

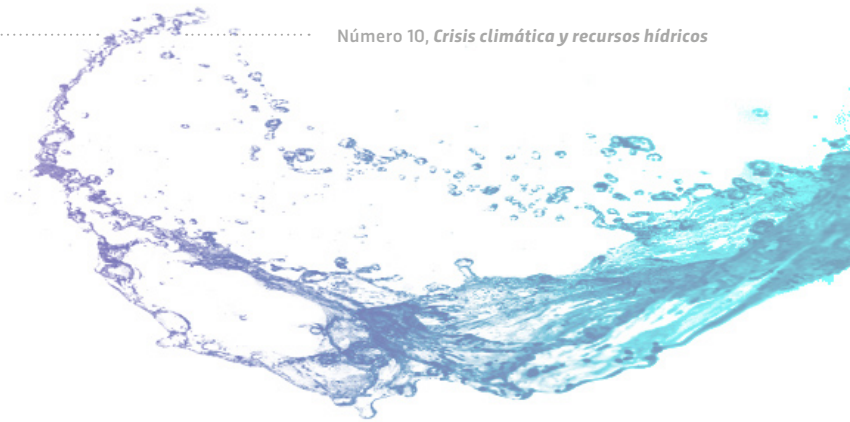
# *Impluvium*

Publicación digital de la Red del Agua UNAM  
Número 10, Enero - Marzo 2020



## Crisis climática y recursos hídricos

## INTRODUCCIÓN



El cambio climático afecta de manera directa a los recursos hídricos en su cantidad, calidad y disponibilidad. Además, incrementa la ocurrencia de fenómenos hidrometeorológicos extremos que amenazan los sistemas socioeconómicos y naturales a nivel mundial, poniendo en riesgo el cumplimiento de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible.

De acuerdo con el más reciente informe de la Organización de las Naciones Unidas sobre el estado de los recursos hídricos, alrededor de cuatro mil millones de personas experimentan actualmente escasez hídrica severa por al menos un mes al año y el 84 por ciento de las especies de agua dulce se

han extinguido desde 1970 como consecuencia del aumento de temperaturas.

A pesar de la estrecha relación que existe entre el agua y el clima, los recursos hídricos se han mantenido por largo tiempo fuera de la agenda de cambio climático, considerándolos exclusivamente como parte del problema. El agua es también parte de la solución a la crisis climática actual.

Para avanzar hacia un mundo sostenible, es impostergable que el sector hídrico sea reconocido como uno de los pilares para el combate al cambio climático, destinándole los recursos económicos y las capacidades científicas y tecnologías que

le permitan alcanzar los objetivos de adaptación a los riesgos provocados por los fenómenos hidrometeorológicos extremos y de mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero relacionadas con la construcción, operación y mantenimiento de la infraestructura hidráulica. Al mismo tiempo, se requiere mejorar la resiliencia de las sociedades bajo el enfoque de reducción del riesgo de desastres establecido en el Marco de Sendai.

El tiempo para reducir los factores que provocan la crisis climática y sus impactos se agota. Es necesario aumentar las capacidades de todos los actores involucrados y profundizar los conocimientos sobre las complejas relaciones que existen entre los recursos hídricos y el cambio climático. En este sentido, los autores que participan en este número de nuestra publicación digital Impluvium exploran, desde múltiples disciplinas, los efectos de la crisis climática en dimensiones tan variadas como el género, la migración, el microclima, entre otras perspectivas.

La crisis actual derivada del Covid-19 no debe distraer la atención sobre otros temas prioritarios de la Agenda de Desarrollo Sostenible, sino que refuerza la necesidad de actuar para mitigar los efectos del cambio climático. 💧

**DR. FERNANDO GONZÁLEZ VILLARREAL,**  
COORDINADOR TÉCNICO DE LA RED DEL AGUA UNAM.

**M. EN C. JORGE ALBERTO ARRIAGA MEDINA,**  
COORDINADOR EJECUTIVO DE LA RED DEL AGUA UNAM.



# Impluvium

**Impluvium** es una publicación de la Red del Agua UNAM; puede ser reproducida con fines no lucrativos, siempre y cuando no se mutile, se cite la fuente completa y su dirección electrónica. Los artículos compartidos son responsabilidad exclusiva de los autores y no reflejan necesariamente la opinión de la Red del Agua UNAM o de sus miembros.

Comité editorial:

**Dr. Fernando J. González Villarreal**

Coordinador Técnico Red del Agua UNAM

**M. en C. Jorge Alberto Arriaga Medina**

Coordinador Ejecutivo de la Red del Agua UNAM

**Mtra. Malinali Domínguez Mares**

Coordinadora de Asesores de la Dirección General del IMTA

**Mtra. Ana Gabriela Piedra Miranda**

Asistente de investigación Red del Agua UNAM

Diseño gráfico y formación:

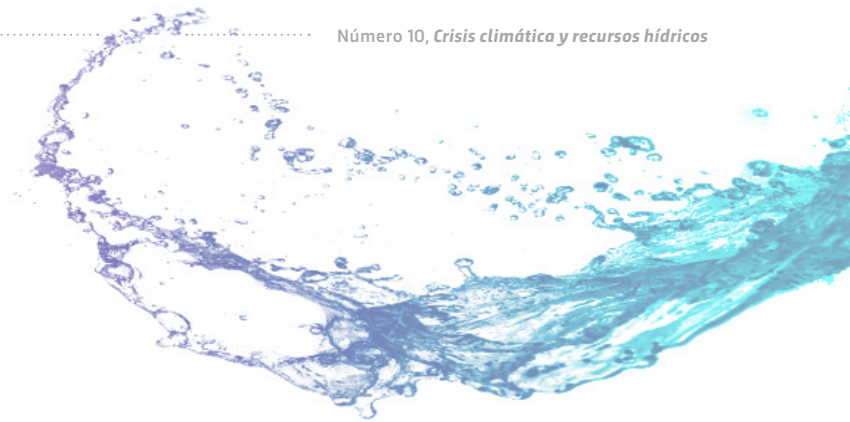
**Lic. Joel Santamaría García**

**Lic. Marie Claire Mendoza Muciño**

Publicación digital de la Red del Agua UNAM.  
Número 10, Crisis climática y recursos hídricos.  
Enero - Marzo 2020

[www.agua.unam.mx/impluvium.html](http://www.agua.unam.mx/impluvium.html)

**Impluvium** es la publicación digital de divulgación de la Red del Agua UNAM, Año 6, No.10, Enero – Marzo 2020. Es una publicación trimestral editada por la Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, Delegación Coyoacán, C.P. 04510, Ciudad de México, a través de la Red del Agua de la UNAM, Circuito Escolar, Ciudad Universitaria, Instituto de Ingeniería, edificio 5, Col. Copilco, Del. Coyoacán, C.P. 04510, Ciudad de México, Tel. (55)56233600 ext.8745, <http://www.agua.unam.mx/impluvium.html>, [jarrigam@iingen.unam.mx](mailto:jarrigam@iingen.unam.mx). Editor responsable: Dr. Fernando J. González Villarreal. Reserva de Derechos al uso Exclusivo: en trámite, ISSN: en trámite, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número, Red del Agua UNAM, Dr. Fernando J. González Villarreal, Circuito Escolar, Ciudad Universitaria, Instituto de Ingeniería, edificio 5, Col. Copilco, Del. Coyoacán, C.P. 04510, Ciudad de México fecha de la última modificación, abril 2020.



## CONTENIDO

### Introducción . . . . .2

DR. FERNANDO GONZÁLEZ VILLARREAL

M. EN C. JORGE ALBERTO ARRIAGA MEDINA

## ARTÍCULOS

### El Nuevo Lago de Chalco: un recurso hídrico con impactos atmosféricos y agrícolas. . . . .7

ERIKA DANAÉ LÓPEZ-ESPINOZA,

ALEJANDRO JAIR GARCÍA-JIMÉNEZ

### Las aguadas en la Reserva de la Biósfera de Calakmul: Importancia e implicaciones de riesgo . . . . . 14

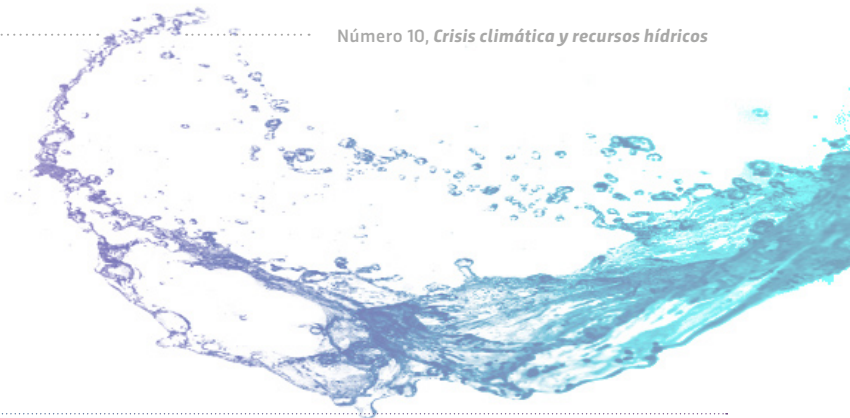
ANALaura SÁNCHEZ MÉNDEZ

### El agravamiento de la desigualdad de género a causa de la crisis de recursos hídricos como consecuencia del calentamiento global . . . . .20

LIZBETH ADRIANA LARA ANAYA

### La sequía en México, un efecto más de la crisis climática en los recursos hídricos . . 27

ALEJANDRA ALEXIA ANDREA SALAZAR CABALLERO



## ARTÍCULOS

Hacia un manejo integral  
del recurso hídrico en isla Cozumel,  
Quintana Roo. . . . . 34

GERARDO HERNÁNDEZ-FLORES,

MARTHA ANGÉLICA GUTIÉRREZ-AGUIRRE,

ADRIÁN CERVANTES-MARTÍNEZ

La energía hidráulica y su relación  
con el cambio climático. . . . . 41

GREG AARÓN OCAMPO URUETA

La integración de políticas climáticas  
en la Ciudad de México: Hacia una  
política hídrica resiliente . . . . . 46

SANDRA CARMONA CÁRDENAS

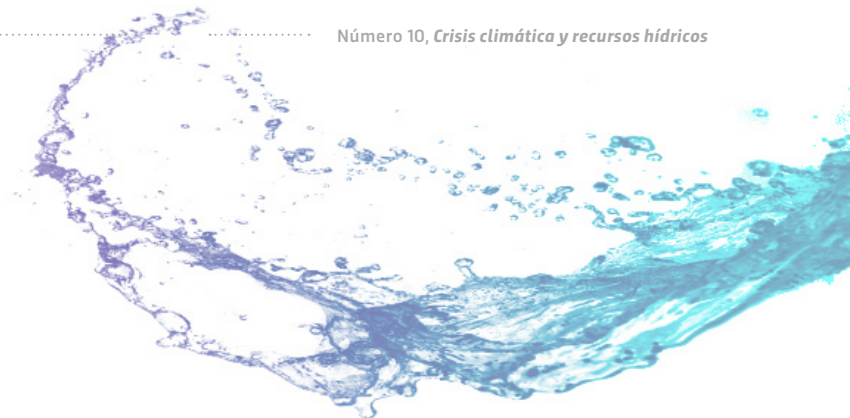
Migrantes climáticos y su repercusión  
en México . . . . . 53

WILLIAMS DE JESÚS JIMÉNEZ MARTÍNEZ



# EL NUEVO LAGO DE CHALCO: UN RECURSO HÍDRICO CON IMPACTOS ATMOSFÉRICOS Y AGRÍCOLAS

GARCÍA-JIMÉNEZ A.J., LÓPEZ-ESPINOZA E.D.  
CENTRO DE CIENCIAS DE LA ATMÓSFERA, UNAM



## Resumen

El Nuevo Lago de Chalco, ubicado en las entidades más pobladas a nivel nacional, es un recurso hídrico que ejerce una influencia sobre las condiciones atmosféricas locales. En este trabajo sus efectos térmicos son relacionados con la germinación y floración de ciertos cultivos, debido a que es un efecto de alto valor para la producción agrícola, sobre todo en el contexto de su vulnerabilidad ante el cambio climático.

## Introducción

Con el objetivo de seguir suministrando de agua potable a la Ciudad de México, en 1984 en la planicie de Chalco se instalaron 14 pozos profundos que, junto con la extracción intensiva de agua, originaron una alta subsidencia en el terreno. Ello, a su vez, formó depresiones geológicas que favorecieron la formación de cuerpos de agua (Ortiz y Ortega, 2007). Estas formaciones consolidaron El Nuevo Lago de Chalco, ubicado en las dos entidades más pobladas a nivel nacional: el Estado de México y la Ciudad de México. Localizado sobre el municipio Valle de Chalco Solidaridad (V-Ch-S) y la alcaldía

de Tláhuac (Figura 1), el lago tiene forma de “C” invertida y una extensión superficial aproximada de 5 km<sup>2</sup>. Es un cuerpo de agua dulce, perenne y eutrofizado que recibe descargas de agua de uso doméstico (Ayala-Pérez et al., 2013). La región circunvecina al nuevo lago está destinada a las actividades productivas del sector primario, entre las que destacan la ganadería de traspatio y la agricultura tradicional, siendo el tomate, el maíz, la lechuga y el apio los principales cultivos, de una variedad de 26 productos que se siembran (Hernández-Juárez, 2019). Particularmente, el municipio V-Ch-S presenta en gran parte de su territorio uso agrícola, sin embargo, menos del 1% de la población económicamente activa se dedica a este sector; en contraste, Tláhuac cuenta con una importante actividad agropecuaria.

Por otra parte, la influencia del nuevo lago sobre las condiciones meteorológicas locales ha sido reportada por García-Jiménez (2019). A partir de simulaciones numéricas, empleando un modelo atmosférico, estudia su impacto en la temperatura, el viento y la precipitación de la región. Esta investi-

gación concluye que las condiciones meteorológicas serían diferentes si el nuevo lago no existiera pues, actualmente, tiene un efecto regulador en las temperaturas extremas: reduce los máximos durante el día en 2.7°C e incrementa los mínimos durante la noche en 2.4°C. Además, la velocidad del viento ha aumentado en 0.54 m/s, principalmente durante la noche, y los patrones espaciales de precipitación en regiones muy próximas a él también se han modificado. El impacto del nuevo lago en la región varía de acuerdo a la época del año, teniendo un radio de influencia de entre 3 y 6 km (Figura 2).

