

# Perspectivas Energéticas



*Agua y energía: urbanización,  
sustentabilidad y desarrollo*

El Colegio de México - Centro de Estudios Internacionales  
Publicación Cuatrimestral del Programa de Energía  
Año 6 Número 15 Septiembre - Diciembre 2022

## **Editorial**

Dr. Carlos Andrés López Morales

## **Análisis Artículos**

*El nexo Energía-Agua: Impactos en los servicios públicos de agua y saneamiento*  
Judith Domínguez

*El nexo agua residual-energía: Contexto, retos y oportunidades*  
Dr. Raul Pacheco-Vega

*Una gestión de residuos para combatir el cambio climático*  
Dra. Nancy Merary Jiménez  
Martínez  
Dr. Raúl García Barrios

## **Colaboradores Entrevistas**

Dra. Helena Cotler Ávalos  
Centro de Investigación en  
Ciencias de Información Geoespacial

Dra. Faye Duchin  
Rensselaer Polytechnic Institute (RPI)  
International Society for Industrial  
Ecology

## **Seguimiento a la política energética de México**

## **Recomendaciones bibliográficas**

# Perspectivas Energéticas

Perspectivas Energéticas - Año 6 Número 15 Septiembre - Diciembre 2022

**Centro de Estudios Internacionales**  
Director: Dr. Jean François Prud'homme

**Programa de Energía de  
El Colegio de México**  
Coordinadora: Dra. Isabelle Rousseau

**Perspectivas Energéticas**  
Coordinadores Editoriales  
Diego Casar  
Yesenia Cruz  
Jesús Gabriel González  
Nain Martínez

**Coordinador del núm. 15**  
Dra. Carlos Andrés López Morales

**Diseño editorial**  
Juan Morfín de la Parra

PERSPECTIVAS ENERGÉTICAS PROGRAMA DE ENERGIA Año 6, N° 15, agosto – diciembre 2022, es una publicación electrónica cuatrimestral de difusión gratuita, editada por El Colegio de México, A. C, Camino al Ajusco 20 Pedregal de Santa Teresa, Tlalpan, Ciudad de México, C.P.10740, Tel. (52) 5554493000, [www.programaenergia.colmex.mx](http://www.programaenergia.colmex.mx), [programaenergia@colmex.mx](mailto:programaenergia@colmex.mx). Editores responsables: Diego Casar, Nain Martínez, Jesús Gabriel González Macías y Yesenia Cruz Jiménez. Reservas de Derechos al Uso Exclusivo núm. 04-2016-093010490900-203; ISSN en trámite, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Digitalización: Tania Ochoa. Arquitectura de la información; Coordinación de Servicios de Cómputo de El Colegio de México, A.C. Camino al Ajusco 20, Pedregal de Santa Teresa, Tlalpan, CP 10740, Ciudad de México. Última modificación: 1 de febrero de 2022. El contenido de los artículos publicados es responsabilidad de cada autor y no representa el punto de vista de El Colegio de México, A.C. Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación, sin previa autorización de El Colegio de México A. C

# Perspectivas Energéticas

Perspectivas Energéticas - Año 6 Número 15 Septiembre - Diciembre 2022

Editorial

Dr. Carlos Andrés López Morales

pp. 4-5

*El nexo Energía-Agua: Impactos en los servicios públicos de agua y saneamiento*

Dra. Judith Domínguez

pp. 6-12

*El nexo agua residual-energía: Contexto, retos y oportunidades*  
Dr. Raul Pacheco-Vega

