo Parque Nacional Cumbres de Monterrey*, México, Conanp. Disponible en (<http://www.conanp.gob.mx/anp/consulta/PCM-20DICO6.pdf>).

CONANP (2007). *Programa de Conservación y Manejo Parque Nacional Sierra de San Pedro Mártir*, México, Conanp/SEMARNAT.

CONANP (2007). *Programa de Conservación y Manejo. Reserva de la Biosfera Ria Lagartos*, México, Conanp. Disponible en (www.conanp.gob.mx).

CONANP (2008). *Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar (FIR), versión 2006-2008*. Disponible en (<http://ramsar.conanp.gob.mx/sitios.php>). Consultado el 22 de octubre de 2013.

CONANP (2012). "Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar (FIR)- Versión 2009-2012", documento. Disponible en (http://ramsar.conanp.gob.mx/docs/sitios/FIR_RAMRSAR/Ingresos2012/Puebla/2012%20Mexico%20Presa%20Valsequillo%20RIS.pdf). Consultado el 10 de noviembre de 2013.

Conanp (2012). *Área de Protección de Flora y Fauna Islas del Golfo de California*, México, Conanp. Disponible en (<http://islasgc.conanp.gob.mx/islas>).

CONANP (2012). *Programa de Conservación y Manejo Parque Nacional Grutas de Cacahuamilpa*, México, CONANP.

CONANP (2012). *Programa de Conservación y Manejo Parque Nacional Lagunas de Montebello*, México, Conanp/SEMARNAT.

CONANP (2012). *Programa de Conservación y Manejo Reserva de la Biosfera Mapimí*, México, CONANP. Disponible en (www.conanp.gob.mx).

CONANP (2012). *Programa de Manejo 3, Áreas Naturales Protegidas. Reserva de la Biosfera Sian Ka'an*, México, INE/SEMARNAT. Disponible en (www.conanp.gob.mx/ywww.conabio.gob.mx).

CONANP (2012). *Programa de Manejo Área de Protección de Flora y Fauna Valle de Los Crios*, México, CONANP.

CONANP (2012). *Programa de Manejo Área de Protección de Flora y Fauna Laguna de Términos*, México, CONANP.

CONANP (2012). *Programa de Manejo Parque Nacional Iztaccihuatl Po-pocatepetl*, México, CONANP.

CONANP (2012). *Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla*, México, Conanp.

CONANP (2013). *Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca*, México, Conanp. Disponible en (<http://www.conanp.gob.mx/>). Consultado el 23 de octubre de 2013.

CONANP (2013). *La Reserva de la Biosfera El Pinacate y Gran Desierto de Altar*, nominada para ser declarada Patrimonio Mundial por la Unesco, México, SEMARNAT/CONANP. Disponible en (http://www.conanp.gob.mx/difusion/comunicado.php?id_subcontenido=487).

CONANP (2013). *Programa de Manejo Área de Protección de Flora y Fauna Cascadas de Agua Azul*, México, Conanp. Disponible en (https://spc.conanp.gob.mx/pdf/PM_Cascadas_Agua_Azul_Consulta_Publica_17_02.pdf). Consultado en agosto de 2013

Congreso de la Unión (2012). "Punto de acuerdo para solicitar 70 mdp para continuar el encauzamiento de la barranca saladá", en *Gaceta 007*, 10 de octubre.

Connolly, Priscilla (2007). "¿El mapa es la ciudad? Nuevas miradas a la Forma y Levantado de la ciudad de México 1628 de Juan Gómez de Trasmonte", en *Boletín del Instituto de Geografía*, UNAM. Disponible en (<http://www.revistas.unam.mx/index.php/rig/article/view/17985>). Consultado el 31 de octubre de 2013.

COTAS-Comondú (2008). *Distrito de Riego 066, Valle de Santo Domingo, un acuífero en equilibrio*, Comondú, Comité Técnico de Aguas Subterráneas de Comondú. Disponible en (http://seia.guanajuato.gob.mx/document/EXPO2008/COTAS/Pres4_COTASVallede-SantoDomingo.pdf). Consultado el 25 de agosto de 2013.

Covarrubias Gaytán, Francisco (2008). "Los centros históricos y la ciudad actual: instrumentos de ordenamiento, conservación, revitalización e

uso", en *VII Encuentro Internacional de Revitalización de Centros Históricos*. Disponible en (<http://www.cemxm.org/descargas/files/Memoriarevitalizacion.pdf>). Consultado el 3 de noviembre de 2013.

CPCSP (s.f.). "Cuenca del río Lerma", en *Portal del Gobierno de Guanajuato*, Coordinación de Protección Civil de Seguridad Pública. Disponible en (http://proteccioncivil.guanajuato.gob.mx/atlas/diagnosticoeologico/hidro_cuenca_lerma.php). Consultado el 10 de noviembre de 2013.

Cruz Rodríguez, María Soledad (1991). "La emergencia de una ciudad novohispana. La ciudad de México en el siglo XVII", en *Zaloamati*, México, UAM. Disponible en (<http://zaloamati.azc.uam.mx/handle/11191/525>). Consultado el 16 de noviembre de 2013.

Cruz, Alejandro y Gilbert Levine (2000). *El uso de las aguas subterráneas en el Distrito de Riego 017, Región Lagunera*, México, México, IWMI. Disponible en (http://www.iwmi.cgiar.org/Publications/Latin_American_Series/pdf/3.pdf). Consultado el 8 de septiembre de 2013.

CSVA (2001). "4. Diagnóstico de los servicios y recursos hidráulicos", en *Elaboración del Programa Hídrico Preliminar*, Veracruz, Consejo del Sistema Veracruzano del Agua. Disponible en (<http://www.csva.gob.mx/biblioteca/estudiosProyectos/terminados/ProgHPre/Cap4.pdf>). Consultado el 12 de noviembre de 2013.

DDF (1975). *Memoria de las obras del sistema de drenaje profundo del Distrito Federal*, Tomo III, México, DDF. Biblioteca del Archivo Histórico del Distrito Federal. Consultado: 29-31 de octubre de 2013.

De Garay, Francisco (1888). *El Valle de México*, México, Oficina Tip. de la Secretaría de Fomento.

De la Maza, Francisco (1954). "El urbanismo neoclásico de Ignacio de Castera", en *Anales IIE22*, UNAM. Disponible en (<http://www.analesiie.unam.mx/index.php/analesie/article/download>). Consultado: 29-31 de octubre de 2013.

De la Torre Villalpando, Guadalupe (2010). "Las calles de agua de la ciudad de México en los siglos XVIII y XIX", en *Boletín de Monumentos Históricos*, Tercera Época, núm. 18, Dirección de Estudios Históricos INAH, enero-abril. Disponible en (<http://www.boletin-cnrmh.inah.gob.mx>). Consultado: 29-31 de octubre de 2013.

Domínguez Mora, Ramón (2000). "Las inundaciones en la ciudad de México. Problemática y alternativas de solución", en *Revista Digital Universitaria*. Disponible en (<http://www.revista.unam.mx/vol.1/num2/proyec1/>). Consultado el 31 de octubre de 2013.

Escalante González, Pablo et al. (2008). "Nueva historia mínima de México ilustrada", México, GDF-SE/Colmex. Disponible en (<http://www.colmex.mx/pdf/historiaminima.pdf>). Consultado el 2 de abril de 2013.

Espinosa García, Ana Cecilia y Marisa Mazari Hiriart (2009). "Pueblos indígenas de México y agua: xochimilcas", en *Atlas de Culturas del Agua en América Latina y el Caribe*, UNESCO/Instituto de Ecología-UNAM. Disponible en (http://www.unesco.org/uy/ci/fileadmin/phi/aguaycultura/Mexico/21_Xochimilcas.pdf). Consultado: 29-31 de octubre de 2013.

Espinosa Vargas, Iridia (2006). *Análisis de la producción agrícola-ganadera de la hacienda de San Juan de Dios de los Morales 1905-1906*, México, tesis de la UAM-I. Disponible en (<http://tesiuam.izt.uam.mx/uam/aspum/presentatesis.php?recno=13104&docs=UAMI13104.pdf>). Consultado: 29-31 de octubre de 2013.

Estrada, Margarita (2003). *Estación de Tres Cumbres. Proximidad y diferencia entre dos pueblos de Morelos*, México, CIESAS, p. 46.

Everett Boyer, Richard (1980). "La ciudad de México en 1628: la visión de Juan Gómez de Trasmonte", en *Revista Historia Mexicana*, vol. 29, núm. 3, El Colegio de México-Centro de Estudios Históricos, enero-marzo, pp. 447-471.

Ezcurra, Exequiel, *De las chinampas a la megalópolis. El medioambiente en la cuenca de México*, México, FCE (La Ciencia para Todos), 1995.

Fernández Tena, Carla (2013). "Cronología de México antiguo", en *Artes e Historia de México*. Cultura UNAM, octubre. Disponible en (http://www.arts-history.mx/sites/index.php?id_sitio=1508&categoria=2). Consultado: 29-31 de octubre de 2013.

Ferriño Fierro, Adrián Leonardo et al. (2010). "Control de inundaciones en zonas urbanas, caso de estudio: presa Rompepico 'Corral de Palmas' ubicada en Santa Catarina, Nuevo León (México)", en *Ciencia FIC. Revista de Divulgación Científica y Tecnológica*, núm. 1, Universidad Autónoma de Nuevo León, enero-junio.

Ferrocarriles y Obras Públicas (1999). *El desagüe del Valle de México*, México, Conacyt/Instituto de investigaciones Dr. José María Luis Mora.

Fierro Gossman, Rafael (2012). "El sistema Xochimilco/Lerma-Chapultepec", en *Portal Palanco*. La transformación de un barrio. Disponible en (<http://polancoayeryhoy.blogspot.mx/2012/07/el-sistema-xochimilcolerma-en.html>). Consultado el 9 de noviembre de 2013.

FONATUR-Cancún (2013). "Fechas importantes de FONATUR", en *Portal Cancún La Historia*.com. Disponible en (http://www.cancunlahistoria.com/cancun/fonatur_fechas.html). Consultado el 14 de noviembre de 2013.

Franco Barreno, René (2012). *Abastecimiento de agua: el caso de Ciudad Juárez, Chihuahua*, Ciudad Juárez, JMSA. Disponible en (<http://www.sre.gob.mx/cilanorte/images/stories/pdf/franco12.pdf>). Consultado el 13 de noviembre de 2013.

Gamboa Cabezas, Luis Manuel (2010). "Tula y los Toltecas", en *Portal INAH*. Disponible en (http://www.inah.gob.mx/images/stories/Materiales_consulta/monografias/tula_toltecas2.pdf). Consultado: 29-31 de octubre de 2013.