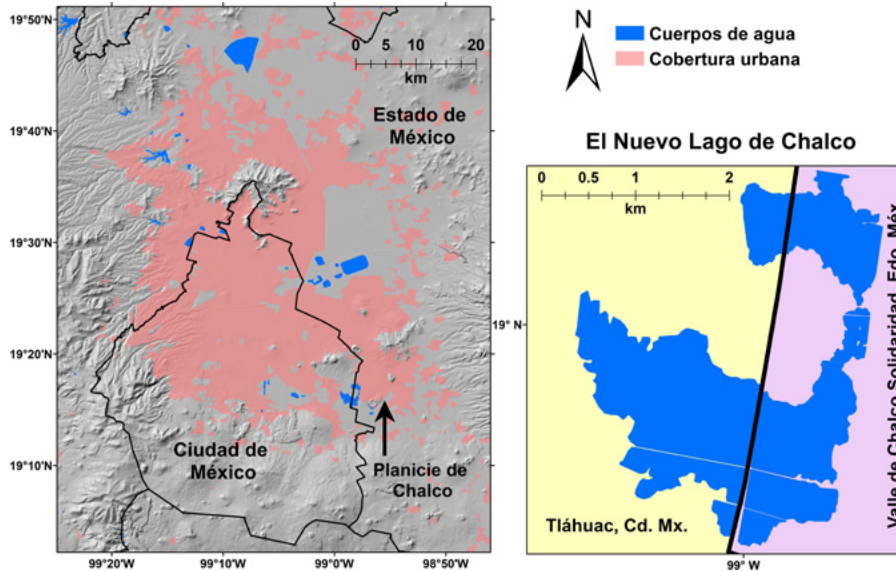
Debido a que el crecimiento y desarrollo de los sistemas agrícolas están estrechamente relacionados con los factores climáticos, en este trabajo se analiza la forma en que El Nuevo Lago de Chalco disminuye los riesgos climáticos asociados a ciertos productos agrícolas de la región.

### **Implicaciones agrícolas debidas a cambios meteorológicos**

En el caso de la temperatura, la exposición de las plantas a valores muy altos (> 50°C) resulta en un



Figura 1. Ubicación de El Nuevo Lago de Chalco al sureste de la Ciudad de México.



daño severo y colapso a nivel celular. Aunque en la región del nuevo lago no se presentan estos valores, es importante mencionar que cada especie tiene una temperatura mínima, máxima y óptima para su desarrollo normal y sobrevivencia. Cuando la temperatura se encuentra fuera de estos límites, se presentan alteraciones fisiológicas que pue-

den comprometer significativamente la producción del cultivo (Vallejo y Estrada, 2004). Por ejemplo, cuando las semillas de lechuga y apio son cosechadas a más de 25°C éstas se encuentran en un estado que no les permite la germinación (Noreña et al., 2016). Para el caso del maíz, por cada grado que se incrementa la temperatura por encima del valor óptimo (25°C) se produce una reducción del rendimiento entre el 3 y 4% (Chávez-Barrantes y Gutiérrez-Soto, 2016). Para el tomate, el proceso de germinación y floración puede retrasarse con temperaturas por encima de los 25°C (Vallejo y Estrada, 2004).

Particularmente, el Nuevo Lago disminuye el promedio de la temperatura máxima

en 2.68°C durante la época seca cálida, periodo cuando el apio, lechuga, maíz y tomate son sembrados. De acuerdo con García-Jiménez (2019), si el Nuevo Lago no existiera el promedio de la temperatura máxima sería de hasta 25°C, por lo que se vería afectada la producción óptima de estos cultivos, sobre todo en un contexto de calentamiento global inequívoco y del fenómeno de isla de calor.

A pesar de que en la región las heladas no son muy frecuentes (menos de 25 eventos por año) (SEDESOL, 2011), la presencia del Nuevo Lago aminora las caídas de temperatura, situación que también afecta en el desarrollo de los cultivos. De acuerdo con SAGARPA (SAGARPA, 2013), el tomate tiene un crecimiento vegetativo muy lento por debajo de los 13°C y su floración se detiene por debajo de los 10°C. En el caso del maíz, la germinación se reduce significativamente por debajo de los 13°C y se inhibe por debajo de los 10°C; mientras que la lechuga y el apio son tolerantes al frío. Durante la época seca fría el Nuevo Lago incrementa la temperatura mínima promedio en 1.5°C, incluso durante el paso de un frente frío. Para la

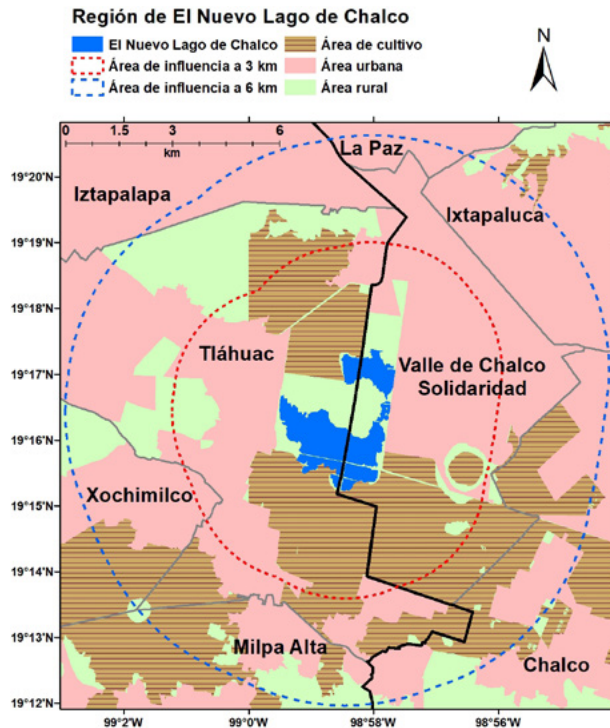
época seca cálida y húmeda, si el Nuevo Lago no existiera la temperatura mínima promedio estaría por debajo de los 13°C, mientras que, debido a su presencia, ésta se mantiene por encima de este valor. Lo anterior resulta importante sobre todo en el caso del maíz, ya que, de acuerdo con la SAGARPA, es un cultivo estratégico por su alto consumo y generación de empleos.

Lo anterior lleva a conjeturar que la presencia del Nuevo Lago no sólo impacta en las condiciones atmosféricas (García-Jiménez, 2019), sino que también tiene un impacto en la producción (germinación y floración) de los cultivos de la región; factor de suma importancia debido a la amenaza que representa el cambio climático para el sector agrícola y el acceso a los alimentos.

## Conclusiones

La relación que existe entre el Nuevo Lago, los habitantes locales y los sistemas agrícolas es estrecha; reconocer su dinámica es fundamental para generar estrategias locales que permitan afrontar la actual crisis climática y sus impactos potenciales.

Figura 2. Características de la región circunvecina al nuevo lago.



La capacidad que presenta este nuevo lago para disminuir los valores extremos de temperatura, así como fuente importante de humedad a la atmósfera, son características de alto valor en un contexto de calentamiento global. Sus efectos en el amortiguamiento de la temperatura no solamente benefician la fisiología de los cultivos, sino también repercuten en la calidad de vida de las personas, pues les permiten realizar sus actividades en un rango de temperatura más confortable.

Los efectos térmicos del Nuevo Lago se ven reflejados principalmente en las áreas agrícolas de Tláhuac y V-Ch-S, sin embargo, también se extienden hasta Milpa Alta, Xochimilco y Chalco (Figura 2). Además, el nuevo lago incide sobre el área urbana de cuatro alcaldías de la Ciudad de México y cuatro municipios del Estado de México; y es por esto que su impacto no solamente se restringe al ámbito rural.

Por otro lado, el mal manejo del agua residual de las colonias aledañas al Nuevo Lago, así como las malas prácticas agrícolas, que en conjunto dificultan la restauración de la calidad del agua, dis-

minuyen los efectos positivos sobre la producción agrícola. Garantizar la disponibilidad y la calidad del agua del lago podría potencializar la dinámica térmica en beneficio de esta producción.

Las acciones encaminadas a la conservación y restauración ambiental del Nuevo Lago pueden ayudar a disminuir la vulnerabilidad social de la región, a través de proyectos eco-turísticos en beneficio de su economía, o a través de apoyos que impulsen técnicas de agricultura sustentables, como las chinampas. Estas medidas permitirían desarrollar beneficios mutuos entre los habitantes, su economía y el Nuevo Lago. Lo anterior sólo será posible mediante un manejo sustentable del cuerpo de agua, que considere la alta vulnerabilidad del recurso hídrico ante el cambio climático. 💧

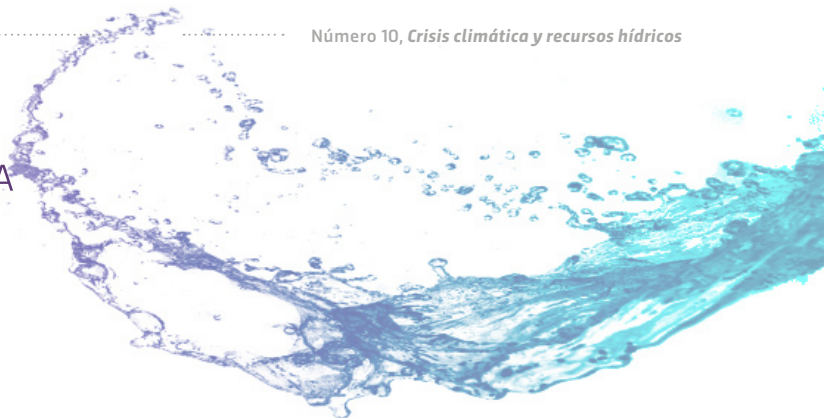
## Bibliografía

- Ayala-Pérez,V., Arce,N., y Carmona,R. (2013). Distribución espacio-temporal de aves acuáticas invernantes en la ciénega de Tláhuac, planicie lacustre de Chalco, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 84(1),327-337.
- Chávez-Barrantes,N.F. y Gutiérrez-Soto,M.V. (2016). Respuestas al estrés por calor en los cultivos. aspectos moleculares, bioquímicos y fisiológicos. *Agronomía Mesoamericana*, 28:255.
- García-Jiménez,A.J. (2019). Estudio numérico de El Nuevo Lago de Chalco y su impacto en el tiempo meteorológico de la región. Tesis de licenciatura, UNAM-CdMx.
- Hernández-Juárez,N.L. (2019). Análisis de las condiciones socio-agrícolas en la zona circunvecina al nuevo lago de Chalco. Tesis de licenciatura, UNAM-CdMx.
- Noreña,J.J., Aguilar,P.A., y Tamayo,P.J. (2016). Modelo tecnológico para el cultivo de lechuga bajo buenas prácticas agrícolas en el Oriente Antioqueño. Gobernación de Antioquia, Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural.
- Ortiz,D.d.C. y Ortega,A. (2007) Origen y evolución de un nuevo lago en la planicie de chalco: implicaciones de peligro por subsidencia e inundación de áreas urbanas en Valle de Chalco (Estado de México) y Tláhuac (Distrito Federal). *Investigaciones geográficas*, (64),26-42.
- SAGARPA. (2013). Requerimientos agroecológicos de cultivos. Technical report, Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.
- SEDESOL (2011). Atlas de Riesgo Municipio de Valle de Chalco, Solidaridad.
- Vallejo,F.A. y Estrada,E.I. (2004). Producción de hortalizas en clima cálido. Universidad Nacional de Colombia.

## LAS AGUADAS EN LA RESERVA DE LA BIÓSFERA DE CALAKMUL: IMPORTANCIA E IMPLICACIONES DE RIESGO

ANALaura SÁNCHEZ MÉNDEZ

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY,  
CAMPUS CUERNAVACA



**Resumen:** *La Reserva de la Biósfera de Calakmul es la región más extensa de bosques tropicales de América, sin embargo, se requiere reconocer el valor que corresponde a su más importante pilar de subsistencia: las aguadas. Las aguadas son hundimientos en el suelo que permiten la captación de aguas de lluvias, siendo así la principal fuente de abastecimiento para la fauna silvestre y para las comunidades. Las aguadas enfrentan severos riesgos, principalmente ocasionados por su mal manejo y el cambio climático. Al momento se han implementado estrategias de adaptación, como los bebederos artificiales, no obstante, es fundamental la introducción de medidas de mitigación, como estable-*

*cer regulaciones y normas pertinentes para su manejo, impulsar programas de conservación y monitoreo e invertir en la educación de la población.*

En tiempos prehispánicos, la región de Calakmul fue testigo del florecimiento y apogeo de las civilizaciones mayas. Hoy en día, continúa siendo el nicho de prosperidad del 80% de las especies vegetales de toda la península de Yucatán, además de más de 350 especies de aves y 100 especies de mamíferos (SEMARNAT, 2020). Esto convierte a la Reserva de la Biósfera de Calakmul en la segunda mayor extensión de bosques tropicales en toda América, tan sólo siendo superada por el Amazonas.



El suelo calcáreo de Calakmul no permite que existan cuerpos de agua permanentes, es decir, cuerpos sin grandes fluctuaciones de volumen a lo largo del año. Sin embargo, la riqueza de la Reserva es posible gracias al fenómeno hidrológico conocido como las aguadas o “antiguos cenotes”. Las aguadas son una clase de humedal que consiste en hundimientos del relieve que permiten el depósito de precipitación; son cuerpos de agua temporales que se distribuyen de forma dispersa alrededor de la península y su extensión puede llegar a ser de varias hectáreas (Hurtado, R; et al. 2010).

### Importancia

Las aguadas juegan un papel vital en el equilibrio de la Biósfera de Calakmul. Funcionan como el motor del ecosistema, al permitir el flujo de nutrientes y otorgar los recursos suficientes para la subsistencia de las especies. De las aguadas depende que la flora y la fauna puedan efectuar sus ciclos de reproducción, dispersión y reclutamiento - este último hace referencia a la supervivencia y crecimiento del individuo hasta volverse parte de la población reproduc-

tiva (Morlans, M. 2004)-. Además, las aguadas son el ecosistema que provee mayores servicios ecosistémicos a las comunidades de Calakmul.

Los servicios ecosistémicos son productos o servicios que los ecosistemas tienen la capacidad de abastecer a los seres humanos derivados de sus procesos y recursos, es decir, son los beneficios antropogénicos que se pueden obtener de la naturaleza. Entre los que proveen las aguadas se encuentran los servicios de regulación -del clima, polinización, agua, de la erosión, control de plagas y enfermedades y calidad del aire-, de sostenimiento -ciclo de nutrientes, fotosíntesis y formación de suelo-, de aprovisionamiento -de alimentos, materias primas, recursos medicinales y, principalmente, de agua dulce- y, por último, culturales -salud mental y física, así como valores estéticos y espirituales-.