pp. 13-18

*Una gestión de residuos para combatir el cambio climático*

Dra. Nancy Merary Jiménez  
Martínez

Dr. Raúl García Barrios

pp. 19-27

Entrevista a la Dra. Helena Cotler  
Avalos

pp. 28-32

Entrevista a la Dra. Faye Duchin

pp. 33-37

Seguimiento a la política  
energética de México

pp. 38-42

Recomendaciones bibliográficas

p. 43

# Editorial

Perspectivas Energéticas - Año 6 Número 15 Septiembre - Diciembre 2022

## Agua y energía: urbanización, sustentabilidad y desarrollo

**Dr. Carlos Andrés López Morales**

Entramos ya en la tercera década del siglo XXI y es posible ver claramente la magnitud y complejidad de los retos que enfrenta la economía global. Mientras que la complejidad y urgencia de estos retos sí que puede ser novedosa, hay que reconocer que no aparecen de la nada y que más bien son una sonora reafirmación de la importancia de la historia, un recordatorio de que la memoria de los procesos sociales es duradera. Los temas tratados en este número de *Perspectivas Energéticas* gravitan en la intersección de cuatro de estos procesos que, además, tienen una manifestación multi-escalar: son relevantes local y regionalmente, adquieren crecientemente dimensiones de seguridad nacional, y constituyen algunos de los problemas globales más urgentes y complejos.

Primero, la dinámica poblacional expansiva detonada por la revolución industrial todavía debe terminar por desenvolverse globalmente, estabilizándose alrededor de los 9 mil o 10 mil millones de habitantes, con una creciente mayoría habitando en entornos urbanos. Segundo, la industrialización urbanizante del último siglo ha heredado una sociedad cuya dimensión material es 24 veces mayor que hace un siglo, con requerimientos de flujos de recursos como la tierra, el agua y la energía también multiplicándose.

Tercero, en estas primeras décadas del siglo XXI se ha instalado ya lo que Andreas Malm llama “la condición de calentamiento”: el cambio climático ha dejado de ser promesa futura para manifestarse crecientemente con eventos extremos en el presente, mientras que la sociedad global no renuncia con la velocidad necesaria a la economía fósil. Cuarto, las desigualdades económicas se han agudizado tanto entre países como en su interior. Ahora se sabe, por ejemplo, que las emisiones del 1% más rico de la población global superan a las del 50% más pobre, que además está sujeto crecientemente a condiciones de inseguridad hídrica, alimentaria y energética.

Este número de *Perspectivas Energéticas* parte de la premisa de que los retos contemporáneos asociados al agua y a la energía deben entenderse en la intersección de esos cuatro procesos, y eso explica las contribuciones que el lector y la lectora tienen ante sí. En su entrevista, la profesora Faye Duchin reflexiona sobre el significado que el desarrollo tiene en el siglo XXI, y posiciona allí los retos fundamentales asociados al agua y a la energía: producción de alimentos y manejo urbano. Duchin sugiere la pertinencia de abandonar varios de los paradigmas seguidos en el siglo XX, como la gestión centralizada del agua urbana, y llama a estudiantes a realizar preguntas de investigación con novedad y ambición. También en el formato de entrevista, la profesora Helena Cotler reflexiona sobre la situación del agua y de la política ambiental en México: mientras que la primera es crítica, la segunda no termina por asumir la importancia y relevancia necesarias.

Las contribuciones por escrito se componen por tres piezas que exploran la vinculación agua y energía tanto conceptualmente como para el caso mexicano. En su artículo, la profesora Judith Domínguez comparte reflexiones en el marco del derecho humano al agua y enfatiza el vínculo energético existente tanto con la provisión de agua potable como con el tratamiento de aguas residuales, ambas actividades características de localidades urbanas.

La grave situación de ambos procesos en el país obliga a reflexionar sobre si éstos deben estar bajo control municipal. Después de exponer los fundamentos de la literatura del nexo entre agua y energía, el profesor Raúl Pacheco-Vega discute las problemáticas asociadas a la inclusión del agua residual en esa ecuación, y reporta que el enfoque debe problematizar la infraestructura urbana, sobre todo la asociada al manejo de residuos, incluidos los sólidos, para explorar los enfoques “waste-to-energy”. Ese vínculo, el de la energía con los residuos, es el que el artículo de Nancy Merary y Raúl García explora para encontrar que en México, por un lado, se está desaprovechando el potencial energético de los residuos sólidos y, por otro, que hay un problema de monitoreo y de vigilancia.