García Cortés, Adrián (2008). "Presa Sanalona cumple 60 años", en *Noroeste.Com*, el *Portal de Sinaloa*, 2 de abril. Disponible en (<http://www.noroeste.com.mx/publicaciones.php?id=364106>). Consultado el 10 de noviembre de 2013.

García Mendoza, Jaime (2012). *El uso del agua en las haciendas mineras: Ixtolucan, Cuernavaca*, Universidad Autónoma de Morelos. Disponible en (http://redissa.hostei.com/congreso_2012/Garcia_Mendoza.pdf). Consultado: 29-31 de octubre de 2013.

Gazzola, Julie y Sergio Gómez Chávez (2002). "Una propuesta sobre el proceso, factores y condiciones del colapso de Teotihuacán", en *Portal INAH Dimensión Antropológica*. Disponible en (http://www.dimensionantropologica.inah.gob.mx/?p=794#footnote_41_794). Consultado el 15 de octubre de 2013.

GDF (2007). *Programa de Manejo Sustentable del Agua para la ciudad de México*, México, GDF/Se-cretaría del Medio Ambiente/Secretaría de Obras y Servicios/Sistema de Aguas de la Ciudad de México. Disponible en (http://www.sma.df.gob.mx/dgpcp/images/ProgAgua_Cd.pdf). Consultado el 31 de octubre de 2013.

GDF (2009). "Nombre del Proyecto: Construcción de la Planta Potabilizadora 'Santa Catarina 8 y 9' con Capacidad de 100 lps ubicada en la delegación Iztapalapa", documento. Disponible en (http://www.finanzas.df.gob.mx/presupuestal/detalleProyectos/099010001%20Planta%20Potabilizadora%20_Santa%20Catarina%208%20y%209.pdf). Consultado el 12 de noviembre de 2013.

GDF (2009). "Nombre del Proyecto: Construcción de la Planta Potabilizadora 'San Lorenzo Tezonco Nuevo', con capacidad de 60 lps ubicada en la delegación Tláhuac, así como obras auxiliares y complementarias al Sistema Hidráulico del Distrito Federal", documento. Disponible en (http://www.finanzas.df.gob.mx/presupuestal/detalleProyectos/099010003%20Planta%20Potabilizadora%20_San%20Lorenzo%20Tezonco%20Nuevo.pdf). Consultado el 12 de noviembre de 2013.

GDF (2010). "Tiene Iztapalapa nueva planta potabilizadora", en *Boletín*, núm. 1487, 6 de agosto. Disponible en (00.57.131.182/noticias/libphp/makeboletindf.php?id=14057). Consultado el 12 de noviembre de 2013.

GDF (2011). *Programa de Rescate Integral de los Ríos Magdalena y Eslava*, México, Secretaría de Medio Ambiente, Estudios Históricos. Proyecto Ejecutivo. Disponible en (<http://www.sma.df.gob.mx/sma/links/download/archivos/ParqueLinealChimalistac.pdf>). Consultado: 29-31 de octubre de 2013.

GDF (2012). *El gran reto del agua*, México, GDF. Disponible en (http://www.sacmex.df.gob.mx/img/sacm/libro_sacmex/libro_sacmex.pdf). Consultado el 8 de noviembre de 2013.

GDF-Plan Verde (2010). "Cárcamo de Dolores, Diego Rivera y el agua, origen de la vida" y "El agua en la cuenca", en *Portal Museo de Historia Natural y Cultura Ambiental*. Disponible en (<http://www.planverde.df.gob.mx/carcamodolores>) y <http://www.planverde.df.gob.mx/carcamodolores/el-agua-en-la-cuenca/pozos-2/>. Consultados el 9 de noviembre de 2013.

GOB-BC (2009). "Central Hidroeléctrica Tecate", documento de la Comisión Estatal de Energía. Disponible en (<http://energiabc.gob.mx/files/public/pdf/HIDROELECTRICA.pdf>). Consultado el 12 de noviembre de 2013.

Gobierno de Aguascalientes (2006). *Proyecto de Modernización del Distrito*

González Esquivel, Carlos (2013). "Chinampas y sustentabilidad", en *Boletín de la UNAM*, núm. 42, Campus Morelia, marzo-abril. Disponible en (http://www.csam.unam.mx/vinculacion/boletines/42_2013%20mar-abr.pdf).

González Navarro, Moisés (1955). "México en una laguna", en *Historia Mexicana, Revista del Colegio de México*, Centro de Estudios Históricos, abril-junio. Disponible (<http://codex.colmex.mx:8991/exlibris/aleph>). Consultado: 29-31 de octubre de 2013.

González Reynoso, Arsenio et al. (2010). *Rescate de ríos urbanos. Propuestas conceptuales y metodológicas para la restauración y rehabilitación de ríos*, México, UNAM-PUEC-Coordinación de Humanidades. Disponible en (www.puec.unam.mx/site/pdf_cont/rescate_rios_digital.pdf). Consultado el 21 de octubre de 2013.

Granados, Luis Fernando (2008). *Cosmopolitan Indians and Mesoamerican Barrios in Bourbon Mexico City Tribute*, Community, Family and Work in 1800, México, ProQuest.

GTICIT (2010). "Laboratorio Central de Control de Calidad de la Ciudad de México, de los mejores de América Latina", en *Great City Magazine.com*. Disponible en (<http://www.gticit.com/publicaciond.php?PublicacionId=76164&lang=es>). Consultado el 12 de noviembre de 2013. [Fecha aproximada.]

Gutiérrez Rodríguez, Armando (2013). "Hierve el agua, el capricho petrificado de Oaxaca", en *Proceso*, agosto. Disponible en (<http://www.proceso.com.mx/?p=349060>). Consultado el 15 de septiembre de 2013.

Gutiérrez, Arlette (2010). "Renueva GDF planta de bombeo 2", en *El Sol de México*, 30 de junio. Disponible en (<http://www.oem.com.mx/el-soldemexico/notas/n1690517.htm>). Consultado el 13 de noviembre de 2013.

Gutiérrez, Carlin (2010). "Informe de SAS justificado en la ley", en *La política desde Veracruz*, 25 de enero. Disponible en (<http://www.lapolitica.com.mx/?p=24915>). Consultado el 8 de noviembre de 2013.

Gutiérrez, Martín Armando (2012). "El desarrollo hídrico en la frontera norte de la República Mexicana", en *XXIII Congreso Nacional de Hidráulica*, noviembre. Disponible en (http://www.revistatlatloc.org.mx/amh_congreso/articulos/HistoriaDelAgua/084ART_gma1.pdf). Consultado el 25 de agosto de 2013.

H. Ayuntamiento de la ciudad de Veracruz (2011). *Plan Municipal de Desarrollo 2011-2013*. Disponible en (http://www.veracruzmunicipio.gob.mx/transparencia/pdf/Plan_11_13.pdf). Consultado el 8 de noviembre de 2013.

H. Ayuntamiento de Mulegé (s.f.). "Santa Rosalía", en *Portal Mulegé.gob*. Disponible en (<http://www.mulege.gob.mx/turismo/santa-rosalia.html>). Consultado el 8 de noviembre de 2013.

Hernández Franyutti, Regina (2006). "El discurso ilus-trado en la cartografía de Ignacio de Castera", en *Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*, Instituto de Investigaciones Dr. José Ma. Luis Mora/ Universidad de Barcelona. Disponible en (<http://www.ub.edu/geocrit/sn/sn-218-79.htm>). Consultado: 29-31 de octubre de 2013.

Hernández Jiménez, Martín y Marcos René Sandoval (2001). *El deterioro ecológico, la urbanización y sus efectos en la zona chinampera de Xochimilco*, México, UNAM.

Hernández Peña, Laura (2012). "Dos versiones de un mismo paisaje. Una aproximación Histórica a la obra de José María Velasco y Eugenio Landesio", en *IX Foro Académico de Ciencia, Creación y Restauración*, Guadalajara, Escuela de Conservación y Restauración de Occidente, noviembre.

Hidroenergía.net (2009). "Plantas hidroeléctricas [con información de CFE]", en *Portal Hidroenergía.net*. Disponible en (http://hidroenergia.net/index.php?Itemid=59&catid=28:isabias-que&id=119:icuantas-plantas-hidroelectricas-tiene-mexico-en-operacion&option=com_content&view=article). Consultado el 11 de noviembre de 2013.

Hurtado, Reyna et al. (2010). "Las aguasadas de Calakmul", en *Biodiversitas. Boletín Conabio*, núm. 93, noviembre-diciembre. Disponible en (<http://www.biodiversidad.gob.mx/Biodiversitas/Articulos/biodiv93art1.pdf>). Consultado: 29-31 de octubre de 2013.

ICA (1980). "Hidroeléctricas", presentación. Disponible en (<http://www.fundacion-ica.org.mx/pdf/7.%20Hidroel%C3%A9ctricas.pdf>). Consultado el 11 de noviembre de 2013.

IMCYC (2010). "La presa José María Morelos, 'La Villita", en *Construcción y Tecnología. Revista del Instituto Mexicano del Cemento y el Concreto*, octubre. Disponible en (<http://www.imcyc.com/revistacyt/oct10/especial.htm>). Consultado el 11 de noviembre de 2013.

IMCYC (2013). "Infraestructura La presa El Realito", en *Revista IMCYC*, agosto. Disponible en (<http://www.imcyc.com/revistacyt/agosto2013/pdfs/infraestructura.pdf>). Consultado el 12 de noviembre de 2013.

IMIP (2007). "Convocatoria Proyectos para obras de manejo y control de aguas pluviales en Ciudad Juárez", Ciudad Juárez, Instituto Municipal de Investigación y Planeación.

IMP (2009). *Modificación de encauzamiento del arroyo Alamar*. Delegación Centenario Tijuana, BC, Tijuana, IMP. Disponible en (<http://sinat.semarnat.gob.mx/dgiraDocs/documentos/bc/estudios/2009/O2BC2009HD036.pdf>). Consultado el 8 de noviembre de 2013.

IMTA (2009). *Atlas de presas en México*, México, IMTA.

INAFED (2002). "Baja California Sur. Mulegé", en *Enciclopedia de municipios y delegaciones de México*. Disponible en (<http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM03bajacaliforniasur/municipios/03002a.html>) Consultado el 8 de noviembre de 2013.

INAGUA (2010). "Presa Jocoque", en *Portal del Gobierno del Estado de Aguascalientes*. Disponible en (http://www.aguascalientes.gob.mx/inagua/presas/San_Jose/Jocoque.aspx). Consultado el 10 de noviembre de 2013. [Datos actualizados a 2010.]

INAGUA (2010). "Presa Plutarco Elías Calles", en *Portal del Gobierno del Estado de Aguascalientes*. Disponible en (http://www.aguascalientes.gob.mx/inagua/presas/San_Jose/Plu

tarco_Elias_Calles.aspx). Consultado el 10 de noviembre de 2013. [Datos actualizados a 2010.]