En este sentido, la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) resalta que “más de 35.000 habitantes viven en casi 100 comunidades dispersas alrededor del área protegida [la Reserva de la Biósfera de Calakmul], las cuales dependen de la extracción de

varios recursos naturales y de los pocos cuerpos de agua que sobreviven a la época seca” (Hurtado, R; et al. 2010).

### Implicaciones de riesgo

La Convención de Ramsar valúa los servicios ecosistémicos que provee un humedal en un promedio de 15 billones de dólares estadounidenses (Ramsar, 1997). Esta cifra nos permite dimensionar la magnitud del beneficio que reciben las comunidades de estos ecosistemas. A pesar de su rol elemental, las aguadas se encuentran bajo severos riesgos que podrían afectar a la población y comprometer la integridad de la flora y fauna de Calakmul. Dentro de sus amenazas se encuentran el cambio climático, la destrucción de cobertura vegetal, la fragmentación de los ecosistemas por urbanización, la sobre explotación y el manejo inadecuado.

De acuerdo con el Reporte de Vulnerabilidad Climática de la CONAGUA (2016), la península de Yucatán es una zona con vulnerabilidad muy alta. Por ejemplo, durante los últimos 50 años, la precipitación anual se ha reducido en 16%. Esta

reducción en las precipitaciones tiene importantes consecuencias en la región, pues, como se mencionó con anterioridad, las aguadas no son cuerpos de agua permanentes y desaparecen velozmente al inicio de las temporadas de estiaje, mismas que año con año se vuelven cada vez más prolongadas.

“La disponibilidad de agua es uno de los recursos específicos que pueden influir en la distribución espacial de la fauna silvestre en diferentes grados”, (Paredes, et al., 2017). En el caso de Calakmul, principalmente son los mamíferos medianos y grandes los que se ven afectados por esta escasez, incluyendo jaguares, pecaríes de collar y cerdos asilvestrados, mismos que incluso llegan a perecer en masa a causa de la deshidratación.

Por otra parte, otro de los graves riesgos que corren las aguadas es la explotación inmoderada y desregulada del pucté (*Bucida buceras*), un árbol de madera dura nativo que cubre el 7.3% de la región. El pucté crece a los márgenes de las aguadas y, además de jugar un rol importante en limitar su evaporación, también funge como refugio para la fauna.

Los cambios en el comportamiento de los mamíferos y la disminución en la vegetación crean las condiciones propicias para la cacería inmoderada. Las aguadas son uno de los principales puntos de reunión de fauna y, por ende, un importante punto de cacería para las comunidades, especialmente durante las temporadas de seca, cuando los mamíferos, peces y tortugas se encuentran más vulnerables a causa de la disminución en el agua de las aguadas. El incremento en la duración de las secas se relaciona con el aumento en la cacería. De hecho, ésta ha crecido tanto que “se ha observado la completa eliminación de grupos enteros de pecaríes en una sola época de secas” (Hurtado, R. et al. 2010).

### Estrategias de conservación

Ante los efectos del cambio climático sobre la región, la Comisión Nacional de las Áreas Naturales Protegidas (CONANP), por ejemplo, instaló bebederos artificiales para garantizar la disponibilidad del recurso para la fauna y las comunidades de Calakmul. Esta estrategia permite que los mamíferos puedan subsistir y, de manera involuntaria, creó

nuevas sinergias entre las comunidades de la península, pues ahora interactúan en los bebederos al momento de ir por agua para satisfacer a sus hogares. No obstante, esta solución ha sido insuficiente para salvaguardar la vida de las especies de anfibios, tortugas y reptiles que dependen de las aguadas.

Aunque ésta es una solución de adaptación para preservar el recurso ante el cambio climático, también es imprescindible trabajar en medidas de mitigación. A nivel internacional, México es firmante de la Convención Ramsar, un acuerdo global que promueve el uso adecuado y la conservación de los humedales. Dicha convención actualmente cuenta con 168 países miembros. Este instrumento es de alta importancia para el país, pues cuenta con 142 sitios designados como “Humedales de Importancia Internacional”, lo que lo hace ocupar el segundo lugar a nivel mundial.

A pesar de su importancia, ninguna de las aguadas de Calakmul se encuentra inscrita en esta lista, hecho que resultaría de suma relevancia para establecer planes y normatividades de manejo de recursos dentro de la Biósfera. Asimismo, es fundamental

la inversión para el análisis periódico y el monitoreo de los cuerpos de agua, buscando eliminar las amenazas principales que atentan en contra de la subsistencia del ecosistema y mantener un control sobre la fauna protegida. En el caso de Calakmul, esto permitiría regular las temporadas de caza, implementar métodos de explotación sostenible de los recursos maderables y monitorear las poblaciones nativas de mamíferos. Aunado a esto, resultaría relevante el considerar de manera oficial a las aguadas como Patrimonio Natural de México, buscando así su difusión en favor de la educación de las comunidades circundantes e incluso del turismo dentro de la península.

## Conclusiones

Las aguadas son la fuente de agua más importante de la Reserva de la Biósfera de Calakmul, pues de ellas dependen miles de especies de flora, fauna y, sobre todo, más de 100 comunidades de la península. Ha sido notorio el efecto que el cambio climático y las malas prácticas de manejo han tenido en las aguadas, sin embargo, la situación no ha sido

atendida a la brevedad exigida por el ecosistema. Se han implementado medidas de adaptación, no obstante, es imperante comenzar a trabajar en la introducción de medidas de mitigación. Tan sólo así será posible evitar que el estrés hidrológico y la presión en la cacería provoquen consecuencias irreversibles y modifiquen, de manera definitiva, la capacidad que tienen las aguadas para sostener la biodiversidad de la región.♦

## Referencias

- Reyna Hurtado, R., G. O’Farril, D. Sima, M. Andrade, A. Padilla, L. Sosa. (2010). “Las aguadas de Calakmul: Reservorios de vida silvestre y de la riqueza natural de México”. CONABIO. *Biodiversitas*, 93:1-6
- Paredes, O. S. L., Norris, D., de Oliveira, T. G., & Michalski, F. (2017). “Water availability not fruitfall modulates the dry season distribution of frugivorous terrestrial vertebrates in a lowland Amazon forest”, *PloS one*. 12(3), e0174049
- Slater, K. (2018). “2014-2018 Informe del Monitoreo de Flora y Fauna de la Biósfera de Calakmul”. Operation Wallacea. DOI:10.13140/RG.2.2.26609.43367

Convención Ramsar, (2010). "Manejo de humedales: Marcos para manejar Humedales de Importancia Internacional y otros Humedales". 4ta. Edición. Manual 18.

CONAGUA, (2018). "Atlas del agua en México", de CONAGUA, SEMARNAT y Gobierno de México.

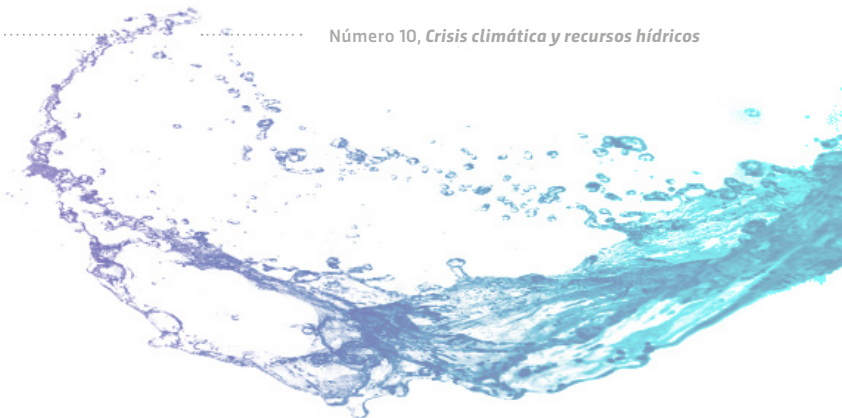
SEMARNAT. "Reserva de la Biosfera Calakmul", de Gobierno de México: <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/reserva-de-la-biosfera-calakmul-157277?idiom=es>

Morlans, M. (2004). "Introducción a la ecología de poblaciones", Universidad de Catamarca. Editorial Científica Universitaria. ISSN:1852-3013

# EL AGRAVAMIENTO DE LA DESIGUALDAD DE GÉNERO A CAUSA DE LA CRISIS DE RECURSOS HÍDRICOS COMO CONSECUENCIA DEL CALENTAMIENTO GLOBAL

LIZBETH ADRIANA LARA ANAYA

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY,  
CAMPUS CUERNAVACA



## Resumen

Los recursos hídricos del planeta se ven afectados por el cambio climático, especialmente en las zonas donde el acceso al agua ya resultaba un reto para sus pobladores. Siendo las mujeres las que normalmente cargan con la responsabilidad de suministrar agua a sus hogares, las afectaciones provocadas por el cambio climático sobre el agua impactan más a este sector de la población que a cualquier otro, al hacer más difícil el poder completar esta tarea y representar mayores riesgos para su salud y seguridad. Esta condición se suma a otros problemas como la des-

igualdad entre géneros y los problemas producidos por el desabasto de agua y su mala calidad.

## Introducción

El cambio climático y sus consecuencias son cada vez más evidentes y los riesgos que éstas suponen suelen ser mayormente visibilizados mediante afectaciones a los ciclos naturales, a los ecosistemas y recursos, a la economía y a la salud de la población, pero sus impactos son más amplios. Para encontrar soluciones eficientes a los retos provocados por el cambio climático, es necesario contemplar también



aspectos sociales, entre ellos, su potencial para agravar las desigualdades de género.

### ¿Quiénes son más vulnerables ante el cambio climático?

El cambio climático tiene efectos asociados al agua, como sequías e inundaciones, hasta la acidificación de los océanos. Estos fenómenos son expresiones de que un cambio está ocurriendo y que, sin duda, afectará a todos, aunque dependiendo de la vulnerabilidad, los efectos se verán reflejados en diferentes medidas.

La vulnerabilidad ante el cambio climático es mayor en los sectores de la población constituidos por mujeres y niños, debido a la desigualdad que éstos padecen por la falta de poder, de oportunidades y de acceso a los recursos. Hablando específicamente de género, las mujeres, independientemente de la edad, suelen verse mayormente amenazadas ante estos cambios.

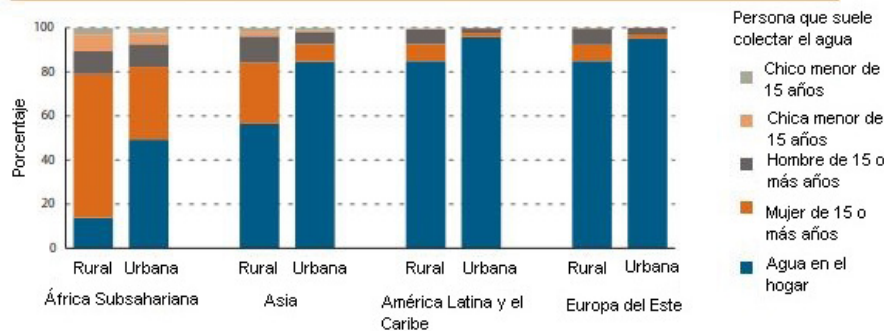
### Abastecimiento de agua para los hogares en países en vías de desarrollo

En algunos países, estas desigualdades se aprecian en actividades como la obtención de agua, siendo las mujeres las principales encargadas de recolectarla. Esta situación se observa especialmente en las zonas rurales de los países del África Subsahariana. La Figura 1 muestra que el 65% de la recolección del agua es hecho por mujeres adultas y solo el 10% por hombres adultos. A esta labor dedican hasta 9 veces más tiempo que los hombres en países como Malawi, con un promedio de 54 minutos para las mujeres y 6 minutos para los hombres por día (UNDESA, 2015.).

La segunda región que presenta mayor desigualdad respecto a quienes tienen que encargarse de esta labor es Asia, nuevamente predominando el género femenino. El tiempo para llegar a la fuente de agua, recolectarla y regresar a casa es, en promedio, de 21 minutos. Sin embargo, en muchos países, tanto de esta región como del África Subsahariana, el tiempo de recolección es mucho más grande, tomando incluso más de una hora por viaje en las zonas rurales

Figura 1.

Distribución familiar en función de la persona responsable de coleccionar agua, por región, por zona rural o urbana, 2005-2013 (últimas cifras disponibles)



Fuente: The World's Women 2015. UNDESA, 2015.

de Mauritania, Somalia, Túnez y Yemen. Además, la mayoría de las veces el agua recolectada no es suficiente para cubrir las necesidades del día, por lo que este viaje tiene que hacerse más de una vez (UNDESA, 2015.).

Aunado a esto, se presentan otros problemas que atentan contra la salud y el bienestar de las mujeres. En algunas regiones, tienen que recorrer diariamente unos 6 kilómetros para conseguir agua, cargando casi 20 kilogramos sobre su cabeza la mitad de este trayecto, lo que les produce afectaciones en la columna y cuello, además de otros trastornos musculoesqueléticos que son especialmente riesgosos para las

mujeres embarazadas (Geere et al. 2010.). Además de esto, se encuentran otros peligros durante todo el camino, como encuentros con animales silvestres, hasta el ser víctima de robo o violación.

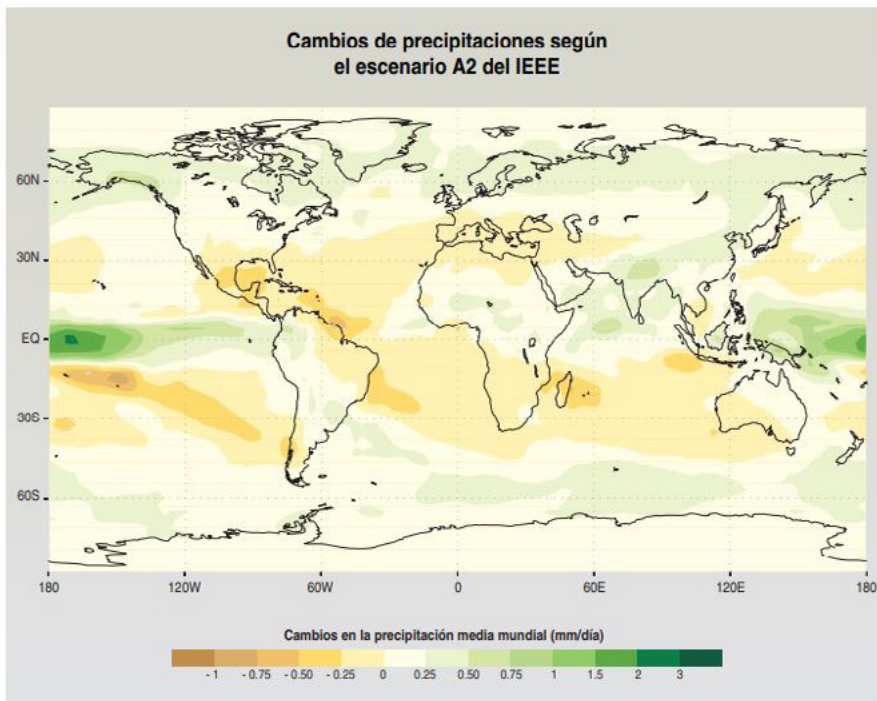
### ¿Cómo afecta el cambio climático el acceso al agua?