# Análisis

Perspectivas Energéticas - Año 6 Número 15 Septiembre - Diciembre 2022

## El nexo Energía-Agua: Impactos en los servicios públicos de agua y saneamiento

**Dra. Judith Domínguez**

Cada 22 de marzo se celebra el Día Mundial del Agua como un recordatorio de que el agua es un recurso finito que hay que cuidar. En 2014 el tema de reflexión propuesto por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) fue “Agua y Energía” con la intención de mostrar la interdependencia y condicionamiento mutuo entre estos dos recursos, la importancia para nuestras vidas y sobre todo las implicaciones de no conservarlos; se realizaron varios eventos a nivel mundial, aunque en la región latinoamericana no tuvo gran impacto el tema (Embid y Liber, 2017). El vínculo se amplió para incluir la alimentación pues la soberanía alimentaria no puede entenderse sin el agua y el uso energético. Sin agua suficiente las actividades agropecuarias se ponen en riesgo. La producción de energía requiere de agua, la generación hidroeléctrica en México ronda el 16% aun cuando tiene un potencial mayor. El nexo agua-energía está presente y condiciona la agricultura industrial, pues se requiere energía en el transporte, almacenado, conservación y par la generación de fertilizantes, sin los cuales, los cultivos serían más frágiles; así mismo en el ámbito industrial, donde son factores esenciales para la cadena de producción o el enfriamiento de turbinas para la continuación de los procesos.

La abundancia de agua en el sur permitiría aumentar la capacidad de generación hidroeléctrica, pero se rechaza por el impacto que tiene en los ecosistemas y en las poblaciones locales, a tal grado que los grandes proyectos están paralizados. Pero en el futuro incierto de inseguridad energética se tendrán que retomar porque de entre todas las formas de producción de energía, la que se genera con el agua es más limpia y barata.

La búsqueda de energéticos como el gas lutita requiere de millones de metros cúbicos de agua, así mismo la minería; las actividades agropecuarias consumen más del 70% del agua concesionada, y requiere de un alto gasto energético para el bombeo del agua subterránea. Estos ejemplos muestran la importancia de estudiar más las implicaciones del nexo agua-energía, en este artículo se abordará un sector que poco se ha referido en la literatura desde esta perspectiva, que es el de los servicios públicos de agua y saneamiento, donde la energía impacta en la gestión eficiente.

En los últimos años se ha dado una creciente preocupación por la escasez de estos dos recursos poniendo en riesgo la producción de alimentos y la paz social. Por ello el nexo agua-energía constituye uno de los pilares de la seguridad hídrica.

Si pensamos el nexo a la inversa, es decir, energía y agua, veremos que la energía impacta y condiciona el recurso hídrico o sus servicios asociados y es a este último punto el que se abordará en este artículo. El acceso al agua y al saneamiento se han vuelto uno de los fines esenciales de todo gobierno cuando se habla de derechos humanos, el agua es el líquido vital sin el cual no se puede vivir y, por ende, es un derecho fundamental básico; es parte de la dignidad de las personas, garantía de su salud y de un medio ambiente adecuado. Sin embargo, los datos de las personas que no tienen agua ni saneamiento seguros o mejorados son inmensos, más de 2000 millones de personas experimentan un alto estrés hídrico, mientras que 4000 millones sufren una grave escasez de agua durante al menos un mes del año. Y las que carecen de un saneamiento básico mejorado asciende a 4,200 millones de personas (WHO/UNICEF JMP, (2019).

La forma de garantizar adecuadamente el acceso al agua y al saneamiento es a través de los servicios públicos formales, pero no todas las personas cuentan con estos, existiendo otras formas de acceso, sobre todo en las periferias y muy frecuentemente en las zonas rurales que pueden poner en riesgo otros derechos.