INAH-CONACULTA (2009). "La población prehispánica de Monte Albán: algunos parámetros demográficos", en *Portal INAH*. Disponible en (www.dimensionantropologica.inah.gob.mx) Consultado: 29-31 de octubre de 2013.

INAH-CONACULTA (2011). "La riqueza arqueológica de Cempoala, tema de conferencia", en *Portal INAH*. Disponible en (http://www.conaculta.gob.mx/detalle-nota/?id=16176&sec=estados#Uob_E9JmBkk).

INAH-CONACULTA (2012). "Declaran zona de Monumentos a las Labradas", en *Portal INAH*, 6 de diciembre. Disponible en (<http://www.inah.gob.mx/boletines/9-declaratorias/6272-declaran-zona-de-monumentos-a-sitio-de-petrograbados>). Consultado: 29-31 de octubre de 2013.

INAH-CONACULTA (2012). "Paquimé, laberinto amurallado", en *Portal INAH*, 22 de marzo. Disponible en (<http://www.inah.gob.mx/especiales/229-paquime-laberinto-amurallado->). Consultado: 29-31 de octubre de 2013.

INAH-CONACULTA (2012). "Zona Arqueológica de Chichén Itzá", en *Portal INAH*. Disponible en (<http://chichenitza.inah.gob.mx/>). Consultado el 17 de julio de 2013.

INAH-CONACULTA (2012). "Zona Arqueológica El Chanal", en *Portal INAH*. Disponible en (http://www.inah.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=5655). Consultado: 29-31 de octubre de 2013.

INAH-CONACULTA (2013). "Baños de Moctezuma, testimonio milenario", en *Portal INAH*. Disponible en (<http://www.inah.gob.mx/boletines/2-actividades-academicas/6593-banos-de-moctezuma-testimonio-de-milenario-manejo-del-agua>). Consultado: 29-31 de octubre de 2013.

INAH-CONACULTA (2013). "Historia breve de Teotihuacan", en *Portal INAH*, abril. Disponible en (<http://www.inah.gob.mx/boletines/7-zonas-arqueologicas/2836-historia-breve-de-teotihuacan>). Consultado: 29-31 de octubre de 2013.

INAH-CONACULTA (2013). "INAH, Zona Arqueológica de la Sierrra de San Francisco", en *Portal INAH*, 8 de febrero. Disponible en (http://www.inah.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=5445). Consultado el 15 de septiembre de 2013.

INAH-CONACULTA (2013). "La imagen fundacional de Tenochtitlan en seis siglos de memoria colectiva", en *Portal INAH*, marzo. Disponible en (<http://www.inah.gob.mx/reportajes/6465-la-imagen-fundacional-de-tenochtitlan-en-seis-siglos-de-memoria-colectiva>). Consultado: 29-31 de octubre de 2013.

INAH-CONACULTA (2013). "Zona arqueológica de Cobá", en *Portal INAH*, agosto. Disponible en (http://www.inah.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=5490). Consultado el 11 de octubre de 2013.

INAH-CONACULTA (2013). "Zona arqueológica de Las Labradas", en *Portal INAH*, 19 de marzo. Disponible en (http://www.inah.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=6473). Consultado el 31 de octubre de 2013.

INAH-CONACULTA (2013). "Zona arqueológica de Palenque", en *Portal INAH*, febrero. Disponible en (http://www.inah.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=5688). Consultado el 17 de julio de 2013.

INAH-CONACULTA (2013). "Zona Arqueológica de Tulum", en *Portal INAH*, marzo. Disponible en (http://www.inah.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=5491). Consultado el 25 de octubre de 2013.

INAH-CONACULTA (2013). "Zona arqueológica de Uxmal", en *Portal INAH*, febrero. Disponible en (http://www.inah.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=5728). Consultado el 31 octubre de 2013.

INAH-CONACULTA (2013). "Zona arqueológica de Xochi-calco", *Portal INAH*, febrero. Disponible en (http://www.inah.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=5564). Consultado: 29-31 de octubre de 2013.

INAH-CONACULTA (2013). "Zona arqueológica El Tajín", en *Portal INAH*, febrero. Disponible en (http://www.inah.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=5660). Consultado: 29-31 de octubre de 2013.

INAH-CONACULTA (2013). Zona arqueológica de Comalcalco, en *Portal INAH*. Disponible en (http://www.inah.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=5647). Consultado: 29-31 de octubre de 2013.

INE (1987). Decreto que declara como área ecológicamente protegida, ubicada en el municipio de Macuspana en Tabasco, a la cual se identificará como "Parque Estatal de Agua Blanca", Villahermosa, INE, 19 de diciembre. Disponible en (<http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/360/tab.html>). Consultado: 29-31 de octubre de 2013.

INE (1999). *Programa de Manejo del Área de Protección de Flora y Fauna Cuatrociénegas*, México, INE/SEMARNAT. Disponible en (<http://cuatrocienegas.conanp.gob.mx>). Consultado: 29-31 de octubre de 2013.

INE (2002). "La cuenca de los ríos Grijalva y Usumacinta", información del Instituto Nacional de Ecología, actualizada al 2007. Disponible en (<http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/402/cuencas.html>). Consultado el 11 de noviembre de 2013.

INECC (2002). "Decretos Gubernativos", en Instituto Nacional de Ecología. Disponible en (<http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/358/gto02.html>). Consultado el 8 de noviembre de 2013.

INECC (2002). *Programa de Manejo de la Reserva de la Biosfera Sierra Gorda*, México, INE/SEMARNAT. Disponible en (www2.inecc.gob.mx). INECC (s.f.). "Base de datos de presas XLS", en Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. Disponible en (www.inecc.gob.mx/descargas/cuencas/bd_presas.xls). Consultado el 8 de noviembre de 2013.

INEGI (2010). "Información por entidad", en *Portal Cuéntame INEGI*. Disponible en (<http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informa>

cion/ver/territorio/div_municipal.aspx?tema=me). Consultado el 8 de noviembre de 2013.

INEGI (2013). *Información por entidad, en línea*. Disponible en (<http://cuentame.inegi.org.mx/Monografias/default.aspx?Tema=ME>).

INE-Guanajuato (s.f.). "Cuenca de la Esperanza", en *Portal Guanaajuato.gob*. Disponible en (<http://ecologia.guanajuato.gob.mx/sitio/anp?areas-naturales-protegidas/areas-naturales-protegidas-anps/Cuenca+de+la+Esperanza/31>). Consultado el 8 de noviembre de 2013.

Informativo del Sur (2012). "Inauguran Planta de Tratamiento de Aguas Residuales El Ahogado", en *Informativo del Sur de Jalisco*, 17 de marzo. Disponible en (<http://www.periodicoelsur.com/noticia.aspx?idnoticia=68824>). Consultado el 13 de noviembre de 2013.

INIFAP (2001). "Modernización Integral del Distrito de Riego 001 Pabel-lón, Aguascalientes", en *Folleto para Productores*, núm. 42, Campo Experimental Pabel-lón. Disponible en (<http://bi-blioteca.inifap.gob.mx:8080/xmli/bitstream/handle/123456789/2556/Modernizacion%20integral%20del%20distrito%20de%20riego%20001%20pabellon%2c%20aguascalientes.pdf?sequence=1>). Consultado el 8 de septiembre de 2013.

Integra (s.f.). "Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales", en *Portal Sistema de Inversión del Gobierno del Estado de Guanajuato*. Disponible en (<http://integra.guanajuato.gob.mx/index.jsp?option=0&graph=1>). Consultado el 13 de noviembre de 2013.

INTERAPAS (2008). "Planta Potabilizadora Los Filtros", presentación. Disponible en (http://www.interapas.gob.mx/Cultura/planta_potabilizadora_los_filtros.pdf). Consultado el 13 de noviembre de 2013. INTERAPAS (2011). *Estudio diagnóstico y planeación integral*, San Luis Potosí, CMIC. Disponible en ([http://www.cmic.org/comisiones/sectores/infraestructurahidraulica/varios/Taller%20Mig/DIP%20INTERAPAS%20\(abril-2011\)_Parte6.pdf](http://www.cmic.org/comisiones/sectores/infraestructurahidraulica/varios/Taller%20Mig/DIP%20INTERAPAS%20(abril-2011)_Parte6.pdf)).

Íñiguez Aceves, José Primitivo (s.f.). "Presas hidroeléctricas Aguamilpa, Chicoasén y El Cajón", en *Portal Monografias.com*. Disponible en (<http://www.monografias.com/trabajos15/hidroelectricas-mexico/hidroelectricas-mexico.shtm#AGUAMILPA>). Consultado el 11 de noviembre de 2013.

IYC (2010). "Proyecto Hidroeléctrico La Yesca, la presa más grande en su tipo", en *Portal Ingeniería y Computación*. Disponible en (<http://ingenieraiycomputacion.blogspot.mx/2010/01/proyecto-hidroelectrico-la-yesca-la.html>). Consultado el 11 de noviembre de 2013. [Con datos de CFE.]

Izazola, Haydea (2001). "Agua y sustentabilidad en la ciudad de México", en *Estudios Demográficos y Urbanos*, núm. 47, México, Colmex, p. 298. Disponible en (<http://www.redalyc.org/revista/oa>). Consultado el 8 de noviembre de 2013.

Jacobo, Marco Antonio e Ignacio Contreras (2001). "Aportes para la historia del abasto de agua potable al puerto de Veracruz. El acueducto del río Jamapa", en *Revista de Educación en Ciencias Básicas e Ingeniería*, UAM. Disponible en (<http://www.izt.uam.mx/newpage/contactos/anterior/n41ne/jamapa.pdf>). Consultado el 8 de noviembre de 2013.

JCAS (2012). "El agua potable en Ciudad Juárez (sustentabilidad y crecimiento)", presentación, Junta Central de Agua y Saneamiento. Disponible en (<http://www.sre.gob.mx/cilanorte/images/stories/pdf/alonso.pdf>). Consultado el 12 de noviembre de 2013.

Jiménez Lara, Pedro (2006). *Arquitectura y poder en el Tajín*, Veracruz, IIHS-Universidad Veracruzana. Disponible en (<http://www.uv.mx/ihs/files/2012/11/Cuaderno15.pdf>). Consultado el 17 de julio de 2013

Johansson Keraudren, Patrick (1995). "La gestación mítica de México-Tenochtitlan", en *Estudios de Cultura Náhuatl*, Revista del Instituto de Investigaciones Históricas UNAM. Disponible en (http://www.humanindex.unam.mx/humanindex/fichas_pdf/detalle_articulo.php?id=11411). Consultado: 29-31 de octubre de 2013.

José Valenzuela, Georgette Emilia (1993). *Guía e inventario del archivo Manuel González: acervo histórico*, México, UIA. Disponible en (<http://books.google.com.mx/books>). Consultado el 8 de noviembre de 2013.