A pesar de que para muchas familias en países en desarrollo el poder suministrar agua a sus hogares es una tarea difícil, existen factores que la vuelven aún más complicada y peligrosa, como ocurre con el cambio climático, la contaminación de los cuerpos hídricos y su sobreexplotación.

El clima y el ciclo hidrológico están fuertemente relacionados, por lo que los cambios

producidos en la temperatura atmosférica han generado variaciones en ciertos componentes de este ciclo, generando, por ejemplo, cambios en las pautas, intensidades y valores extremos de precipitación, y se prevé que estos cambios continúen. Mientras en unas zonas las precipitaciones serán más intensas, en otras disminuirán, véase figura 2, lo que generará inundaciones en algunas regiones y largas temporadas de sequías en otras. Esto podría evitar que algunos acuíferos se recarguen debidamente, además de un aumento en las sequías de verano y un incremento en el riesgo de incendios forestales (IPCC, 2002.).

Figura 2.



**Figura 5: Cambio medio anual de precipitaciones según el escenario A2 del IEEE.** La figura muestra el período 2071–2100 relativo al período 1961–1990. Las proyecciones se realizaron con simulaciones generales de la circulación atmósfera-océano. [SI Figura 3–3a]

Fuente: Cambio climático y biodiversidad. IPCC, 2002.

La figura muestra el periodo 2071–2100 relativo al periodo 1961–1990. Las proyecciones se realizaron con simulaciones generales de la circulación atmósfera-océano.

Otro problema es la disminución en la calidad del agua, la cual se manifiesta como una consecuencia de su calentamiento, provocando un cambio en la abundancia de organismos, productividad y desplazamientos fenológicos, además de estratificación prolongada, disminución de la concentración de nutrientes en su capa superficial y un agotamiento prolongado del oxígeno en las capas más profundas (IPCC, 2008.).

Por otro lado, la contaminación de los cuerpos de agua es provocada por las descargas industriales y municipales que se depositan en éstos sin previo tratamiento, como ocurre con el 80% de las aguas residuales de los países en vías de desarrollo (UNESCO, 2017.). Las aguas sin tratamiento pueden contener contaminantes como metales pesados, agentes patógenos, materia fecal, entre otros, volviendo el agua no apta para su uso ni consumo humano.

Por último, se estima que, de todos los acuíferos disponibles en el mundo, el 20% se encuentran sobreexplotados, trayendo consigo graves consecuencias, como el hundimiento del suelo y la intrusión de agua salina (UN WATER, 2015.).

### El acceso al agua potable impacta en mayor medida la vida de las mujeres

Todas estas afectaciones hacen cada vez más difícil el poder tener acceso a este recurso, lo cual impacta directamente en la vida de muchas mujeres y niñas de países en vías de desarrollo, pues al ser las principales responsables de proveer de agua a sus hogares, estos obstáculos se traducen en desventaja al tener que recorrer trayectos más largos, verse expuestas a mayores peligros y tener que ocupar más horas de su día solo para poder cumplir con esta labor. Las horas utilizadas en el acarreo del agua van en detrimento de su capacidad para asistir a la escuela, capacitarse, desempeñar alguna otra labor o realizar otras actividades productivas, perpetuando así un ciclo vicioso de carencias, riesgos y falta de oportunidades en el que se ven inmersas.

De acuerdo con Sanjay Wijesekera, jefe mundial de Agua, Saneamiento e Higiene del Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF, por sus siglas en inglés), las mujeres y niñas destinan, a nivel mundial, 200 millones de horas al día para el acarreo de agua. Esto, en sus palabras, representa un enorme desperdicio de tiempo y considera que debería ser usado en realizar actividades productivas mediante las cuales las mujeres podrían lograr muchos avances (UNICEF, 2016).

## Conclusión

A pesar de que el cambio climático y la desigualdad de género parecen ser temas muy diferentes, existe una estrecha relación entre ambos. Sin duda, las mujeres presentan un mayor grado de vulnerabilidad ante el cambio climático, especialmente en las zonas donde los recursos son limitados, por lo que abordar los problemas desde una perspectiva de género resulta necesario para la búsqueda de soluciones eficientes. 💧

## Bibliografía:

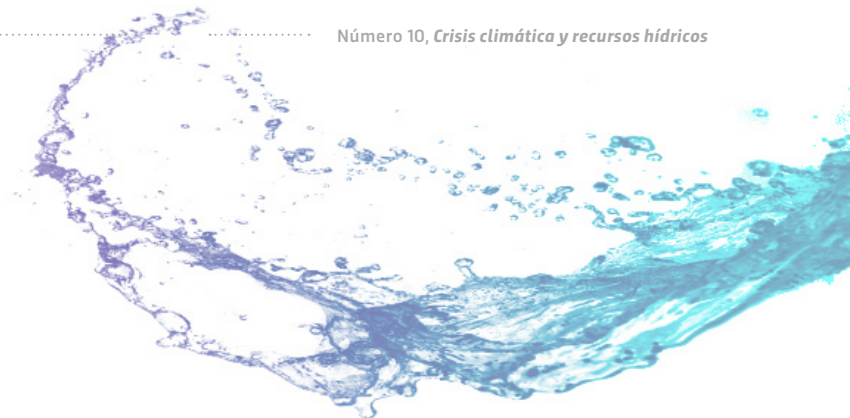
- Gonda, N. (2014). Género y Adaptación al Cambio Climático. De United Nations Development Sitio web: [https://www.undp.org/content/dam/nicaragua/docs/MedioAmbienteyGestiondeRiesgo/NIC\\_Genero%20cambio%20climatico%20Nicaragua\\_web.pdf](https://www.undp.org/content/dam/nicaragua/docs/MedioAmbienteyGestiondeRiesgo/NIC_Genero%20cambio%20climatico%20Nicaragua_web.pdf)
- Anónimo. (2014). Decenio Internacional para la Acción 'El agua fuente de vida' 2005-2015. De Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de Naciones Unidas Sitio web: <https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/gender.shtml>
- Reid, K. (2019). Walk for water: Your 6K vs. theirs. De World Vision Sitio web: <https://www.worldvision.org/clean-water-news-stories/walk-water-6k>
- Mehta, L. (2019). World Water Day 2019: Water crisis' disproportionate toll on women can no longer be ignored. De Institute of Development Studies Sitio web: <https://www.ids.ac.uk/opinions/world-water-day-2019-water-crisis-disproportionate-toll-on-women-can-no-longer-be-ignored/>
- Graham et al. (2016). An Analysis of Water Collection Labor among Women and Children in 24 Sub-Saharan African

- Countries. De Plos One Sitio web: <https://journals.plos.org/plosone/article%3Fid%3D10.1371/journal.pone.0155981>
- UNDESA. (2015). The World's Women 2015. De United Nations Department of Economic and Social Affairs Sitio web: [https://unstats.un.org/unsd/gender/downloads/worldswomen2015\\_report.pdf](https://unstats.un.org/unsd/gender/downloads/worldswomen2015_report.pdf)
- Sorenson, S. et al. (2011). Safe access to safe water in low income countries: Water fetching in current times. De ScienceDirect Sitio web: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0277953611001572?via%3Dihub>
- Geere, J. et al. (2010). Domestic water carrying and its implications for health: a review and mixed methods pilot study in Limpopo Province, South Africa. De BMC Sitio web: <https://ehjournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/1476-069X-9-52#Tab1>
- Hemson, D. (2007). 'The Toughest of Chores': policy and practice in children collecting water in South Africa. De Human Sciences Research Council Sitio web: <https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.2304/pfie.2007.5.3.315>
- UNICEF Media Team. (2016). UNICEF: Collecting water is often a colossal waste of time for women and girls. De UNICEF Sitio web: <https://www.unicef.org/press-releases/unicef-collecting-water-often-colossal-waste-time-women-and-girls>
- UN WATER. (2015). Agua Para Un Mundo Sostenible. De UNESCO Sitio web: [http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/SC/images/WWDR2015Facts\\_Figures\\_SPA\\_web.pdf](http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/SC/images/WWDR2015Facts_Figures_SPA_web.pdf)
- IPCC. (2008). El Cambio Climático y el Agua. De IPCC Sitio web: <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/climate-change-water-sp.pdf>
- IPCC. (2002). Cambio Climático y Biodiversidad. De IPCC Sitio web: <https://archive.ipcc.ch/pdf/technical-papers/climate-changes-biodiversity-sp.pdf>



# LA SEQUÍA EN MÉXICO, UN EFECTO MÁS DE LA CRISIS CLIMÁTICA EN LOS RECURSOS HÍDRICOS

ALEJANDRA ALEXIA ANDREA SALAZAR CABALLERO  
 INSTITUTO TECNOLÓGICO DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY,  
 CAMPUS CUERNAVACA



## Resumen

Las sequías son un fenómeno natural que se presenta en ciertas épocas del año y que tiene efectos significativos en el sector agrícola mexicano. La temporada de lluvias es el factor principal para que el país obtenga anualmente la cantidad de agua dulce renovable necesaria para que la agricultura dé los rendimientos esperados. Pero si el clima se ve afectado severamente, las sequías podrían ser abundantes.

## Introducción

México es un país que se enfrenta diariamente a la inseguridad, la corrupción y problemas económi-

cos, así como también conflictos de tipo ambiental. A la nación se le considera como un territorio megadiverso, teniendo el 10% de las especies del mundo en cuanto a flora y fauna. Asimismo, existen diferentes tipos de clima que permiten la producción de una vasta cantidad de cultivos como la cebolla (Guanajuato), aguacate (Michoacán), manzana (Chihuahua), entre otros. El país cuenta con una superficie de 1,964,375 km<sup>2</sup>, de la cual 1,049,920 km<sup>2</sup> se utilizan para la agricultura, una actividad altamente dependiente del agua (FAO, 2016).

Considerando la compleja relación que existe entre la agricultura, la disponibilidad de agua y los

efectos del cambio climático, este artículo realiza un análisis sobre la afectación del sector agrícola debido a las sequías ocasionadas por la escasez de lluvias.

## Los recursos hídricos en México

El ciclo hidrológico se refiere a la circulación del agua en la tierra y su regreso a la atmósfera. Las lluvias permiten que México reciba 1,449,471 millones de m<sup>3</sup> de agua de manera anual. Al considerar las exportaciones e importaciones hídricas, el país obtiene realmente 451,585 millones m<sup>3</sup> de agua dulce renovable al año. Esta agua se le denomina así porque, al ser aprovechada, se renueva mediante el ciclo hidrológico (CONAGUA, 2017, p. 32).

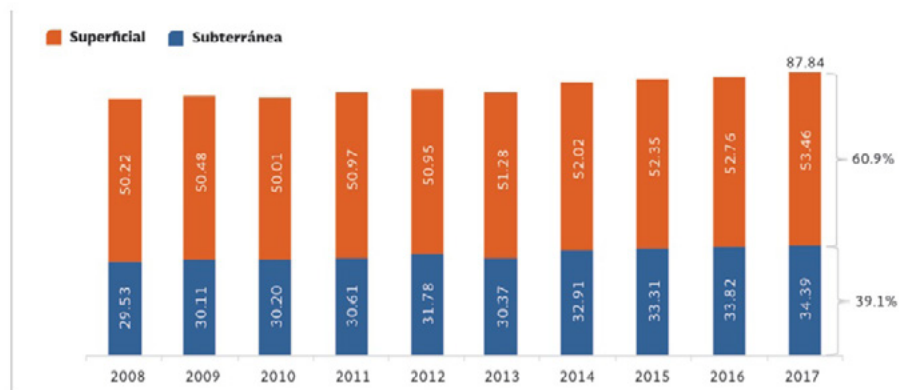


Figura 1

Obtenida de CONAGUA, 2018.

En México, el sector agrícola es el principal consumidor de agua, al destinársele el 76.3% del agua dulce renovable, y se le considera como uso consuntivo (CONAGUA, 2016). Del agua empleada en la agricultura, el 63.6% proviene de los acuíferos y 36.4% de aguas superficiales. *La Figura 1* muestra la cantidad de agua extraída entre 2008 y 2017. Esta información considera los 635 acuíferos existentes en México y los 633 mil km de la red hidrográfica.

A pesar de que México cuenta con un volumen considerable de agua, es considerado como un país con baja disponibilidad de este recurso. Los tres factores más importantes a los cuales puede atribuir-

sele la baja disponibilidad son el aumento de la población, la actividad económica y la variabilidad geográfica de los cuerpos de agua. En México, las regiones hidrológicas-administrativas donde se genera el 60% del PIB nacional coinciden con una alta concentración demográfica, de hecho 70 millones de habitantes viven en ellas, lo cual ha provocado la sobreexplotación y la escasez de sus recursos hídricos, véase la Tabla 1 (Andrés *et al.*, 2017, p. 21). Ejemplo de ello es que en 2015 había 105 acuíferos sobreexplotados y para 2018 el número incrementó a 144, es decir, hubo un aumento del 37% en apenas 3 años (UNAM, 2018, p. 45).

### ¿Cómo se da la temporada de lluvias en México?

En el territorio nacional, el verano es la época cuando mayormente sucede la precipitación pluvial, de junio a octubre, y la causa principal de ello es la Zona Inter-Tropical de Convergencia (ZITC). Ésta define la variabilidad de las lluvias de verano e invierno, es decir, al guiarse por los rayos solares que caen perpendicularmente en la Tierra, en verano se

#### Regiones hidrológicas-administrativas con escasez y sobreexplotadas, 2016

I Península de Baja California

II Noroeste

VI Río Bravo

VII Cuencas Centrales del Norte

XIII Aguas del Valle de México

III Pacífico Norte

IV Balsas

V Pacífico Sur

**Tabla 1 El agua en México, 2017**

mueve hacia el trópico de cáncer para llevar las lluvias a México, pero en invierno se aleja del territorio nacional, ya que se desplaza hacia la línea ecuatorial, para dirigirse hacia el trópico de capricornio. Al ocurrir esto último, la disponibilidad de humedad se concentra lejos del país y la precipitación pluvial disminuye (Landa *et al.*, 2008, p. 26-27). Por tanto, si hay menos lluvias, el suelo tiene una menor dis-

ponibilidad de nutrientes y la biota (flora y fauna de un área) se ve afectada. Como resultado de ello, la calidad y el rendimiento de los cultivos pueden verse perjudicados.

La ZITC está siendo afectada por el efecto invernadero, lo que contribuye a aumentar los efectos de la crisis climática. El efecto invernadero es un fenómeno natural que se encarga de absorber parte de la radiación solar y regresarla a la atmósfera. Los gases responsables de realizar esta función son el CO<sub>2</sub>, Metano (CH<sub>4</sub>), vapor de agua, óxido nitroso y ozono (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, 2018). Así, si incrementa la concentración de alguno de ellos, la cantidad de calor retenido será mayor y la temperatura del planeta aumentará. Esto causará una afectación en la densidad, intensidad y posición en la convección de la Tierra, ya que las masas de aire, al obtener más calor, se volverán más calientes y retendrán grandes cantidades de agua (Kolbert, S.f). Entonces, la ZITC experimenta una alteración por la influencia de la convección del planeta y esto se expresa

en desfases en la temporada de lluvias, mismas que podrían provocar sequías severas.

### Las sequías en México

Durante el 2017, en Nayarit, Michoacán, Sinaloa y Guerrero hubo menos lluvias que en años anteriores y, por cuarto año consecutivo, la precipitación pluvial anual fue menor a la normal de 1981-2010 (*Véase Figura 2*) (CONAGUA, 2018, p. 37). Hasta el 31 de agosto del 2019, el Monitor de Sequía de México registró que el 66% del territorio mexicano tenía sequía, siendo Oaxaca y Veracruz los estados con los niveles más altos (CONAGUA y SEMARNAT, 2019). Además, el territorio nacional resultó severamente perjudicado del 2011 al 2013, ya que el 90% estuvo cubierto por sequía (CONAGUA, 2018, p. 41). Asimismo, con base en la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, en el año 2005 se retrasó la temporada de lluvias un mes y “provocó una caída de alrededor del 13% en la producción agropecuaria nacional”. Este suceso se vio reflejado en la producción del maíz grano de temporal en Guanajuato y

Querétaro ya que aproximadamente 153,000 toneladas no fueron producidas y 163 mil hectáreas de las 271 mil sembradas, el 60.15%, resultaron sinietradas (Landa *et al.*, 2008, p. 43).

México, junto con Estados Unidos y Canadá, formaron el Monitor de Sequía de América del Norte (MSAN), el cual se encarga de analizar “las condiciones climáticas para monitorear la sequía en América del Norte, de forma continua y a gran escala” (CONAGUA, 2018, p. 42). Además, el gobierno cuenta con medidas estratégicas para hacer frente a las sequías, entre las que se cuentan: cambios de cultivo en los estados donde no se puede sembrar un segundo ciclo y utilización de cultivos alternativos para reducir la cantidad de agua que normalmente se emplea (CONAGUA y SEMARNAT, 2019).

### Conclusión

México es un país en desarrollo que requiere hacer un uso más eficiente del agua dulce renovable. Al ser utilizada principalmente en el sector agrícola, la temporada de lluvias es un factor clave para el

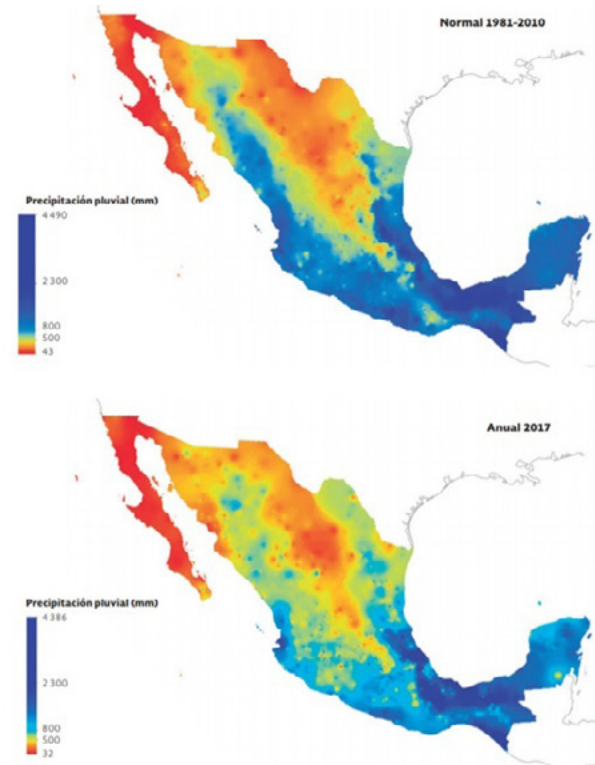


Figura 2

CONAGUA, 2018

éxito del sector agrícola. Sin embargo, los esfuerzos en el ahorro del agua almacenada en sus acuíferos y aguas superficiales serán insuficientes, si no se reduce la contaminación antropogénica causada por la emisión de gases de efecto invernadero y que es causante del cambio climático. Ofrecer respuestas a la crisis climática está en manos de la humanidad pues, al ser responsable de generarla, tiene la capacidad de mitigarla y hasta erradicarla. Tanto la sociedad como los gobiernos deben trabajar en conjunto para poner en práctica las estrategias de mitigación y adaptación para hacer frente a los efectos de la crisis climática como la sequía. 💧

## Bibliografía

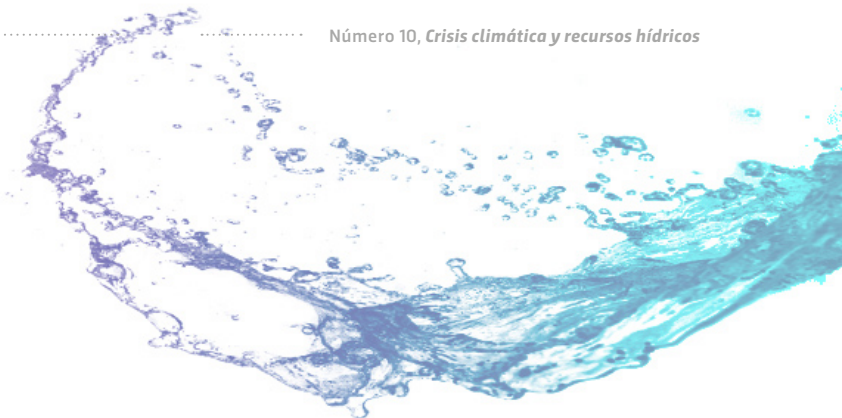
- Andrés, L et al. (2017). El agua en México. Friedrich-Ebert-Stiftung, Ciudad de México, México.
- CONAGUA y SEMARNAT. (2019). MÁS DE 66 POR CIENTO DE MÉXICO CON ALGÚN GRADO DE SEQUÍA. Recuperado de: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/494573/Comunicado\\_de\\_Prensa\\_609-19.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/494573/Comunicado_de_Prensa_609-19.pdf)
- CONAGUA. (2018). ESTADÍSTICAS DEL AGUA EN MÉXICO 2018. Coordinación General de Comunicación y Cultura del Agua de la Comisión Nacional del Agua, Ciudad de México, México.
- NuestraAgua. (2020). ¿En qué se usa?. Consultado el 5 de marzo de 2020, de <https://app.agua.org.mx/cuanta-hay>
- FAO. (2016). México. Consultado el 2 de marzo de 2020, de <http://www.fao.org/countryprofiles/index/es/?iso3=MEX>
- Kolbert, E. (S.f). *Changing Rains*. Consultado el 20 de marzo de 2020, de <https://www.nationalgeographic.com/magazine/2009/04/changing-rains/>
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2016). México país megadiverso. Consultado el 5 de marzo

- de 2020, de <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/mexico-pais-megadiverso-31976>
- SAP Y SAGARPA. (2015). Márgenes de comercialización. Recuperado de: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/71238/MargenesComer\\_CebollaBlanca\\_Marzo2015.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/71238/MargenesComer_CebollaBlanca_Marzo2015.pdf)
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2017). Manzana: México produjo 716, 930 toneladas en 2016. Consultado el 5 de marzo de 2020, de : <https://www.gob.mx/siap/articulos/manzana-mexico-produjo-716-930-toneladas-en-2016?idiom=es>
- Landa, R. et al. (2008). Agua y clima: elementos para la adaptación al cambio climático. Centro de Ciencias de la Atmósfera, México.
- UNAM. (2018). ESTUDIO SOBRE PROTECCIÓN DE RÍOS, LAGOS Y ACUÍFEROS DESDE LA PERSPECTIVA DE LOS DERECHOS HUMANOS. Recuperado de: [https://www.cndh.org.mx/sites/all/doc/Informes/Especiales/ESTUDIO\\_RIOS\\_LAGOS\\_ACUIFEROS.pdf](https://www.cndh.org.mx/sites/all/doc/Informes/Especiales/ESTUDIO_RIOS_LAGOS_ACUIFEROS.pdf)
- Maguey, H. (2018). Más de 80% del agua se va en uso agrícola y de la industria. Consultado el 7 de marzo de 2020, de: <https://www.gaceta.unam.mx/crisis-agua-industria/>
- Global Carbon Atlas. (2019). Emisiones de CO2. Consultado el 7 de marzo de 2020, de: <http://www.globalcarbonatlas.org/es/CO2-emissions>
- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. (2018). Causas del cambio climático. Consultado el 13 de marzo de 2020, de: <https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/causas-del-cambio-climatico>

## HACIA UN MANEJO INTEGRAL DEL RECURSO HÍDRICO EN ISLA COZUMEL, QUINTANA ROO.

HERNÁNDEZ-FLORES, GERARDO;  
GUTIÉRREZ-AGUIRRE, MARTHA ANGÉLICA. &  
CERVANTES-MARTÍNEZ, ADRIÁN

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES, UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO,  
COZUMEL, QUINTANA ROO, MÉXICO.



### Resumen:

Cozumel es la tercera isla más grande de México y se encuentra en el estado de Quintana Roo. En ella, la fuente más viable de agua dulce es el acuífero que se recarga principalmente por infiltración de agua de lluvia, por lo que la disponibilidad del recurso es altamente sensible a los efectos antrópicos y climáticos. Después de una revisión bibliográfica y entrevistas a informantes clave (tomadores de decisiones, actores sociales, administradores del recurso agua etc.) el documento identifica los principales elementos ambientales (entorno y estado del recurso), económicos (actividades socioeconómicas y servi-

cios de distribución) y sociales (usos y tradiciones, marco jurídico y demografía) característicos de la Isla que deben ser descritos para desarrollar estrategias para el manejo sustentable del recurso hídrico.

### Introducción

La Organización de las Naciones Unidas considera al sexto objetivo del desarrollo sostenible como: “Agua limpia y saneamiento”. La meta 6.5 plantea implementar el manejo integrado de recursos hídricos en todos los niveles para el 2030. Globalmente se reconocen los efectos de la actual crisis climática a través de un aumento de la temperatura promedio,



elevación del nivel medio del mar y la alteración de los patrones de precipitación. Estas alteraciones, junto con la sobreexplotación y contaminación de los acuíferos por factores como el incremento poblacional y las actividades productivas, han elevado el grado de presión sobre los recursos hídricos, poniendo en riesgo la disponibilidad en volumen y calidad del agua en el mediano y largo plazo.

Cozumel es especialmente sensible a los efectos ya mencionados del cambio climático, pero particularmente a la modificación en los patrones de precipitación pluvial, pues la lluvia es la única fuente de recarga del acuífero en la isla. Además del influenciar la recarga de acuíferos, el cambio en el clima y su variabilidad tienen influencia sobre patrones de uso del agua (Taylor *et al.*, 2012, p.322) y por ende en la disponibilidad para consumo humano. El impacto sobre la disponibilidad hídrica en la Isla sería significativo, pues el recurso almacenado en el acuífero es la única fuente viable de agua dulce para surtir a la población y las actividades productivas (SECTUR, 2018, p.34); pues al no existir un sistema de tubería que conecte con la parte

continental, el ingreso de volúmenes significativos es limitado. Por ende, es prioritario identificar los elementos que se relacionan con el acuífero para caracterizar sus tendencias y estado actual, pues son la base para fundamentar estrategias locales para el manejo sustentable del recurso hídrico.

### La isla y su acuífero

La Isla se encuentra en el sureste de México, en el estado de Quintana Roo, y cuenta con una superficie de 473 km<sup>2</sup>. Su suelo está formado principalmente por roca carbonatada (denominado como karst), por lo que se favorece la infiltración del agua al subsuelo, provocando que la mayor parte de los cuerpos de agua sean subterráneos. El acuífero se reconoce a nivel nacional como “Isla de Cozumel 2305” y dentro de la Región Hidrológico-administrativa XII. En el modelo actual del acuífero, se plantea una lente de agua dulce que flota sobre agua marina y que disminuye de espesor con relación a la cercanía con la línea de costa; aunque este modelo debe ser ajustado para reflejar la complejidad del sistema. En 2015 se estimó un valor medio anual

de agua dulce en la isla entre 19 y 31.4 millones de metros cúbicos (Comisión Nacional del Agua, 2015, p.2; Coral Zaragoza, 2015, p.91).

La población actual es de aproximadamente 90,000 habitantes y la principal actividad económica es el turismo (SECTUR, 2013, p.39). El volumen de turistas fluctúa de acuerdo con la temporada y, en 2015, se registró el arribo de 575,055 turistas y 3,391,241 excursionistas (Segrado Pavón *et al.*, 2017, p.165). El agua para beber en la isla proviene de empresas que desalan, purifican y comercializan el recurso; mientras que el agua necesaria para surtir a las necesidades de la población y las actividades productivas proviene principalmente de pozos de extracción ubicados en el área de captación. Aunque el área de captación abarca una mayor superficie, se delimitó en el Plan de Ordenamiento Ecológico Local dentro de la Unidad de Gestión Ambiental (UGA) C1. En ella se encuentran 261 pozos administrados por la Comisión de Agua Potable y Alcantarillado (CAPA), quien monitorea mensualmente 11 variables indicadoras de calidad de agua, siendo

de las más importantes los coliformes fecales, cloruros, sólidos totales disueltos y cloro residual.

### Manejo del recurso en la Isla.

Actualmente, el manejo del acuífero en la UGA C1 se realiza principalmente por CAPA, que selecciona los pozos óptimos para la extracción con base en el monitoreo de la calidad del agua. Afuera de la zona de captación, CAPA realiza campañas de concientización sobre el uso del agua, el manejo de la red de distribución, del drenaje y de las aguas residuales. (Periódico Oficial del Estado de Quintana Roo, 2017, p.1-3).