Korenfeld Federman, David y Óscar Jorge Hernández López (2011). "Proyecto de Planta Piloto de tratamiento avanzado para la recarga artificial del acuífero", en *Revista Digital Universitaria*, vol. 12, núm. 2, UNAM, 1 de febrero. Disponible en (<http://www.revista.unam.mx/vol.12/num2/art13/art13.pdf>). Consultado el 14 de noviembre de 2013.

La Jornada Veracruz (2013). "Con más colectores sanitarios, una Xalapa más limpia, saludable y sustentable: EMG", en *La Jornada Veracruz*, 23 de enero. Disponible en (http://www.jornadaveracruz.com/Nota.aspx?ID=130123_092319_130). Consultado el 13 de noviembre de 2013.

Laborín Álvarez, Jesús Francisco (2008). "Capítulo II, Estación Pesqueira Sonora", en *Adaptación psicológica de migrantes indígenas asentados en el estado de Sonora*, Hermosillo, tesis, Universidad de Sonora.

Légorreta, Jorge et al. (1997). "El hundimiento de la ciudad", en *Red Mexicana de Ecorrismo*. Disponible en (<http://www.planeta.com/ecotravel/mexico/ecologia/97/0897agua1.html>). Consultado el 9 de noviembre de 2013.

Lesbre, Patrick (2007). "El Tetzcutzincó en la obra de Fernando de Alva Ixtlilxóchitl", en *eJournal*, UNAM, marzo. Disponible en (<http://www.ejournal.unam.mx/ecn/ecnahuat132/ECN03216.pdf>). Consultado: 29-31 de octubre de 2013.

López Cruz, Eduardo (2010). "Por debajo del agua. Relatos", tomo I, San Luis Potosí, Interapas, octubre. Disponible en (<http://interapas.gob.mx/PDF/RELATOS.pdf>). Consultado el 13 de noviembre de 2013.

López Fuentes, Francisco y David Siqueiros (2011). "Las diatomeas como indicadores de la calidad ecológica de los oasis de Baja California Sur", en *BioDiversitas*, Conabio, noviembre. Disponible en (<http://www.biodiversidad.gob.mx/Biodiversitas/Articulos/biodiv99art2.pdf>). Consultado: 29-31 de octubre de 2013.

Lugo, Gonzalo, *Obras de derivación*, México, tesis del IPN, 2004.

Luján Álvarez, Concepción y Mary E. Kelly (2003). *Programa de Modernización y Tecnificación del Distrito de Riego 005 Delicias*, Chihuahua, México: Procesos de Certificación, Participación Pública y Aprobación del Programa de Usuarios, Chihuahua, COCE. Disponible en (http://www.edf.org/sites/default/files/5_Ag_Irrigation_Conseerv_Span.pdf). Consultado en octubre de 2013.

Maderey Rascón, Laura Elena y Joel Carrillo Rivera (2005). *El recurso agua en México, un análisis geográfico*, México, UNAM. Disponible en (<https://www.google.com.mx/search?tbm=bks&q=El+agua+y+s+u+historia%3A+M%C3%A9xico+A9xico+y+s+desaf%C3%ADos+hacia+el+siglo+XXI#q=El+recurso+agua+en+M%C3%A9xico%2C+un+an%C3%A1lisis+geogr%C3%A1fico&safe=active&tbm=bks>). Consultado: 29-31 de octubre de 2013.

Maldonado Cruz, Pedro y Rosa Ma. Mendoza Marín (2008). *Santa María Jalapa del Marqués: pueblo sepultado por el vaso de la presa Presidente Benito Juárez*, Oaxaca, Instituto Tecnológico de Oaxaca. Disponible en (<http://www.edumet.net/libros-gratis/2008b/416/>). Consultado el 11 de noviembre de 2013.

Martínez Ocaña, María Concepción (2012). *La obra del ingeniero Manuel Marroquín y Rivera: una revisión de sus aportes al abasto de agua urbana en las primeras décadas del siglo XX*, México, Instituto de Investigaciones Dr. José Ma. Luis Mora. Disponible en (http://redissa.hostel.com/congreso_2012/Martinez_Omana.pdf). Consultado el 8 de noviembre de 2013.

Martínez Santiago, Juan Carlos (s.f.). "Drenaje profundo en la ciudad de México", en *Portal El Rincón del Vago*. Disponible en (<http://html.rincondelvago.com/drenaje-profundo-en-la-ciudad-de-mexico.html>). Consultado el 13 de noviembre de 2013.

Matos Moctezuma, Eduardo (1976). *Proyecto Tula. Volumen 2*, México, SEP/INAH-Departamento de Monumentos Prehispánicos, 1976. Disponible en (http://books.google.com.mx/books/about/Proyecto_Tula.html?hl=es&id=j6hVAAAAMAAJ). Consultado: 29-31 de octubre de 2013.

Matos Moctezuma, Eduardo (2013). "Chapultepec prehispánico en las fuentes históricas", en *Portal Instituto de Investigaciones Históricas*. Disponible en (www.historicos.unam.mx). Consultado: 29-31 de octubre de 2013.

Mejía Sáenz, Enrique et al. (2003). "Evaluación económica del proceso de transferencia del Distrito de Riego 011 Alto Río Lerma", en *TERRA Latinoamericana*, vol. 21, núm. 4, México, Universidad Autónoma Chapingo, México, octubre-diciembre, pp. 523-531. Disponible en (<http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=57321408>). Consultado el 8 de septiembre de 2013.

México Desconocido (s.f.). "Cinco datos que tienes que saber sobre El Tajín", en *México Desconocido*. Disponible en (<http://www.mexico-desconocido.com.mx/el-tajin-5-datos-que-tienes-que-saber-sobre-esta-zona-arqueologica.html>). Consultado el 23 de septiembre de 2013.

- Producción Ganadera, Tuxpan, Ver., 7 de diciembre, Dirección de Infraes-estructura Hidroagrícola. Disponible en (ugrnv.com.mx). Consultado el 25 de agosto de 2013.
- Padilla Corona, Antonio (2010). "La presa Abelardo L. Rodríguez, modelo de ingeniería hidráulica", en *Portal Ayuntamiento de Tijuana*, Baja California. Disponible en (<http://www.tijuana.gob.mx/ciudad/CiudadLaPresa.aspx>). Consultado el 10 de noviembre de 2013. [Sitio actualizado al 2010.]
- Paz Soldán Córdova, Gustavo (2013). *Inversiones en el Sector Hídrico en México, 2013-2018*, México, Conagua. Disponible en (http://www.cicm.org.mx/2030/CPH/2013/Presentacion%20CICM_Dr_%20Paz_3May13%20FINAL.pdf). Consultado el 8 de septiembre de 2013.
- Peralta Flores, Araceli (2013). "El canal, puente y garita de La Viga", en *Portal INAH*. Coordinación Nacional de Monumentos Históricos. Disponible en (<http://www.historicas.unam.mx/publicaciones/publicadigital/libros/caminosymercados/cm023.pdf>). Consultado: 29-31 de octubre de 2013.
- Perló Cohen, Manuel y Arsenio Ernesto González (2005). *¿Guerra por el agua en el Valle de México?* Estudio sobre las relaciones hidráulicas entre el Distrito Federal y el Estado de México, México, UNAM, p. 25. Disponible en (http://www.puec.unam.mx/site/pdf_cont/guerra_puec_agua_digital.pdf). Consultado el 8 de noviembre de 2013.
- Pineda Mendoza, Raquel (2000). *Origen, vida y muerte del acueducto de Santa Fe*, México, Instituto de Investigaciones Estéticas-UNAM.
- PNUD (2006). *Manejo de riesgos de desastres en el sureste mexicano. Método para reducir la vulnerabilidad de proyectos sociales y productivos o Blindaje ante Desastres*, México, PNUD.
- Ponce Nava, Diana (1999). *Cien imágenes de la ciudad de México: retrospectiva histórico-ambiental*, México, GDF, Biblioteca del Museo de la Ciudad de México.
- Poza Rica (2011). *Plan Municipal de Desarrollo 2011-2013*, Poza Rica, H. Ayuntamiento, pp. 55 y 63-64. Disponible en (<http://pozaricavera-cruz.gob.mx/Joomla-/images/stories/pdf/PLANMUNICIPALDE-SARROLLO20112013PR.pdf>). Consultado el 13 de noviembre de 2013.
- Presidencia de la República (2009). "Pone en marcha EPN obra hidráulica que reduce el riesgo de inundaciones en Villahermosa y beneficia a 700 mil Tabasqueños", en *Comunicado de Prensa*, 21 de junio.
- Proceso (2004). "Construirán acueducto de 102 kilómetros en Campeche", en *Proceso*, 27 de julio. Disponible en (<http://www.proceso.com.mx/?p=235144>). Consultado el 12 de noviembre de 2013.
- Profaua (2000-2002). *Programa de Acción Emergente para el Valle de Cuatrociénegas*, México, Protección de la Fauna Mexicana. Disponible en (<http://www.semarnat.gob.mx/temas/gestionambiental/vidasilvestre/Documents/NAWCA/Manejo/resumenProfaua.pdf>).
- Protección Civil de Guanajuato (2013). "Información por municipio. Guanajuato. Hidrografía", en *Portal Guanajuato.gob*. Disponible en (<http://proteccioncivil.guanajuato.gob.mx/atlas/hidrometeorologico/gto.php>).
- PYA (2010). "Planta Potabilizadora de Jalapa ejemplo de tecnología y eficacia al servicio de la ciudad", en *Punto y Aparte*. Semanario de Información y Análisis, 21 de marzo. Disponible en (<http://2neweb.com/gazete/?p=7787>). Consultado el 13 de noviembre de 2013.
- Raíces (2013). "El Palacio Quemado de Tula", en *Arqueología Mexicana*. Disponible en (<http://www.arqueomex.com/S2N3nPalQuemado85.html>). Consultado el 17 de julio de 2013.
- Raíces (2013). "Los toltecas y Tula", en *Arqueología Mexicana*. Disponible en (<http://www.arqueomex.com/S2N3nDOSIER85.html>). Consultado: 29-31 de octubre de 2013.
- Raíces (2013). "Tenochtitlan", en *Arqueología Mexicana*. Disponible en (<http://www.arqueomex.com/S2N3nTenochtitlan107.html>). Consultado: 29-31 de octubre de 2013.
- Ramírez Calva, Berenice Cipactli y Francisco Jiménez Abollado (coords.) (2009). *Historia colonial del estado de Hidalgo*, Pachuca, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
- Ramos Hernández, Jorge (2006). "Capítulo III. Sistema de abastecimiento", en *Historia de los acueductos en Tijuana y playas de Rosarito*, Tijuana, CESPT. Disponible en ([http://www.cespt.gob.mx/culturaagua/pdf/articulos/Acueductos\(03\).pdf](http://www.cespt.gob.mx/culturaagua/pdf/articulos/Acueductos(03).pdf)). Consultado el 10 de noviembre de 2013.
- Rappo Miguez, Susana et al. (2012). "Disputas por el agua en la Zona Metropolitana de Puebla, México", en *2º Congreso Internacional Pre-ALASRU 2012. Diversidad y Contrastes en los Procesos Rurales en el Centro de México*, Cuernavaca, ALASRU, 5-7 de septiembre. Disponible en (<http://www.alasru.org/wp-content/uploads/2012/09/034-RappoVazquez.pdf>). Consultado el 12 de noviembre de 2013.
- Redacción Informativa (2010). "Acueducto Porfirio Díaz, alta arquitectura tapatúa", en *Redacción Informativa*. Disponible en (<http://redaccioninformativa.mx/details.php?t=Index&f=Field14>). Consultado el 8 de noviembre de 2013.
- Regueiro Testas, Miguel (2006). "Capítulo VI. Análisis de casos de estudio", en *Paquete interactivo de simulación hidrológica de funcionamiento de una presa de almacenamiento*, Puebla, tesis de la Universidad de las Américas de Puebla. Disponible en (http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lic/regueiro_t_m/capitulo6.pdf). Consultado el 10 de noviembre de 2013.
- Rendón Garcini, Ricardo (1994). *Haciendas de México*, México, Fomento Cultural Banamex. Disponible en (http://biblioteca.itam.mx/estudios/estudio/letras42/rese3/sec_1.html). Consultado 31 de octubre de 2013.
- Reyes Gómez, Humberto Gabriel (2004). *Hacia el manejo sustentable del Área de Protección de Flora y Fauna Laguna de Términos, Campeche*, UACAM. Disponible en (<http://etzna.uacam.mx/epo-mex/pdf/mancos/cap29.pdf>).
- Rivera Cambas, Manuel (2011). *México pintoresco artístico y monumental: vistas, descripción, anécdotas y episodios de los lugares*

- más notables de la Capital y de los Estados, aún de las poblaciones cortas, pero de importancia geográfica o histórica: las descripciones contienen datos científicos, históricos y estadísticos, tomo tercero, Alicante. Disponible en (http://cdigital.dgb.uanl.mx/la/1080010868_C/1080010869_T2/1080010869_T2.html). Consultado: 29-31 de octubre de 2013.
- Rodríguez de la Peña, Alma (2011). "Habitar construyendo", Portal USJT. ARQ.URB, núm. 6. Disponible en (http://www.usjt.br/arq.urb/numero_06/arqurb6_07_em_formacao_03_alma_rodriguez.pdf). Consultado el 18 de marzo de 2013.
- Rodríguez Espinoza, P.F. et al. (2009). "Servicio Ambiental de la Presa Valsequillo para las cuencas de los ríos del Atoyac-Sahuaipán y Alseca, Puebla, Tlaxcala, México", artículo. Disponible en (http://www.inecc.gob.mx/descargas/cuencas/2011_cnc2_mon_prodriguez.pdf). Consultado el 10 de noviembre de 2013.
- Rojas Sandoval, Carmen (2009). "El inframundo maya y los sistemas kársticos, Arqueología en cenotes (1ª. Parte)", en *Revista Ciencia y Cultura, Arqueología Subacuática*, INAH, agosto. Disponible en (<http://www.seduma.yucatan.gob.mx/cenotes-grutas/documentos/el-inframundo-par-te1.pdf>). Consultado: 29-31 de octubre de 2013.
- Romero Gil, Juan Manuel (1989). "Cap. II, La Compagnie du Boleo: formación y consolidación de la empresa", en *El Boleo: Santa Rosalía, Baja California Sur, 1885-1954. Un pueblo que se negó a morir*, Centro de Estudios Mexicanos y Centroamericanos, p. 47-110. Disponible en (<http://books.openedition.org/cemca/376>). Consultado el 8 de noviembre de 2013.
- Romero Rodríguez, Javier (2012). "Necaxa, patrimonio industrial de México y el mundo", en *Revista Labor & Engenho*, vol. 6, núm. 4. Disponible en (http://www.conpadre.org/L&E/L&E_v6_n4_2012/02_p11-20.pdf). Consultado el 9 de noviembre de 2013.
- Rymshaw, Ellen (1997). "Análisis de desempeño de la irrigación en los distritos Bajo Río Bravo y Bajo Río San Juan, Tamaulipas, México", en *IWMJ, Serie latinoamericana*, núm. 1. Disponible en (http://www.iwmj.cgiar.org/Publications/Latin_American_Series/pdf/1.pdf). Consultado el 21 de octubre de 2013.
- SACMEX (1995). "Sistema de Drenaje Profundo de la ciudad de México", en *Boletín del Sistema de Aguas de la Ciudad de México*.
- SACMEX (2010). "Laboratorio Central de Control de Calidad del Agua. Sistema de Aguas de la Ciudad de México", documento. Disponible en (http://www.sacm.df.gob.mx/sacmex/doc/1_inicio/calidad_del_agua/LABORATORIO_CENTRAL_DE_CONTROL_v2_.pdf). Consultado el 12 de noviembre de 2013. [Documento con datos de 2010.]
- SACMEX (2011). "Recarga artificial de acuíferos a partir de agua de lluvia y residual potabilizada", presentación del GDF. Disponible en (http://www.agua.unam.mx/assets/acuiferos/pdfs/presentaciones/fernandoavila_sacm.pdf). Consultado el 13 de noviembre de 2013.
- SACMEX (2013). "Retos y soluciones al suministro de agua potable y alcantarillado de la ciudad de México", presentación. Disponible en (http://www.pincn.unam.mx/congresonacional2013/documentos_descargables/PDF/Fes/EchavarriaSotoBernardo.pdf). Consultado el 9 de noviembre de 2013.
- SACMEX (2013). "Grandes obras de la infraestructura hidráulica de la ciudad de México", en *Portal Sistemas de Aguas de la Ciudad de México*. Disponible en (<http://www.sacm.df.gob.mx/sacmex/index.php/acerca-de/grandes-obras.html>). Consultado el 13 de noviembre de 2013.
- SADM (2006). *Cuaderno de mejores prácticas, Monterrey, Servicios de Agua y Saneamiento y Drenaje de Monterrey*, Monterrey, SADM. Disponible en (<http://www.nadbank.org/pdf/publicaciones/CuadernoMejorasPracticasOperaciones.pdf>). Consultado el 13 de noviembre de 2013.
- SADM (2007). "Informe segundo trimestre de 2007", documento. Disponible en (<http://www.sadm.gob.mx/PortalSadm/Docs/2do.%20Trimestre%202007.pdf>). Consultado el 12 de noviembre de 2012.
- SADM (2011). "Resumen Ejecutivo de la Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Regional. Proyecto 'Monterrey VI. Acueducto Tampagón-Cerro Prieto'", documento de Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey. Disponible en (<http://sinat.semarnat.gob.mx/dgiraDocs/documentos/tamp/resumenes/2011/28TM2011H0010.pdf>). Consultado el 12 de noviembre de 2013.
- SAGARPA (2006). "Pesca responsable en el embalse la presa Marte R. Gómez en el estado de Tamaulipas", en *Diario Oficial de la Federación*, 20 de julio. Disponible en (<http://www.campotamaulipas.gob.mx/oidrus/pdfs/legal/NOM-043-PESC-2003-PRESA%20MARTE.R.%20GOMEZ.pdf>). Consultado el 11 de noviembre de 2013.
- Santoyo, Enrique y Efraín Ovando (2013). "Acueducto del padre Templeque, descripción ingenieril de esta notable obra del siglo XVI", en *Portal TGC*, abril. Disponible en (<http://tgc.com.mx/>). Consultado: 29-31 de octubre de 2013.
- SAPAC (2011). "Visita la Sala Interactiva del Agua y el manantial El Túnel", en *Revista SAPAC Agua y Vida*, núm. 3, Cuernavaca, Morelos, abril.
- SAS (2004). "Sistema de Agua y Saneamiento Metropolitano Veracruz-Boca de Río-Medellín", presentación. Disponible en (<http://www.csva.gob.mx/foraagua/Material/SAS.pdf>). Consultado el 8 de noviembre de 2013.
- SAS (2008). "Sistema de Agua y Saneamiento Veracruz, Boca del Río, Medellín", presentación. Disponible en (<ftp://ftp.conagua.gob.mx/PlayasLimpias/memorias/Memorias5/panel5/Panel5P3.pdf>). Consultado el 13 de noviembre de 2013.
- SEAPAL-Vallarta (2010). "Planta de Tratamiento y de Aguas Residuales Zona Norte II", en *Portal SEAPAL Vallarta*. Disponible en (http://www.seapal.gob.mx/index.php?option=com_flexicontent&view=items&cid=132&id=1373&Itemid=693). Consultado el 13 de noviembre de 2013.
- SECTUR (2013). "Antecedentes FONATUR", en *Portal FONATUR*. Disponible en (http://www.fonaturmantenimientoturistico.gob.mx/movil/es/quienes_somos/index.asp?pg=A&sec=1). Consultado el 14 de noviembre de 2013.