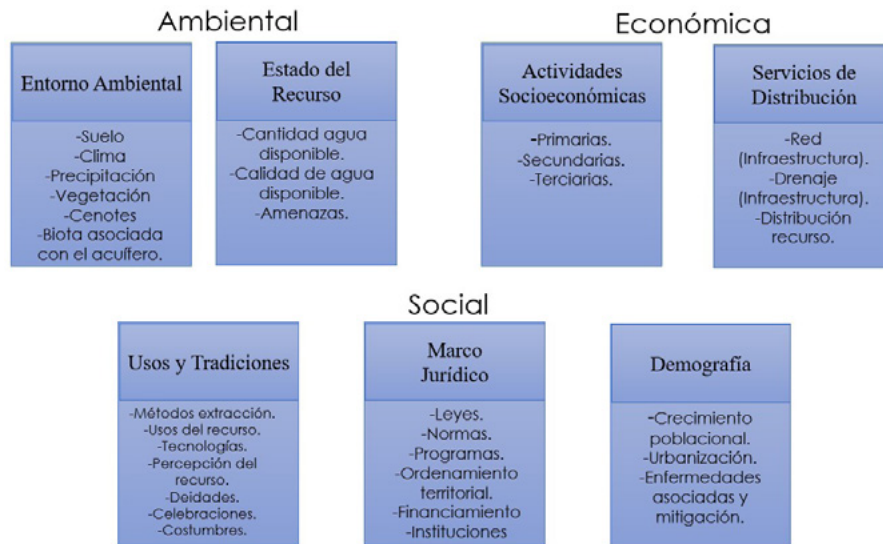
Por otra parte, en la Isla se han comenzado iniciativas como “La agenda del agua”, donde en 2018 participantes de siete sectores, incluyendo a la Universidad de Quintana Roo, el Ayuntamiento local y organizaciones sociales, se reunieron para discutir sobre el estado del recurso hídrico; sin embargo, aún es necesario incentivar el desarrollo de estrategias multisectoriales e integrales para el manejo sustentable del recurso.

## Hacia el manejo sustentable del agua.

Actualmente no se han reportado evidencias de problemas importantes con la disponibilidad o calidad en agua distribuida por CAPA, por lo que aún es posible el desarrollo de medidas preventivas que son más eficientes que las correctivas.

Para el desarrollo de estas estrategias, es necesaria una colaboración multidisciplinaria y multisectorial, abordándola de una manera integral y con la suficiente plasticidad para adaptarse a los retos emergentes (Vrba *et al.*, 2007, p.1-2). La estrategia debiera considerar, como mínimo, el recurso, los usuarios, la escala y un periodo de tiempo (Gumbo & Zaag, 2014, p.9). A la vez, se debe

Figura 1. Elementos por caracterizar, identificar tendencias y situación actual en Cozumel.



incentivar la formación de expertos locales por su conocimiento regional, beneficios económicos y la continuidad en los proyectos (Biswas, 1998, p.302).

El modelo presentado (véase Figura 1) es el resultado de un análisis de documentos de 1978 a 2018 y el análisis de 7 entrevistas a toma-

dores de decisiones (académicos, asociaciones civiles e iniciativa privada) relacionados con el acuífero en Cozumel. Para elaborarlo se consideraron como base los 3 ejes propuestos por el desarrollo sostenible. En el modelo se muestran los elementos necesarios que deben ser descritos para el manejo sostenible del agua en la Isla y que requieren atención inmediata:

- 1) Evaluación de la influencia de las modificaciones de los patrones de precipitación, el aumento promedio de temperatura y la elevación del nivel medio del mar sobre la recarga en el acuífero.
- 2) Descripción de las especies y dinámicas en la porción dulceacuícola subterránea para caracterizar poblaciones e identificar posibles especies bioindicadoras de calidad de agua.
- 3) Caracterización de las principales amenazas al volumen y la calidad de agua en el acuífero, como son: contaminantes, efecto de los eventos atmosféricos, como los huracanes, sobre-explotación e intrusiones salinas.
- 4) Generación de información sobre los patrones de consumo de los diferentes sectores (incluyendo el turístico), el volumen de agua consumido proveniente de los pozos artesanales y particulares, así como de los factores que inciden sobre este consumo a través del tiempo.
- 5) Evaluación de estrategias que incentiven la seguridad alimentaria y energética y que consideren que la mayor parte de los alimentos, insumos y electricidad no son producidos en la isla.
- 6) Descripción de los factores que influyen sobre las entradas y salidas, las vías por las que circula y destinos finales del agua del acuífero.
- 7) Divulgación de información sobre el acuífero y creación de espacios para la integración de los diferentes sectores para la toma de decisiones referentes con su manejo.
- 8) Descripción de los usos y tradiciones relacionados con el agua, el marco jurídico y demográfico, pues la generación de estrategias sociales basadas en las características propias

de quienes viven y visitan la Isla incrementa la posibilidad de apropiamiento y su efectividad.

## Conclusiones

Cozumel es altamente sensible a los efectos de una crisis climática y ambiental, pues por su insularidad, la única fuente viable para la recarga del acuífero es la precipitación. Por ello, existe una urgencia para el desarrollo de estrategias que incentiven el conocimiento y buen manejo del recurso agua, para entender y asegurar la disponibilidad hídrica. Cualquier medida propuesta en Cozumel debe estar fundamentada por información sobre las tendencias y la situación actual del recurso. Si bien se identificaron los elementos por caracterizar, se reconocen entre las prioridades: influencia de la crisis climática sobre la recarga; biota asociada con el acuífero; amenazas, consumo y hábitos de consumo por los diferentes sectores; seguridad alimentaria y eléctrica; flujos del recurso; divulgación de información; integración de los usuarios en la toma de decisiones considerando la descripción de las características sociales, cultu-

rales, económicas y ambientales de los habitantes y visitantes.

Los autores quisieran agradecer al CONACyT por el apoyo brindado para este proyecto (No. beca 483462), a los revisores anónimos quienes enriquecieron la calidad del manuscrito y al Programa de Doctorado en Desarrollo Sostenible de la Universidad de Quintana Roo. ♦

## Bibliografía consultada

Biswas, A. K. (1998). Water Management in Latin America and the Caribbean, *International Journal of Water Resources Development*, 14(3), 293–303.

Comisión Nacional del Agua (2015). Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Isla de Cozumel (2305). *Diario Oficial de la Federación*, México.

Coral Zaragoza, E. (2015). Diagnóstico del estado de implementación del grado de presión hídrico sobre el acuífero de la isla de Cozumel. División de Desarrollo Sustentable, Maestría en Gestión Sustentable del Turismo. Universidad de Quintana Roo, México.

Gumbo, B. and Zaag, P. Van Der (2014). Principles of Integrated Water Resources Management (IWRM) consultado en línea <https://pietervanderzaag.files.wordpress.com/2015/02/principles-of-integrated-water-resources-management-october-2014.pdf>

Periódico Oficial del Estado de Quintana Roo (2017). Ley de agua potable y alcantarillado del estado de Quintana Roo. Chetumal, Q.Roo.

SECTUR (Secretaría de Turismo) (2013). Agendas de Competitividad de los destinos turísticos de México. Quintana Roo, México.

SECTUR (Secretaría de Turismo) (2018). Programa Marco para fomentar acciones para restablecer el balance del ciclo del agua en Cozumel. México.

Segrado Pavón, R. G. et al. (2017). Capacidad de carga turística y aprovechamiento sustentable de Áreas Naturales Protegidas, *CIENCIA ergo sum*, 24(2), pp. 164–172.

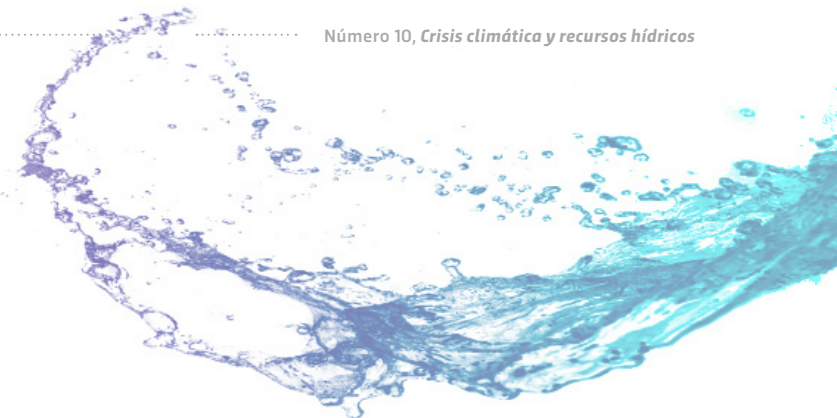
Taylor, R. et al. (2013). Ground water and climate change. *Nature Climate Change*, 3, 322–329.

Vrba, J. et al. (2007). Groundwater resources sustainability indicators, IAHS-AISH Publication. Eds. J. Vrba and A. Lipponen. Paris, Francia. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.

# LA ENERGÍA HIDRÁULICA Y SU RELACIÓN CON EL CAMBIO CLIMÁTICO

GREG AARÓN OCAMPO URUETA

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY,  
CAMPUS CUERNAVACA



## Introducción

El agua es el recurso vital para la vida en todas sus formas. México, país megadiverso que posee numerosos cuerpos de agua, comienza a sufrir por un recurso que, históricamente, nunca había sido motivo de preocupación. Sin embargo, el crecimiento de la población y la falta de cultura ambiental han impactado en la disponibilidad de recursos hídricos. Además, esta condición se ha vuelto más compleja como consecuencia del cambio climático. Ante esta situación, se requiere visibilizar los problemas relacionados a la escasez de agua en diversas regiones y demandar a los gobiernos para que

actúen en diversos flancos, que van desde la explotación responsable hasta su aprovechamiento para la generación de energía. Avanzar en este sentido no es tarea sencilla pues, de acuerdo con Studer (2020), el 90% de los impactos asociados con el cambio climático están relacionados con el agua.

## La precipitación en nuestro país

El ciclo hidrológico local está condicionado mayormente por condiciones globales o de carácter regional como la latitud, altitud, insolación, viento, orografía, geología, los tipos de suelo, el relieve,

la cobertura vegetal, entre otros. El calentamiento global agudiza los problemas de escasez de agua en muchas regiones del mundo y México no es la excepción (IPCC, 2007).

México recibe anualmente alrededor de 1,489 mil millones de metros cúbicos al año en forma de precipitación (*Véase Tabla 1*), sin embargo, el 49.6% se concentra en la región sur-sureste del país.

En el país se extrae del ambiente 228.721 km<sup>3</sup> de agua (*Véase Tabla 2*), de los cuales, solo el 1.9% son de la captación de lluvia. Este porcentaje es un indicador del escaso aprovechamiento que se le da a la precipitación y la cantidad que se podría captar para aumentar la disponibilidad del agua. En un contexto de cambio climático, las acciones de captación y aprovechamiento del agua adquieren una creciente importancia, particularmente mediante su empleo para la generación de energía (FAO, 2013).

### La hidroenergía y el cambio climático

De acuerdo con su geografía, topografía y relieve, México cuenta con amplias posibilidades de aprovechar los recursos hídricos para la generación de

energía (Ramos-Gutiérrez, 2011). Existen algunas formas de producir energía a través del agua, como la mareomotriz, que aprovecha el movimiento generado por las mareas, o la energía undimotriz, que hace uso de las olas, no obstante, su impacto en la matriz energética es mínimo. Sin embargo, existe una manera más común de utilizar el agua para la producción de energía, la energía hidroeléctrica, la cual se produce en territorio continental mediante el aprovechamiento de los ríos y presas, principalmente. Entre los beneficios que proporciona este tipo de energía se encuentran sus bajos niveles de emisiones de CO<sub>2</sub> con respecto a otros procesos.

En el mundo, en el año 2018, la producción de energía hidroeléctrica ascendió a 4,197,299 GWh (IEA, 2018), lo que representó el 16% de la energía eléctrica total producida en el mundo (Sevilla, 2018). Algunos países desarrollados han superado el 50% del aprovechamiento de su potencial hidroeléctrico, mientras que en naciones en desarrollo, este porcentaje oscila entre el 20 y 30% (*Véase Figura 2*). Existen casos donde ni siquiera han superado el 10%, como es el caso del



continente africano, con apenas el 7% de aprovechamiento de la energía hidroeléctrica económicamente viable (Berga, 2016).

En México, se generaron 34,153.6 GWh de energía hidroeléctrica en 2016, equivalentes al 9.5% de la electricidad producida en el país en ese año. Se espera que se incremente a 49,902 GWh para 2030, junto a su capacidad instalada de 12,551.1 MW a 16,975.8 MW en ese mismo periodo. La hidroenergía, así como también, la energía eólica, mantienen un ritmo de crecimiento de 1.7% anual (IMTA, 2018).

La energía hidroeléctrica y el cambio climático mantienen una relación directa. Por un lado, este tipo de energía contribuye a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y, así, mitigar el calentamiento global. Por el otro lado, el cambio climático altera la precipitación en los ríos, impactando en la disponibilidad de agua, su regularidad y, en consecuencia, la generación de energía por este medio.

Es importante conocer el impacto positivo que esta energía genera en la mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero. Si la ener-

gía hidroeléctrica que se genera anualmente en México se produjera a partir del petróleo, responsable del 55% de las emisiones totales de CO<sub>2</sub>, se emitirían 232.7 megatoneladas de dióxido de carbono, equivalentes al 52% de las emisiones totales del país (*Véase Tabla 3*). Sin embargo, el impacto que tiene actualmente la energía hidroeléctrica en la generación energética nacional es limitado. Para dimensionar la cantidad de energía que generan las centrales hidroeléctricas, la Ciudad de México consume anualmente 160,000 GWh, por lo que toda la energía hidroeléctrica producida en el país en el año 2018 solo cubriría el 20% de la de la demanda anual de la ciudad (*Véase Figura 3*). Esto refleja la poca influencia y el gran reto que aún tiene esta energía para satisfacer las necesidades energéticas de las grandes ciudades y del país en general. De acuerdo con el IPCC SRREN, se estima que los impactos del cambio climático en la producción de energía hidroeléctrica serán mínimos e, incluso, positivos a pequeña escala (Berga, 2016).