- SEDESOL (2013). "Importantes obras de agua y saneamiento para los veracruzanos en 2013: CAEV", en *Portal Coordinación General de Comunicación Social del Estado de Veracruz*, núm. 0889, 19 de febrero. Disponible en (<http://www.comsocialver.gob.mx/2013/02/19/40770/>). Consultado el 13 de noviembre de 2013.
- SEDESOL-Municipio de Guaymas (2011). *Atlas de Riesgos Naturales del Municipio de Guaymas 2011*, Guaymas, Gobierno Municipal de Guaymas.
- SEDUMA-Yucatán (2012). "En construcción, trascendental planta de tratamiento de aguas residuales", en *Portal Secretaría de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente de Yucatán*, 21 de marzo. Disponible en (<http://www.seduma.yucatan.gob.mx/noticias/noticia-detalles.php?IdNoticia=288>). Consultado el 14 de noviembre de 2013.
- SEFOA (2012). "Distrito de Riego 014, Río Colorado", en *Portal Sefoa*. Disponible en (<http://www.sefoa.gob.mx/hidroinfoRio.aspx>). Consultado en octubre de 2013.
- SEGOB (2001). *Diario Oficial de la Federación*, 17 de abril de 2001.
- SEIA (2006). *Plan integral de saneamiento de las aguas residuales en la Zona Metropolitana de la ciudad de San Luis Potosí y Soledad de Graciano Sánchez*, Gobierno del Estado de San Luis Potosí/Gobierno del Estado de Guanajuato. Disponible en (http://seia.guanajuato.gob.mx/document/AquaForum/AF38/AF3802_PlanIntegralSLP.pdf). Consultado el 13 de noviembre de 2013.
- SEIA (2013). "Breves históricos del agua en la ciudad de Guanajuato", en *Especial Acua Forum*, Sistema Estatal de Información del Agua del estado de Guanajuato. Disponible en (http://seia.guanajuato.gob.mx/document/AquaForum/AF45/AF4509_BrevesHistoricosGuanajuato.pdf). Consultado el 8 de noviembre de 2013.
- SEMAR (1999). "Presa Falcón, Tamaulipas", documento. Disponible en (<http://digaohm.semar.gob.mx/cuestionarios/cnarioPresafalcon.pdf>). Consultado el 10 de noviembre de 2013. [Datos de 1997 y 1999 aprox.]
- SEMARNAT (2010). "Caracterización componente sectorial agricultura", en *Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Pacífico Norte*, SEMARNAT. Disponible en (www.semarnat.gob.mx/temas/ordenamientoeologico/Documents). Consultado en octubre de 2013.
- SEMARNAT (2011). Evaluación de Consistencia y Resultados 2011-2012. Programa de Modernización y Tecnificación de Unidades de Riego, México, Conagua. Disponible en (http://www.semarnat.gob.mx/programas/evaluaciones/2012/Documents/S217_CONAGUA_ECyR_2012.pdf). Consultado el 8 de septiembre de 2013.
- SEMARNAT (2012). "Resumen de Convocatoria Pública Nacional 002", en *Diario Oficial de la Federación*, 12 de julio.
- SEMARNAT-Gobierno del Estado de Durango (2005). "6. Hidrología", en *Ordenamiento Ecológico del Estado de Durango*. Disponible en (http://srnymadgo.gob.mx/medio_ambiente/sitio/ordenamiento_ecologico/bitacora/Contenido%20Pagina%20Web/Bases%20Tecnicas/Bases%20tecnicas_Informes%20de%20estudio%20tecnico/Fase%20de%20Caracterizacion%20%20Medio%20Natural/Hidrologia.pdf). Consultado el 10 de noviembre de 2013.
- Senado de la República-Com. de Asuntos Hidráulicos (2008). "Informe de las inundaciones de 2007 en el estado de Tabasco. Diagnóstico preliminar", 5 de marzo.
- SEP-CONACULTA (2010). "El Tajín", en *Portal SEP*. Disponible en (http://sic.conaculta.gob.mx/ficha.php?table=zona_arqueologica&table_id=115). Consultado el 17 de julio de 2013.
- SEP-CONACULTA (2010). "Pinturas rupestres de la sierra de San Francisco", en *Portal SEP*, 9 de noviembre. Disponible en (http://sic.conaculta.gob.mx/ficha.php?table=patrimonio_humanidad&table_id=22). Consultado el 20 de septiembre de 2013.
- SEP-CONACULTA (2013). "Los orígenes de Mesoamérica", en *Portal SEP*. Disponible en (http://www.sep.gob.mx/work/models/sep1/Resource/564/2/images/1_%20Los%20or%C3%ADgenes%20de%20Mesoam%C3%A9rica.pdf). Consultado: 29-31 de octubre de 2013.
- SEP-CONACULTA (2013). "Uxmál, Sistema de Información Cultural", en *Portal SEP*, febrero. Disponible en (http://sic.conaculta.gob.mx/ficha.php?table=museos&table_id=647). Consultado: 29-31 de octubre de 2013.
- SGM (2006). "Carta geológica minera presa Sanalona G13-C-53, Sin.", documento del Servicio Geo-lógico Mexicano. Disponible en (http://mapserver.sgm.gob.mx/cartas_geoquim/metadatos/geol50/628_presa_sanalona_GL-MN_G13-C53.HTML). Consultado el 10 de noviembre de 2013.
- SGM (2009). "Carta geológica minera de la presa gobernador Leobardo Reynoso F13-B46, Zacatecas", documento del Servicio Geológico Mexicano. Disponible en (http://mapserver.sgm.gob.mx/cartas_geoquim/metadatos/geol50/1116_presa_gobernador_leobardo_reynoso_GL-MN_F13-B46.HTML). Consultado el 10 de noviembre de 2013.
- SGM-CONACULTA (2006). "Proyecto de estudios de peligros naturales en municipios de la planicie costera del estado de Chiapas", en *Atlas de Peligros de la ciudad y municipio de Mapastepec*, Chiapas, Servicio Geológico Mexicano. Disponible en (http://www.ceieg.chiapas.gob.mx/home/wp-content/uploads/downloads/riesgosypeligros/informesmanicipales/PELIGROS_MAPASTEPEC.pdf).
- SHCP (2012). *Proyecto de Presupuesto de Egresos de la Federación 2012. Programas y Proyectos de Inversión*, Ramo: 16 Medio Ambiente y Recursos Naturales, México, SHCP. Disponible en (http://www.apartados.hacienda.gob.mx/presupuesto/temas/ppef/2012/temas/tomos/16/r16_pir.pdf). Consultado el 9 de septiembre de 2013.
- SIAPA (2008). "Ficha Técnica sobre el Programa de Manejo Integral de Aguas Pluviales (PROMIAP)", documento del Sistema Intermunicipal para los Servicios de Agua Potable y Alcantarillado de Jalisco. Disponible en (www.siapa.gob.mx/sites/default/files/ficha_tecnica_promiap.pdf). Consultado el 13 de noviembre de 2013.

- SIAPA (2012). "Nuevo acueducto Chapala-Guadalajara 2012", presentación. Disponible en (http://www.ceajalisco.gob.mx/caa/docs/2012/foro_agua/15_acueducto_chapala_gdl_salvador_caranza_siapa.pdf). Consultado el 12 de noviembre de 2013.
- SIAPA-Jal (2012). "Fuentes de abastecimiento", en *Portal Jalisco-Siapa*. Disponible en (<http://portalsej.jalisco.gob.mx/mundo/fuentes-de-abastecimiento> y <http://portalsej.jalisco.gob.mx/mundo-agua/historia-de-la-presa>). Consultado el 12 de noviembre de 2013.
- Sierra López, Nancy et al. (2012). "Desarrollo regional, electrificación y reorganización socioespacial en Valle de Bravo, México", en *Revista Pueblos y Fronteras Digital*, vol. 7, núm. 13, UNAM, junio-noviembre, 2012. Disponible en (http://www.pueblosyfronteras.unam.mx/a12n13/art_09.html). Consultado el 11 de noviembre de 2013. [Con datos al 2010.]
- Silva A., Rafael (2002). "Agua y subordinación en la cuenca del Río Lerma", en *Portal UAEMex*. Disponible en (<http://www.uaemex.mx/plin/psus/rev5/e02.html>). Consultado el 9 de noviembre de 2013.
- SIM (2011). "Poza Rica de Hidalgo", en *Cuadernillos Municipales*. Gaceta Oficial, núm. 415.
- SIMAS (2010). "Análisis fisicoquímicos y bacteriológicos en plantas potabilizadoras y tanques de almacenamiento de agua potable", en *Portal SIMAS Piedras Negras*. Disponible en (http://www.simaspedrasnegras.gob.mx/Transparencia/informacion/25.-Otrainformacion/O3.-saneamiento/calidad_agua.htm). Consultado el 13 de noviembre de 2013.
- Simón, Angélica (2006). "Los ríos que ya no tenemos", en *El Universal*, 27 de septiembre. Disponible en (<http://www.eluniversal.com.mx/notas/377721.html>). Consultado el 21 de marzo de 2013.
- SINAT (2011). "Acueductos principales por Región Hidrológico-Administrativa", en *Portal Conagua-SINA*. Disponible en (<http://201.116.60.25/sina/Default5.aspx?tab=16>). Consultado el 12 de noviembre de 2013. [Con datos de 2011].
- SINAT-SEMARNAT (2004). *Manifestación de impacto ambiental. Sector Hidráulico. Instalación y operación de la línea paralela al acueducto Río Colorado-Tijuana*, Tijuana, COSAE. Disponible en (<http://sinat.semarnat.gob.mx/dgiraDocs/documentos/bc/estudios/2004/02BC2004H0010.pdf>). Consultado el 12 de noviembre de 2013.
- SINAT-SEMARNAT (2004). *Planta de Tratamiento de Aguas Residuales municipales Agua Prieta*, México, Conagua. Disponible en (<http://sinat.semarnat.gob.mx/dgiraDocs/documentos/jal/estudios/2004/14JA2004H0010.pdf>). Consultado el 13 de noviembre de 2013.
- SINAT-SEMARNAT (2006). "Central Hidroeléctrica El Palmito", documento. Disponible en (<http://sinat.semarnat.gob.mx/dgiraDocs/documentos/dgo/estudios/2005/10DU2005E0001.pdf>). Consultado el 10 de noviembre de 2013.
- SINAT-SEMARNAT (2006). *Manifestación de impacto ambiental modalidad regional: Proyecto de explotación minera El Boleo*, México, Corporación Ambiental de México. Disponible en (<http://sinat.semarnat.gob.mx/dgiraDocs/documentos/bcs/estudios/2006/03BS2006M0007.pdf>). Consultado el 8 de noviembre de 2013.
- SINAT-SEMARNAT (2006). *Manifestación de impacto ambiental modalidad particular. Sector Acuícola. Relativo al proyecto 'Cultivo intensivo de tilapias en jaulas flotantes'*, Culiacán, SSCP Presa Sanalona. Disponible en (<http://sinat.semarnat.gob.mx/dgiraDocs/documentos/sin/estudios/2006/25SI2006PD134.pdf>).
- SINAT-SEMARNAT (2006). "Manifestación de Impacto Ambiental, Planta Hidroeléctrica Presa Solís", de *Biosfera, Desarrollos Ambientales y Economy*. Disponible en (<http://sinat.semarnat.gob.mx/dgiraDocs/documentos/gto/estudios/2006/11GU2006E0003.pdf>). Consultado el 10 de noviembre de 2013.
- SINAT-SEMARNAT (2006). *Presentación del proyecto y modernización del Distrito de Riego No. 001 en el área de la presa Jocoquí y la zona de riego*, proyecto en línea. Disponible en (<http://sinat.semarnat.gob.mx/dgiraDocs/documentos/ags/estudios/2006/01AG2006H0019.pdf>). Consultado el 10 de noviembre de 2013.
- SINAT-SEMARNAT (2007). *Manifestación de impacto ambiental de la etapa de la operación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales 'San Pedro Mártir'*, Querétaro, Conagua. Disponible en (<http://sinat.semarnat.gob.mx/dgiraDocs/documentos/qro/estudios/2010/22QE2010H0036.pdf>). Consultado el 13 de noviembre de 2013.
- SINAT-SEMARNAT (2007). *Manifestación de impacto ambiental modalidad particular del Proyecto Hidrológico Cerro de Oro*, México, Electricidad de Oriente. Disponible en (<http://sinat.semarnat.gob.mx/dgiraDocs/documentos/oax/estudios/2007/20OA2007E0015.pdf>). Consultado el 11 de noviembre de 2013.
- SINAT-SEMARNAT (2007). *Manifestación de impacto ambiental modalidad regional Sector Hidráulico 'acueducto paralelo Chicbul-Ciudad del Carmen'*, Camp., Ciudad del Carmen, Semarnat. Disponible en (<http://sinat.semarnat.gob.mx/dgiraDocs/documentos/camp/estudios/2007/04CA2007H0064.pdf>). Consultado el 12 de noviembre de 2013.
- SINAT-SEMARNAT (2009). *Manifestación de impacto ambiental en la central micro hidroeléctrica Cajón de Peñas*, Tomatlán, Jalisco, Guadalajara, Conagua. Disponible en (<http://sinat.semarnat.gob.mx/dgiraDocs/documentos/jal/estudios/2009/14JA2009E0013.pdf>). Consultado en octubre de 2013.
- SINAT-SEMARNAT (2009). *Manifestación de impacto ambiental. Modalidad regional, de la presa El Cajón*, informe. Disponible en (<http://sinat.semarnat.gob.mx/dgiraDocs/documentos/nay/estudios/2009/18NA2009V0013.pdf>). Consultado el 11 de noviembre de 2013.
- SINAT-SEMARNAT (2009). *Plan Estratégico para el Drenaje Pluvial del Sur de Tamaulipas*, Tampico, SOPDU/SEMARNAT/CONAGUA/IMEPLAN. Disponible en (<http://sinat.semarnat.gob.mx/dgiraDocs/documentos/tamp/estudios/2009/28TM2009H0050.pdf>). Consultado el 13 de noviembre de 2013.

SINAT-SEMARNAT (2011). *Manifestación de impacto ambiental modalidad particular. Proyecto Acueducto Vizcaíno Pacífico Norte tercera etapa, ramal a la Bocana y Punta Abreojos*, municipio de Mulegé, BCS, Mulegé, Comisión Estatal del Agua. Disponible en (<http://sinat.semarnat.gob.mx/dgiraDocs/documentos/bcs/estudios/2011/03BS2011HD047.pdf>). Consultado el 12 de noviembre de 2013.

SINAT-SEMARNAT (2011). *Manifestación de impacto ambiental. Obra hidráulica de protección de áreas productivas y centros de población sobre el arroyo Punta de Agua*, municipio de Manzanillo, Colima, Colima, Conagua.

SINAT-SEMARNAT (2011). *Resumen Ejecutivo Manifestación de Impacto Ambiental. Construcción de obras de control sobre el río Carrizal y obras complementarias en su margen derecha*, México, Conagua/ Organismo de Cuenca de la Frontera Sur.

SINAT-SEMARNAT (2012). *Manifestación de Impacto Ambiental modalidad particular, Central Hidroeléctrica Tacotán*, México, Conagua. Disponible en (<http://sinat.semarnat.gob.mx/dgiraDocs/documentos/jal/estudios/2007/14JA2007E0012.pdf>). Consultado el 9 de septiembre de 2013.

SINAT-SEMARNAT (2006). *Manifestación de impacto ambiental, modalidad regional del proyecto: presa El Zapotillo*, México, SEMARNAT. Disponible en (<http://sinat.semarnat.gob.mx/dgiraDocs/documentos/jal/estudios/2006/14JA2006H0005.pdf>). Consultado el 12 de noviembre de 2012.

SINAT-SEMARNAT (2008). *Manifestación de impacto ambiental. Sector Eléctrico. Proyecto Central Hidroeléctrica Cerro de Oro*, México, SEMARNAT. Disponible en (<http://sinat.semarnat.gob.mx/dgiraDocs/documentos/oax/estudios/2008/20OA2008ED022.pdf>). Consultado el 11 de noviembre de 2013.

SIUE (2013). *Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población Estación Pesqueira*, Hermosillo, SIUE. Disponible en (www.ordenamientoterritorial.gob.mx). Consultado en octubre de 2013.

SMA-DF (2010). "Población del Distrito Federal por delegación", en *Portal de la Secretaría del Medio Ambiente* [con datos del INEGI]. Disponible en (http://www.sma.df.gob.mx/avu/index.php?option=com_content&view=article&id=68&Itemid=82). Consultado el 11 de noviembre de 2013.

SOBSE (s.f.). "Obras hidráulicas-plantas de bombeo", en *Portal de la Secretaría de Obras y Servicios de la ciudad de México*. Disponible en (http://www.obras.df.gob.mx/?page_id=126). Consultado el 13 de noviembre de 2013.

Solís Olguín, Felipe (2008). "Jardines mexicanos, Chapultepec espacio ritual y secular de los tlatoanis aztecas", en *Portal Tierra de Ideas*, mayo. Disponible en (http://www.tierradeideas.com/centro/local/chapultepec/doc_06.pdf). Consultado: 29-31 de octubre de 2013.

Sosa Ortiz, Víctor Hugo (2010). *El agua en Sinaloa 1940-1960. Creación de la infraestructura agrícola para el crecimiento económico*, Culiacán, tesis de la Universidad Autónoma de Sinaloa. Disponible en (<http://historia.uasnet.mx/maestria/archivos/tesis/12/tesis%20el%20agua%20en%20sinaloa%201940-1960.%20creacion%20de%20la%20infraestr.pdf>). Consultado el 11 de noviembre de 2013.

Stephan-Otto, Erwin (2006). *Xochimilco hoy: una realidad insustentable*, México, Facultad de Ciencias Políticas y Sociales-UNAM.

Tamaulipas.gob (2013). "Invierte Tamaulipas más de 270 millones en obras de Drenaje Pluvial en la zona conurbada. Plan Estatal de Desarrollo Tamaulipas 2011-2016", en *Portal Tamaulipas.gob*, 3 de agosto. Disponible en (<http://tamaulipas.gob.mx/2013/08/invierte-tamaulipas-mas-de-270-millones-en-obras-de-drenaje-pluvial-en-la-zona-conurbada/>). Consultado el 13 de noviembre de 2013.

Tello García, Enriqueta et al. (2010). "Reconstrucción histórica de la intervención del estado en el control oficial para el uso y manejo del agua en San Miguel Xoxhitecatitla, Tlaxcala", en *Ra Ximhai*, vol. 6, núm. 2, Universidad Autónoma Indígena de México, Mochichahui, El Fuerte, Sinaloa, mayo-agosto, pp. 169-185. Disponible en (<http://www.ejournal.unam.mx/rxm/vol06-02/RXM006000202.pdf>). Consultado el 13 de octubre de 2013.

Tepatitlán (2011). "Apéndice B. Aspectos técnicos. Proyecto Sistema de Abastecimiento de agua potable a la ciudad de Tepatitlán, Acueducto El Salto-Tepatitlán, en el municipio de Tepatitlán de Morelos, Jalisco", documento. Disponible en (<http://www.tepatitlan.gob.mx/gobierno2012-2015/acueducto/pagina/Ap%C3%A9ndices/Ap%C3%A9ndice%20B%20-%20Aspectos%20tecnicos.pdf>). Consultado el 12 de noviembre de 2013.

Todo Chiapas (2004). "El Arcotete", en *Portal Todo Chiapas*. Disponible en (<http://todochiapas.mx/2013/04/el-arcotete/>).

Toledo Sánchez, Héctor Manuel (2011). *Fragilidad, vulnerabilidad y riesgo en la cuenca baja del Sistema Grijalva-Usumacinta*, México, tesis del INP. Disponible en (<http://www.repositoriodigital.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/5817/H%C3%89CTOR%20MANUEL%20TOLEDO%20S%C3%81NCHEZ.pdf?sequence=1>). Consultado el 11 de noviembre 2013.

Tortolero Villaseñor, Alejandro (2000). *El agua y su historia: México y sus desafíos hacia el siglo XXI*, México, Siglo XXI. Disponible en (<https://www.google.com.mx/search?tbm=bks&q=El+agua+y+su+historia%3A+M%C3%A9xico+y+sus+desaf%C3%ADos+hacia+el+siglo+XXI>). Consultado: 29-31 de octubre de 2013.

Transparencia (2013). "¿Cuál es el estudio de las unidades de riego para el desarrollo rural?", en *Portal Transparencia*, Gobierno de Puebla. Disponible en (http://transparencia.puebla.gob.mx/index.php?option=com_k2&view=item&id=1618:cual-es-el-estudio-de-las-unidades-de-riego-para-el-desarrollo-rural&Itemid=1213). Consultado el 21 de octubre de 2013.

UACh (2004). *Plan de consolidación del rescate hidroecológico de la zona federal del ex Lago de Texcoco*, Toluca, Conagua/UACh. Disponible en (http://qacontent.edomex.gob.mx/idc/groups/public/documents/edomex_archivo/carl_pdf_fquin.pdf). Consultado el 11 de noviembre de 2013.

UNAM (2013). "Observatorio Astronómico Nacional", en *Portal Instituto de Astronomía*. Disponible en (<http://www.astrssp.unam.mx/>).

UNAM-Palacio de Minería (2013). "Antecedentes de la Minería, Época colonial, Condiciones de la minería en la Colonia", en *Portal Palacio de Minería*, UNAM. Disponible en (http://www.palaciomineria.unam.mx/historia/epo_colonial.php). Consultado: 29-31 de octubre de 2013.

UNESCO (2008). *Expediente técnico ceremonial ritual de voladores. Lista representativa del Patrimonio Cultural Inmaterial*, México, UNESCO-Conaculta. Disponible en ([sic.conaculta.gob.mx/documentos/1293.pdf](http://whc.unesco.org/fr/list/560)). Consultado: 29-31 de octubre de 2013.

UNESCO-CLT-WHC (1998). "Zone archéologique de Paquimé, Casas Grandes", en *Portal UNESCO*. Disponible en (<http://whc.unesco.org/fr/list/560>). Consultado el 13 de septiembre de 2013.

Vázquez, Miguel Ángel et al. (2007). *Riesgo por inundaciones en la ciudad de Tapachula*, Chiapas, México, Tapachula, Colegio de la Frontera Sur.

Vega Moro, Alfonso (2005). *Plan de Conservación para la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla y el Área de Protección de Flora y Fauna Laguna de Términos*, México, Pronatura Península de Yucatán/ Programa Costero. Disponible en (conpro.tnc.org/510/plan_conservacion_Centla...pdf).

Velasco Bengoa, Mauricio Raúl (2012). "La opresión acuñada. Fichas henequeneras de la península de Yucatán", en *Revista Digital Universitaria*, 1 de diciembre. Disponible en (<http://www.revista.unam.mx/vol.13/num12/art120/#up>). Consultado el 26 de marzo de 2013.