Actualmente existen 101 centrales hidroeléctricas y se distribuyen en 17 estados de nuestro país,

siendo Chiapas el estado que más energía produce. Ello coincide con la alta disponibilidad de agua del estado, pero contrasta con otras regiones que comparten una alta disponibilidad. Otros factores a considerar son la falta de relieves accidentados o la carencia de caudales aprovechables, que no permiten que la generación de energía hidroeléctrica sea viable a grandes escalas; por ejemplo, en la península de Yucatán (*Véase Figura 5*).

## Conclusiones

A partir de una ejecución responsable y planificada, las acciones de aprovechamiento del agua en materia de energía se convierten en una estrategia fundamental para frenar la crisis climática. Debido a su desigualdad geográfica, las decisiones en materia de energía hidráulica habrán de tomarse de manera regional, considerando la disponibilidad de recursos hídricos y la capacidad de aprovecharlos. 💧

## Bibliografía

- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2018). Atlas del Agua en México. Recuperado 2 marzo, 2020, de [https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2019/04/AAM\\_2018.pdf](https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2019/04/AAM_2018.pdf)
- Fondo para la comunicación y la educación ambiental. (2018, 8 enero). Visión general del Agua en México. Recuperado 3 marzo, 2020, de <https://agua.org.mx/cuanta-agua-tiene-mexico/>
- IEA. (2019). Data & Statistics - IEA. Recuperado 3 marzo, 2020, de <https://www.iea.org/data-and-statistics?country=MEXICO&fuel=Energy%20supply&indicator=Electricity%20generation%20by%20source>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2013, abril). CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA. Recuperado 3 marzo, 2020, de <http://www.fao.org/3/i3247s/i3247s.pdf>
- Sevilla, B. (2019). Electricidad: generación mundial por fuente energética 2017 | Statista. Recuperado 3 marzo, 2020, de <https://es.statista.com/estadisticas/600383/electricidad-generada-en-el-mundo-por-fuente-energetica/>

Palacios, A. et al, IMTA (2017). Bases para un Centro Mexicano en Innovación de Energía Hidroeléctrica. Recuperado 3 marzo, 2020, de <https://www.imta.gob.mx/biblioteca/libros/Potencial-Hidroelectrico-Mexico-1era-Parte.pdf>

Ramos-Gutiérrez, L., & Montenegro-Fragoso, M. (2012, junio). Las centrales hidroeléctricas en México: pasado, presente y futuro. Recuperado 3 marzo, 2020, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext)

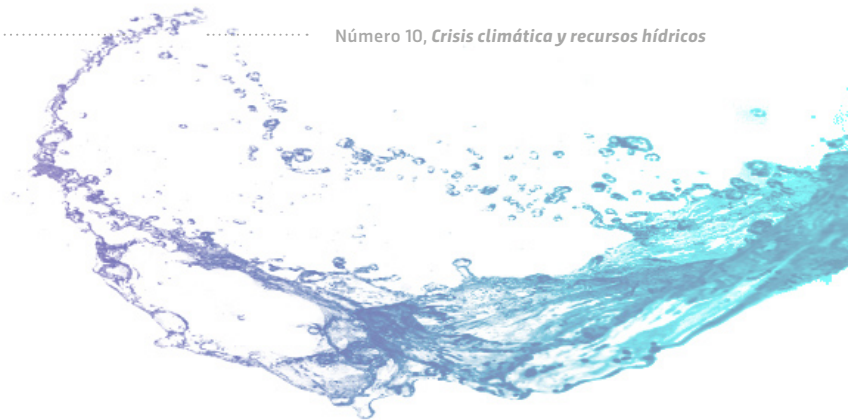
Aire CDMX. (s.f). El consumo eléctrico en la Ciudad de México [Ilustración]. Recuperado 3 marzo, 2020, de <http://www.aire.cdmx.gob.mx/descargas/publicaciones/simat-infograma-consumo-energetico.pdf>

Studer, I. (2020, 1 enero). El vínculo inexorable entre crisis climática y crisis del agua. Recuperado 6 marzo, 2020, de <https://www.elsoldemexico.com.mx/analisis/el-vinculo-inexorable-entre-crisis-climatica-y-crisis-del-agua-4739194.html>

Berga, L. (2016). The Role of Hydropower in Climate Change Mitigation and Adaptation: A Review, Engineering Vol 2, 313-318. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/journal/engineering/vol/2/issue/3>

# LA INTEGRACIÓN DE POLÍTICAS CLIMÁTICAS EN LA CIUDAD DE MÉXICO: HACIA UNA POLÍTICA HÍDRICA RESILIENTE

SANDRA CARMONA CÁRDENAS<sup>1</sup>  
FACULTAD DE CIENCIAS POLÍTICAS Y SOCIALES. UNAM.



## Resumen

Frente a los impactos de la actividad humana en el ambiente, reflejados en fenómenos como el cambio climático y la vulnerabilidad en la disposición y calidad del agua potable, los estudios en ciencias sociales han sido orientados cada vez con mayor frecuencia a la integración de políticas climáticas (IPC) como una alternativa para su atención. Es ante ello, que en las siguientes páginas se presentará un caso de IPC en la Ciudad de México en aras de plantear futuras investigaciones enfocadas al cam-

bio climático y sus impactos en la disponibilidad y calidad del agua de la ciudad.

## 1. Introducción

Hace más de siete siglos, la Ciudad de México (CDMX) fue cimentada sobre una cuenca de la cual se obtenía agua para satisfacer las necesidades de su población. Con el paso de los años, el crecimiento poblacional y la expansión urbana en la zona han ocasionado la sobreexplotación y contaminación de los mantos acuíferos, generando que el abastecimiento de agua potable y saneamiento en la ciudad

<sup>1</sup> Egresada de la Licenciatura Ciencias Políticas y Administración Pública (opción Administración Pública).

sea visto como uno de los principales problemas a atender por la administración pública local.

Ante los problemas hídricos a los que se enfrentan las ciudades, los gobiernos han sido obligados a generar acciones que involucren a diferentes actores para la creación de acciones pertinentes. Sin embargo, es necesario tomar en cuenta la transversalidad que ocasiona el impacto de otros problemas que a simple vista parecieran ajenos al agua, pero que terminan por impactar en su disponibilidad y calidad. En este contexto, el presente tiene por objeto visibilizar las acciones que toman en cuenta la transversalidad de los problemas hídricos, considerando al cambio climático como la variable principal que ha promovido la elaboración de medidas para la creación de acciones integradas en las ciudades, con el fin de impulsar futuras investigaciones sobre el tema.

## 2. Cambio climático y el agua en la CDMX

Para comprender la relación entre cambio climático y agua, es necesario señalar que el cambio climático es el resultado del aumento en la temperatura de

la tierra gracias a la generación no natural de gases efecto invernadero provocados por el aumento de la industrialización, deforestación y agricultura a gran escala (ONU: 2018). El cambio climático representa un reto para la gobernanza del agua, ya que implica la integración del concepto en las acciones para enfrentar problemáticas hídricas. Hecho que depende de la delimitación de actores, así como de la planeación de acciones coordinadas.

En el caso de la Ciudad de México (CDMX), la producción de gases efecto invernadero proviene principalmente del uso de automóviles y transporte público, los cuales emiten la mayor cantidad de partículas óxidos de nitrógeno y el 95% del dióxido de carbono (Sedema: 2016). El resultado del aumento de estos gases es el cambio climático, lo cual trae consigo la modificación de los ciclos naturales del agua en el Valle de México, prolongando los periodos de sequía y aumentando las precipitaciones pluviales (Kimmelman, M.: 2017). Hechos que sobrepasan la capacidad hidráulica de la ciudad, provocando inundaciones ante lluvias torrenciales o en el caso contrario, escasez hídrica.

### 3. Integración de Política Climática: acciones para atender la problemática hídrica de la CDMX

El cambio climático al ser un factor que altera la disponibilidad, calidad y cantidad del agua, es un concepto que debería estar integrado durante la planeación, elaboración e implementación de políticas. En este sentido, la Integración de Política Climática (IPC) representa una oportunidad en el actuar gubernamental para atender la situación de vulnerabilidad a la que se enfrenta en términos hídricos, al buscar la incorporación de los objetivos de cambio climático, (específicamente adaptación y mitigación), en todas las etapas del proceso de elaboración de políticas en sectores no dedicados originalmente al tema (Di Gregorio et. al. 2016; Rietig, 2012; Ahmad, 2009; Dupont, 2011; Jordan y Lenschow, 2010; Mickwitz et. al., 2009a, 2009b).

Para el desarrollo de la IPC, ante la relación de las problemáticas del cambio climático y el agua en la ciudad, es necesario el desarrollo de coordinación institucional. En el caso de la CDMX, la IPC comenzó a percibirse en la adopción de una

agenda internacional de cambio climático, a través del concepto: *resiliencia*, el cual es entendido como un objetivo de adaptación y representa la capacidad de los asentamientos humanos para resistir, recuperarse y volver a la situación de estabilidad anterior ante cualquier peligro (ONU: 2012). El concepto resiliencia se presentó en la normatividad mexicana desde la publicación de la Ley General de Cambio Climático (2012) y las acciones que se crearon con base en ella en los estados, como el Programa de Acción Climática de la CDMX 2014-2020 (Centro Mario Molina: 2014).

Como reflejo de la coordinación institucional en la IPC, para 2013 el concepto resiliencia continuó integrándose en diversas políticas de la CDMX a través del programa: *100 Ciudades Resilientes* (100CR), promovido por la Fundación Rockefeller y adoptado por el gobierno de la CDMX. Como resultado de la coordinación entre dichas instituciones y en coordinación con la Comisión Interinstitucional de Cambio Climático del Distrito Federal, se creó el Comité Directivo de Resiliencia, el cual contribuyó con la revisión, validación y diseño de

la Estrategia de Resiliencia de la CDMX (2016). La Estrategia busca atender los retos tanto naturales como aquellos provocados por el ser humano en la ciudad (Oficina de Resiliencia CDMX: 2016). En ella se menciona de forma reiterada, la necesidad de acciones coordinadas entre instituciones públicas, privadas y sociales para la implementación de las actividades que atienden la problemática hídrica en la ciudad.

Como es posible ver con el caso del Comité Directivo de Resiliencia, la IPC permite la creación de unidades administrativas para el desarrollo de la integración. En este sentido, en 2017 se creó la Agencia de Resiliencia de la Ciudad de México (la Agencia) como un organismo desconcentrado de la Sedema de la CDMX, que tiene por función dar seguimiento y coordinar las acciones para cumplir con las metas establecidas en la Estrategia. La Agencia se encarga de “vincular, conjuntar, verificar, analizar y supervisar los programas y proyectos en la materia con el apoyo de diferentes dependencias, instituciones, asociaciones y organizaciones locales” (Peñalosa: 2017). Su objetivo radica en promover

acciones para sobreponerse a las consecuencias del cambio climático (Boletín: 2017).

#### 4. Conclusiones

Las características mencionadas son parte de los instrumentos para el análisis de IPC, mismas que son de utilidad para estudiar la integración de políticas que consideran la expansión urbana, el cambio climático y los sistemas hídricos de la ciudad. La Estrategia de Resiliencia representa una política de adaptación, al integrar políticas que ajustan sus acciones a los impactos del cambio climático en el sistema hídrico de la ciudad.

La Estrategia puede ser considerada un ejemplo de IPC al ser el cambio climático el motor para que el concepto resiliencia se integre a las diferentes acciones que la ciudad requiere en materia hídrica. La resiliencia promueve la atención transversal de problemáticas como la desigualdad en la distribución del agua en la ciudad, reconoce sus condiciones geofísicas, así como la vulnerabilidad de su infraestructura hidráulica. Otra de las características de la IPC y que es posible encontrar en la Estrategia, es la

necesidad de establecer una coordinación adecuada entre actores gubernamentales, privados y sociales. La coordinación propicia la Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH), herramienta propuesta para dar respuesta a las problemáticas hídricas a las que se enfrentan las ciudades.

De esta forma, resulta posible hablar de una política de adaptación al considerar las acciones que el gobierno de la ciudad adoptó frente a los impactos del cambio climático en los ciclos hídricos. La agenda de cambio climático integra un nuevo enfoque en la forma en la que se abordan los problemas hídricos de la ciudad a partir de la resiliencia. El enfoque de IPC propicia la generación de acciones que involucran estrategias coordinadas con diferentes actores del gobierno, privados y sociales, para el desarrollo de una gestión integrada de los recursos hídricos.

La Estrategia, así como la Agencia de Resiliencia son parte de la política de adaptación que la ciudad ha desarrollado y son el resultado de la integración de políticas climáticas que, a través de la iniciativa de diferentes actores internacionales y locales, repre-

sentan un punto de partida para futuras líneas de investigación en políticas urbanas enfocadas al tema hídrico en la implementación y funcionamiento de las agencias creadas a partir de la IPC. 💧

## Bibliografía

Ahmad I. (2009). Climate Policy Integration: Towards Operationalization. Economic and Social Affairs. No 37. Recuperado de [http://policydialogue.org/files/events/background-materials/Ahmad\\_Climate\\_Policy\\_Integration\\_Towards\\_Operationalization.pdf](http://policydialogue.org/files/events/background-materials/Ahmad_Climate_Policy_Integration_Towards_Operationalization.pdf)

Boletín (2017). Anuncia JDG creación de Agencia de Resiliencia de CDMX; la primera en América Latina. Gobierno de la Ciudad de México. México. Recuperado de <https://www.cdmx.gob.mx/comunicacion/nota/anuncia-jdg-creacion-de-agencia-de-resiliencia-de-cdmx-la-primer-a-en-america-latina>

Cámara de Diputados (2012). Ley General de Cambio Climático. Diario Oficial de la Federación. México. pp.49. Recuperado de [https://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/6583/1/ley\\_general\\_de\\_cambio\\_climatico.pdf](https://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/6583/1/ley_general_de_cambio_climatico.pdf)



Centro Mario Molina para Estudios Estratégicos sobre Energía y Medio Ambiente, A.C. (2014). Programa de Acción Climática de la Ciudad de México 2014-2020. México.

Recuperado de <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/164914/PACCM-2014-2020completo.pdf>

Di Gregorio M., Ridho Nurrochmat D., Paavola J., Maya Sari I., Fatorelli L., Pramova E., Locatelli B., Brockhaus M., Dyah Kusumadewi S. (2016). Climate policy integration in the land use sector: Mitigation, adaptation and sustainable development linkages. *Environmental Science and Policy*. Vol. 67. Pp. 35-43. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2016.11.004>

Dupont C. (2011) Climate Policy Integration in the EU. In: Leal Filho W. (eds) *The Economic, Social and Political Elements of Climate Change*. Climate Change Management. Springer, Berlin, Heidelberg.