Verdugo Fuentes, Valdemar (2013). "Tulum", en *Susurros de México. Artes e Historia de México*, UNAM, octubre. Disponible en (<http://www.arts-history.mx/sitios/>). Consultado: 29-31 de octubre de 2013.

Vergara Urquiza, José Guadalupe (2005). *Balance hidrológico de la subcuenca del río Tula hasta la presa Endhó*, México, tesis de la UAM-Iztapalapa. Disponible en (<http://tesiuiam.izt.uam.mx/uam/asp/consultatesis.php?recno=13099&docs=UAMI13099.pdf>). Consultado el 11 de noviembre de 2013.

Villalonga Gordaliza, Anabel (2013). "La importancia del agua en las civilizaciones antiguas: los aztecas. El imperialismo hidráulico de los aztecas en la cuenca de México", en *Portal Academia.edu*. Disponible en (http://www.academia.edu/889189/Imperialismo_Hidraulico_de_los_Aztecas_en_la_Cuenca_de_Mexico). Consultado: 29-31 de octubre de 2013.

Williams-Beck, Lorraine A. (2008). "Ríos para ritos que consolidaban el poder en las Tierras Bajas mayas noroccidentales", en *Cuicuilco*, vol. 15, núm. 44, septiembre-diciembre. Disponible en (http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0185-16592008000300010&script=sci_arttext). Consultado el 20 de marzo de 2013.

Wurl, Jobst (2008). "Recuperación del acuífero del Valle de Santo Domingo", en *Ciencia, Tecnología e Innovación para el Desarrollo de México*, PCTI. Disponible en (<http://pcti.mx/articulos/item/recuperacion-del-acuifero-del-valle-de-santo-domingo>). Consultado el 25 de agosto de 2013.

Zacatecas (2011). "Construcción de planta de tratamiento de aguas residuales Zona Poniente con sistema de lodos activados convencional para tratar 160 lps", en *Portal, Zacatecas Transparente*. Disponible en (<http://transparencia.zacatecas.gob.mx/?q=transparencia/construccion-de-planta-de-tratamiento-de-aguas-residuales-zona-poniente-con-sistema-de>). Consultado el 14 de noviembre de 2013.

Zapata Peraza, Renée Lorelei (1989). *Los chultunes: sistemas de captación y almacenamiento de agua pluvial*, México, INAH. Disponible en (books.google.com.mx). Consultado: 29-31 de octubre de 2013.

Listado de siglas y acrónimos

ACU	Asociaciones Civiles de Usuarios
AHA	Archivo Histórico del Agua
AICA	Área de Interés para la Conservación de Aves
AICM	Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México
AMM	Área Metropolitana de Monterrey
ANP	Áreas Naturales Protegidas
APFF	Área de Protección de Flora y Fauna
BDAN	Banco de Desarrollo de América del Norte
BM	Banco Mundial
CAEM	Comisión del Agua del Estado de México
CAPAMA	Comisión de Agua Potable y Alcantarillado de Acapulco
CEA	Comisión Estatal del Agua de Baja California
CFE	Comisión Federal de Electricidad
CGAICCA	Coordinación General de Atención Institucional, Comunicación y Cultura del Agua
CH	Central hidrológica
CILA	Comisión Internacional de Límites y Aguas
CILA-México	Comisión Internacional de Límites y Aguas, sección México
CMAPS	Comisión Municipal de Agua Potable y Saneamiento de Xalapa
CNI	Comisión Nacional de Irrigación
COFEPRIS	Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios
CONACULTA	Consejo Nacional para la Cultura y las Artes
CONAGUA	Comisión Nacional del Agua
CPC	Centro de Predicción del Clima
CTA	Consejo Técnico Asesor del Servicio Meteorológico Nacional
DBO	Demanda Biológica de Oxígeno
DF	Distrito Federal
DDF	Departamento del Distrito Federal
DOF	<i>Diario Oficial de la Federación</i>
DQO	Demanda Química de Oxígeno
DTT	Distrito de Temporal Tecnificado
EEA	Agencia Europea para el Medio Ambiente
EMAS	Estaciones Meteorológicas Automáticas
ESIMES	Estaciones Sinópticas Meteorológicas
EUCC	Unión Europea para la Conservación de la Costa
FAM	Fuerzas Armadas de México
FEE	Fundación para la Educación Ambiental
FICA	Fondo de Inversión para la Conservación del Agua

FN	Fototeca Nacional
FONATUR	Fondo Nacional de Fomento al Turismo
FONDEN	Fondo Nacional de Desastres Naturales
GDF	Gobierno del Distrito Federal
ICOMIA	Consejo Internacional de Asociaciones de la Industria Portuaria
ILS	Asociación Internacional de Salvamento y Socorrismo
IMTA	Instituto Mexicano de Tecnología del Agua
INAH	Instituto Nacional de Antropología e Historia
INECC	Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático
INH	Inventario Nacional de Humedales
IPN	Instituto Politécnico Nacional
LAN	Ley de Aguas Nacionales
LCCCA	Laboratorio Central de Control de Calidad del Agua de la Ciudad de México
MAB	Red Mundial de Reservas de la Biosfera del Programa sobre el Hombre y la Biosfera
MOTUR	Programa de Modernización y Tecnificación de Unidades de Riego
MTTN	Macroplanta de Tratamiento Toluca Norte
NADM	Monitor de Sequía de América del Norte
NAME	Nivel de aguas máximas extraordinarias
NAMO	Nivel de agua máximo ordinario
NOAA	Administración Nacional de la Atmósfera y el Océano
NWCA	Acta Norteamericana para la Conservación de los Humedales
ODM	Objetivos de Desarrollo del Milenio
OMM	Organización Meteorológica Mundial
OMT	Organización Mundial de Turismo
ONG	Organizaciones No Gubernamentales
ONU	Organización de las Naciones Unidas
PEMEX	Petróleos Mexicanos
PHIT	Plan Hídrico Integral de Tabasco
PICI	Proyecto Integral Contra Inundaciones
PRODERITH	Programa de Desarrollo Rural Integrado del Trópico Húmedo
PROEUR	Promoción por la Organización Empresarial de Unidades de Riego
PROFEPA	Procuraduría Federal de Protección al Ambiente
PROMIAP	Programa de Manejo Integral de Aguas Pluviales
PTAR	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales
RCP	Región Centro del País
RHRAP	Red Hemisférica de Reservas para las Aves Playeras
S de RL	Sociedad de Responsabilidad Limitada

S de RL de IP de CV	Sociedad de Responsabilidad Limitada de Interés Público de Capital Variable
SA	Sociedad Anónima
SACMEX	Sistema de Aguas de la Ciudad de México
SADM	Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey, IPD
SAGARPA	Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación
SAPAC	Sistema de Agua Potable y Alcantarillado de Cuernavaca
SAPAL	Sistema de Agua Potable y Alcantarillado de León
SARH	Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos
SCT	Secretaría de Comunicaciones y Transportes
SEAPAL	Sistema de Servicios de Agua Potable, Drenaje y Alcantarillado de Vallarta
SECTUR	Secretaría de Turismo
SEGOB	Secretaría de Gobernación
SEMAR	Secretaría de Marina
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
SIAPA	Servicios de Agua Potable y Alcantarillado de Jalisco
SINAFO	Sistema Nacional de Fototecas
SLRT	Sistema Lagunario del Río Tamesí
SMN	Servicio Meteorológico Nacional
SNPC	Sistema Nacional de Protección Civil
SPI	Índice Estandarizado de Precipitación
SRH	Secretaría de Recursos Hidráulicos
SS	Secretaría de Salud
TEO	Túnel Emisor Oriente
TIRR	Túnel Interceptor Río de los Remedios
UACJ	Universidad Autónoma de Ciudad Juárez
UICN	Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza
UMAS	Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre
UNAM	Universidad Nacional Autónoma de México
UNEP	Programa del Medio Ambiente de las Naciones Unidas
UNESCO	Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura
UV	Luz ultravioleta
ZMG	Zona Metropolitana de Guadalajara
ZMM	Zona Metropolitana de Monterrey
ZMQ	Zona Metropolitana de Querétaro
ZMVM	Zona Metropolitana del Valle de México
ZMVT	Zona Metropolitana del Valle de Toluca

EL AGUA QUE MUEVE A MÉXICO

XXV ANIVERSARIO DE LA COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA

Vista de la cascada Puente de Dios, Querétaro.

Edición, coordinación y dirección de arte

Carlos Frank Matamoros

Fotografía actual

Alejandro Cuevas Romo (SON-SIN-NL-COAH-JAL-COL-NAY)

Carlos Contreras de Oteyza (CHIH-DGO-TAB-CAM-OAX-CHI)

Carlos Frank Matamoros (BC-BCS-GRO-MICH-HGO-EM-DF-YUC-QROO)

David Reyes González (AGS-SLP-GTO-ZAC)

Manuel Vázquez López (VER-HGO-QRO-TLAX-MOR-PUE)

Equipo editorial de investigación y redacción

José Javier Ramos Rojas

María Araceli de Haas Matamoros

María Guadalupe Rosales Calzada

Martha Patricia Martínez Galindo

Apoyo en archivo fotográfico

Bermellón Edición e Imagen, SA de CV

Carlos Prieto | GDF-SACMEX

Isaías Soriano López | GDF-SACMEX-DEO

Pablo Aguinaco | MXStock

Administrativo

José Eduit Ramírez Vidal

Asistencia en diseño

Francisco Javier Rivera Guzmán

Bermellón Edición e Imagen, SA de CV

Imágenes históricas

Instituto Nacional de Antropología e Historia | INAH.

Fototeca Nacional | INAH-SINAFO-FN.

Fototeca “Constantino Reyes-Valerio” | INAH-CNMH.

Museo Nacional de Historia - Castillo de Chapultepec | INAH.

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera - Mapoteca Manuel Orozco y Berra | SAGARPA-SIAP-MOyB.

Comisión Nacional del Agua.

Archivo Histórico del Agua | AHA.

Subdirección General Técnica | CONAGUA-SGT.

Coordinación General de Atención Institucional, Comunicación y Cultura del Agua | CONAGUA-CGAICCA.

Gobierno del Distrito Federal - Secretaría de Cultura de la Ciudad de México.

Archivo Histórico del Distrito Federal “Carlos Sigüenza y Góngora” | GDF-SC-AHGDF-CSyG.

Museo de la Ciudad de México | GDF-SC-MCMEX.

Museo Archivo de la Fotografía de la Ciudad de México | GDF-SC-MAF.

Sistema de Aguas de la Ciudad de México - Dirección de Operación | GDF-SACMEX | GDF-SACMEX-DEO.

Universidad Nacional Autónoma de México.

Archivo Histórico del Palacio de Minería.

Colección Museo Soumaya. Fundación Carlos Slim, AC / Ciudad de México.