Jordan A., Lenschow A. (2010). "Policy Paper Environmental Policy Integration: State of the Art Review", *Environmental Policy and Governance*, Vol. 20m 147-158.

Kimmelman M. (2017). Ciudad de México, al borde de una crisis por el agua. *The New York Times*. Recuperado de

<https://www.nytimes.com/interactive/2017/02/17/world/americas/mexico-city-sinking-es.html>

Mickwitz P., Aix, F., Beck S., Carss D., Ferrand N., Gorg C., Jensen A., Kivimaa P., Kuhlicke C., Kuindersma W., Máñez M., Melanen M., Monni S., Pedersen A.B., reinert H., Bommel S., Van Sorde Helsinki. (2009). *Climate Policy Integration, Coherence and Governance*. PEER Report No. 2, Helsinki.

Oficina de Resiliencia CDMX (2016). *Estrategia de Resiliencia CDMX*. México. pp.185 Recuperado de <https://www.resiliencia.cdmx.gob.mx/storage/app/media/Estrategia%20de%20Resiliencia%20CDMX.pdf>

ONU (2018). *Cambio Climático*. Recuperado de <https://www.un.org/es/sections/issues-depth/climate-change/index.html>

ONU (2012). *Resiliencia Urbana*. ONU Habitat por un mejor futuro urbano. Recuperado de <https://es.unhabitat.org/resiliencia/>

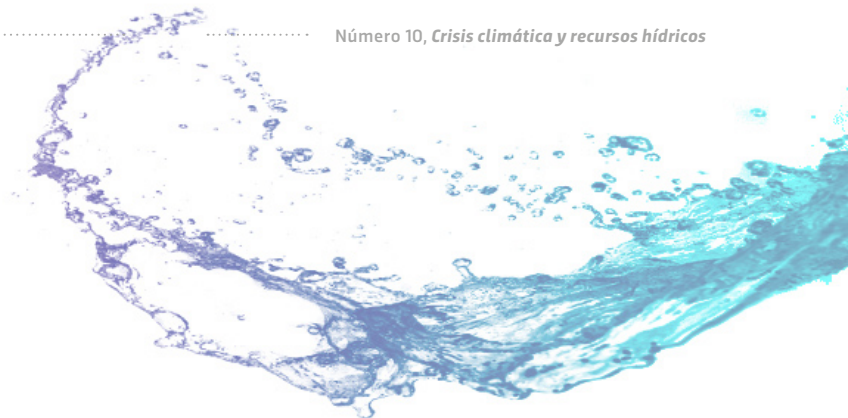
Peñalosa A. (2017). Presenta Jefe de Gobierno la Agencia de Resiliencia para la CDMX. *100 Resilient Cities*. EE.UU. Recuperado de <http://www.100resilientcities.org/presenta-jefe-de-gobierno-la-agencia-de-resiliencia-para-la-cdmx/>

Rietig K. (2012). Climate policy integration beyond principled priority: a framework for analysis. Centre for Climate Change Economics and Policy Working Paper No. 99. Recuperado de <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.368.8302&rep=rep1&type=pdf>

## MIGRANTES CLIMÁTICOS Y SU REPERCUSIÓN EN MÉXICO

WILLIAMS DE JESÚS JIMÉNEZ MARTÍNEZ

QUÍMICO FARMACÉUTICO BIOLÓGICO POR PARTE DE LA FACULTAD DE ESTUDIOS  
SUPERIORES ZARAGOZA DE LA UNAM  
qfb.williams@gmail.com



### Resumen:

El presente trabajo aborda el tema de las migraciones por parte de los países centroamericanos hacia México y Estados Unidos como consecuencia de las afectaciones relacionadas con el cambio climático, específicamente los problemas ocasionados por la falta y el exceso de lluvias. El documento analiza los problemas socioeconómicos que ocurren en los países de origen como pérdidas económicas y patrimoniales en las cosechas. y en los países de destino. Finalmente, se proponen algunas soluciones a este problema.

### Introducción:

La migración es uno de los mayores problemas sociales y se ha ido incrementando durante los últimos años, debido a las pocas oportunidades de crecimiento socioeconómicas y a la falta de oportunidades para encontrar un trabajo estable. Ante esta situación, los padres de familia o incluso familias completas se ven obligados a migrar a otros países con la esperanza de encontrar una mejor calidad de vida.

Uno de estos factores que adquiere cada vez más importancia en la decisión de migrar es el cambio climático. Éste provoca desastres naturales y modi-

ficaciones en la cantidad de lluvias usadas para cosechas, las cuales son una de las principales fuentes de ingresos en la actividad económica de Centroamérica y México. El presente artículo abordará esta problemática (Altamirano Rua, 2014, p. 4).

### Adversidades pluviales y pobreza en Centroamérica

Actualmente existe amplia evidencia sobre la existencia del cambio climático (Martín Barreiro, 2019). Éste se manifiesta no sólo en la elevación de la temperatura, las ondas de calor, sino también en los cambios en las precipitaciones. Los dos fenómenos anteriores afectan directamente a la economía centroamericana en su llamada agricultura de subsistencia.

De acuerdo con la Organización de Naciones Unidas para la Alimentación (FAO, 2013), un porcentaje importante de los aproximadamente 50 millones de habitantes de la región centroamericana viven en condiciones rurales y se alimentan de sus propios cultivos, en su mayoría sus sembradíos son de maíz, frijol y café. Los países de Centroamérica

se encuentran catalogados como Estados en desarrollo, es decir, que su economía está basada en la producción, consumo y exportación agrícolas. La agricultura que se ha llevado a cabo desde hace decenas de años está siendo alterada por el impacto de sequías extremas provocadas por el cambio climático, las cuales han registrado un incremento de frecuencia y regularidad desde 1960.

En el año 2019 se registró la peor caída acumulada de la media de lluvias totales anual, con un porcentaje del 60%. Debido a estas sequías, se han destruido más de la mitad de las cosechas de los agricultores, mientras que las lluvias torrenciales de los últimos años han dañado el 50% de sus recolecciones (CEPALSTAT, 2019). Los fenómenos hidrometeorológicos extremos imponen importantes desafíos sobre las economías de la región, exacerbando la pobreza extrema en Nicaragua, Honduras, El Salvador y Guatemala.

Lo mencionado anteriormente es una de las causas principales que motiva a las personas que laboran en este sector a migrar hacia países con un mejor desarrollo económico y social del que proce-

den, siendo México y Estados Unidos sus principales objetivos.

### Migrantes climáticos en México

El Banco Mundial (2018) concluyó en su reporte Groundswell que “hay que prepararse para las migraciones internas provocadas por impactos climáticos”. Esta es una frase que debe analizarse de manera detallada para el caso mexicano. México es considerado como el puente migratorio entre los países de Centroamérica y Estados Unidos, el cual es su país de destino. La cifra de personas en esta situación se estima entre 1.4 y 2.1 millones para el año 2050, lo que alcanzaría el 1.9% del total de los habitantes de la región mexicana (Banco Mundial, 2018).

Un ejemplo de migraciones desde Centroamérica es la caravana hondureña. La migración más actual fue la ocurrida en el año del 2018 en que 40,587 personas que decidieron parar su camino hacia Estados Unidos y convertirse en residentes del país mexicano, concentrándose principalmente en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México.

Las principales causas de migración reportadas por los integrantes de la caravana son la falta de recursos económicos causada por la destrucción de sus cosechas, aunada a la falta de apoyo por parte de su gobierno.

### Efectos sociales de las migraciones

La migración de personas provoca problemas en la pérdida de mano de obra en el país emisor y ganancias al país receptor, debido a esto y entrando al tema de la agricultura, habrá escasez en este sector, las pérdidas serán económicas y materiales, pues al no realizar estos trabajos la importación de productos mencionados anteriormente como maíz, frijol, café, entre otros, reducirá el abastecimiento y demandas de ellos. Provocando un aumento en la adquisición de estos alimentos (CEPAL, 2019).

Además de falta de empleos en el sector de oficios, para las personas con ciudadanía perteneciente a México, ya que los migrantes al buscar opciones de adquisición económica en su transición por el país o en su decisión de tomar residencia, aceptarán empleos por una remuneración económica menor en

comparación de un mexicano. Provocando los dos ejemplos anteriores, casos de xenofobia, discriminación e intolerancia por las dos partes (OIT, 2017).

## Conclusiones y soluciones al problema

Las soluciones al problema para los motivos mencionados en este tipo de migraciones es el cuidado del medio ambiente (UNHCR ACNUR, 2016), adoptando las prevenciones y medidas de riesgos señaladas en el reporte generado en la última y actual “Cumbre climática” que tuvo lugar el pasado 23 de septiembre del 2019, donde se pueden leer algunos puntos como finanzas, acciones locales y en ciudades, resiliencia y adaptación, entre otras (ONU, 2019). 💧

## Bibliografía

Altamirano Rúa, T (2014) Refugiados ambientales: Cambio climático y migración forzada. Lima, Perú. Fondo editorial de la pontificia universidad católica del Perú.

FAO México (2013) Situación socioeconómica y agroecológica de Centroamérica. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura: Recuperado de: <http://www.fao.org/3/T1951S/t1951s02.htm>

CEPALSTAT (2019) Población en situación de pobreza extrema y pobreza según área geográfica. CEPAL: Recuperado de: <https://estadisticas.cepal.org/cepalstat/tabulador/ConsultaIntegrada.asp?idAplicacion=34&idTema=797&idIndicador=182&idioma=e>

Banco Mundial (2018) Prepararse para las migraciones internas provocadas por impactos climáticos. Banco Mundial: Recuperado de: <https://www.bancomundial.org/es/news/infographic/2018/03/19/groundswell---preparing-for-internal-climate-migration>

ONU (2019) Cumbre sobre la acción climática ONU 2019. ONU: Recuperado de: <https://www.un.org/es/climatechange/un-climate-summit-2019.shtml>

- I. Canales A, Fuentes Knight J, De León Escribano C. (2019) Desarrollo y migración: Desafíos y oportunidades en los países del norte de Centroamérica: Recuperado de: [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/44649/1/S1000454\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/44649/1/S1000454_es.pdf)
- INE (Instituto Nacional de Estadística de Honduras) (2016), Encuesta Permanente de Hogares de Propósitos Múltiples 2015: Recuperado de: <http://170.238.108.227/binhnd/RpWebEngine.exe/Portal?BASE=EPH2015&lang=ESP>
- OIT (Organización Internacional del Trabajo) (2017), Honduras-Encuesta Permanente de Hogares y Propósitos Múltiples 2015, junio: Recuperado de: <https://www.ilo.org/surveydata/index.php/catalog/1393/study-description>
- ACNUR (Comité Español) (2016), Cuidado del medio ambiente, clave de frenar las migraciones forzadas: Recuperado de: <https://eacnur.org/blog/cuidado-del-medioambiente-clave-frenar-las-migraciones-forzadas/>



# Impluvium

Participa en el próximo número dedicado al tema:

## Retos de la infraestructura hidráulica

Tienes hasta el 31 de Mayo del 2020 para enviar tu colaboración.

Consulta los detalles en:  
[www.agua.unam.mx/impluvium.html](http://www.agua.unam.mx/impluvium.html)

El alcance del acceso universal y equitativo a los servicios de agua potable, saneamiento e higiene, así como la mejora de su calidad requiere, por un lado, de dar mantenimiento a la infraestructura hidráulica actual y, por otro, del desarrollo de nuevos proyectos. Las demandas de la sociedad han aumentado en los últimos años y la infraestructura actual no cuenta con las capacidades suficientes para satisfacerlas.

En algunas regiones, el estado de la infraestructura representa una amenaza a la seguridad de las personas y a la de sus bienes debido, entre otras cosas, a que se han rebasado las condiciones para las cuales fueron diseñadas o a que se ha sobrepasado su vida útil. Estas condiciones amenazan la sustentabilidad de los recursos hídricos que, por ejemplo, se pierden en los sistemas de distribución y de riego.

El mantenimiento, operación y desarrollo de nueva infraestructura hidráulica requiere una importante cantidad de recursos económicos, por lo que se han explorado diversos mecanismos de financiamiento, cada uno de ellos asociados a retos particulares. Además, es indispensable mitigar el impacto ambiental y social de la gran infraestructura bajo esquemas integrales que disminuyan la posibilidad de conflicto.

En este número se invita a presentar aportaciones interdisciplinarias que analicen el estado de la infraestructura hidráulica y las implicaciones sociales, económicas y ambientales de su deterioro, así como de la construcción de nueva infraestructura. Son bienvenidas las contribuciones de tipo técnico, legal, económico y de análisis de conflictos sociales.



## Lineamientos

---

1. La contribución debe ser un texto de corte académico, por lo que no debe personalizarse.
2. Los trabajos deben contener: título, nombre del autor o autores y su institución de adscripción, resumen (de hasta 150 palabras), introducción, desarrollo, conclusiones y bibliografía consultada.
3. Las contribuciones deberán entregarse en formato de procesador de textos Microsoft Word, con letra Arial de 12 puntos e interlineado doble.
4. Los textos no deberán exceder 1,700 palabras, incluyendo la bibliografía.
5. Las imágenes que deseen utilizarse en el texto se entregarán en archivo independiente en formato jpg a 150 dpi. En el documento de Word se referirán de la siguiente manera: Véase Figura 1.
6. Se utilizará el sistema de citas y referencias bibliográficas Harvard-APA. Este estilo presenta las citas dentro del texto del trabajo, utilizando el apellido del autor, la fecha de publicación y la página, por lo que no se requieren notas al pie de página. Ejemplo: (González Villarreal, 2013, p. 25).
7. Al final del trabajo la bibliografía se agrupará en el apartado "Bibliografía" y se colocará de la siguiente manera: autor, año de publicación (entre paréntesis), título, editorial y lugar de publicación. Ejemplo: González Villarreal, F. y Arriaga Medina, J. (2015). Expresiones de la inseguridad hídrica. Revista Ciudades, No. 105, Puebla, México.
8. Los editores realizarán una corrección de estilo y consultarán con los autores cualquier modificación sobre el contenido de la contribución.
9. El artículo debe enviarse al correo electrónico contacto@agua.unam.mx con el asunto Artículo Impluvium en el apartado "Bibliografía" y se colocará de la siguiente manera: autor, título, editorial, lugar de publicación y año de publicación.
10. Los editores realizarán una corrección de estilo y consultarán con los autores cualquier modificación sobre el contenido de la contribución.



# *Impluvium*

Publicación digital de la Red del Agua UNAM

Número 10, Enero - Marzo 2020

[www.agua.unam.mx](http://www.agua.unam.mx)