La prestación de los servicios públicos de agua potable, drenaje, alcantarillado, tratamiento y disposición final de aguas residuales está a cargo de los municipios tal como lo consagra el artículo 115 la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (CPEUM). Desde la extracción de agua y su conducción a la planta potabilizadora hay un uso energético; el bombeo de agua subterránea llega a representar hasta el 60% del presupuesto de un prestador de servicios o inclusive más; tan sólo el Sistema Cutzamala que abastece de agua a la Ciudad de México canaliza el agua por más de 45 km desde la cuenca del Balsas para subirlos a más de 1,100 m de altura y luego dejarla caer por gravedad, conduciéndola a las plantas potabilizadoras y su posterior distribución donde el gasto en energía eléctrica alcanza hasta el 75% del presupuesto. Recientes estudios expresan que el pago de energía eléctrica de este sistema representa el 25% del presupuesto total de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), quien lo tiene a su cargo. El funcionamiento de las plantas

de tratamiento (PTAR) también requiere de energía eléctrica cuyo costo puede no ser asumible para los prestadores de servicios públicos de agua, mejor conocidos como organismos operadores, razón por la cual dejaron de funcionar muchas de las PTAR que se construyeron en años pasados. El Inventario Nacional de Plantas Municipales de Potabilización y de Tratamiento de Aguas Residuales en Operación (2021) realizado por la CONAGUA reporta 984 plantas potabilizadoras en operación y 2872 plantas municipales de tratamiento en operación de 3661 que están contabilizadas; entre las causas por las que no están operando algunas de estas se encuentran el alto costo energético para su operación. Los gobiernos municipales prefieren que dejen de funcionar cuando el recibo de la energía eléctrica consumida es elevado, y para los que la pagan regularmente este rubro representa uno de los más elevados de su presupuesto.

Los organismos operadores de agua en el país son en su mayoría entidades muy debilitadas y con limitadas capacidades institucionales para gestionar de forma eficiente los servicios públicos, están sujetos a decisiones políticas no sólo del municipio sino también de las legislaturas estatales, situación que ha afectado su sostenibilidad financiera, convirtiéndolos en entes dependientes de los subsidios federales. Si tenemos en cuenta que desde hace seis años el presupuesto se ha reducido hasta en un 74% (ANEAS, 2020) esto afecta directamente su capacidad financiera para asumir muchos costos de operación. Esto derivó en años pasados en el abandono de las PTAR aun recién construidas de tal forma que la CONAGUA se planteó no financiar más obras nuevas hasta que se rehabilitaran y se pusieran en funcionamiento las existentes.

La mayor parte de los organismos operadores de agua del país no integra el costo del tratamiento de las aguas residuales en la tarifa que se cobra al usuario, por lo tanto, no se internaliza el gasto energético; la tarifa no está reflejando el costo real del ciclo urbano del agua, incluyendo el costo de la producción de agua potable y su entrega, menos aún, de su posterior tratamiento donde el uso de energía eléctrica es aún más intenso. En este panorama, muchos organismos operadores están al borde la quiebra.

Durante la pandemia se hizo evidente esta situación de insostenibilidad financiera y el deterioro en que se encontraban los servicios públicos, situación que ya se arrastraba de varias décadas atrás. En años anteriores varios organismos operadores no pudieron pagar el recibo de suministro eléctrico y se les suspendió el servicio, afectando a la población; ciudades como Cuernavaca, dejaron de abastecer de agua por varios días hasta que se renegoció la deuda con la Comisión Federal de Electricidad (CFE). Durante la crisis sanitaria hubo una solicitud oficial a la CFE por parte de los organismos operadores organizados en la Asociación Nacional de Empresas de Agua y Saneamiento (ANEAS) y de la propia CONAGUA para que durante la crisis sanitaria hubiera una moratoria para el pago del servicio eléctrico pues a su vez, como medida extraordinaria se suspendió el pago de la tarifa de los servicios de agua a la población, aun cuando el consumo aumentó en un 30% en estos tiempos. No sucedió lo mismo con el suministro de la energía eléctrica a los hogares, que se siguió cobrando regularmente.

Aquí cabe ya una primera reflexión, aun tratándose de dos servicios públicos esenciales, no tienen un mismo marco normativo, siendo el del agua el más indispensable pero también el más vulnerable en términos de garantía y exigibilidad. Si un usuario doméstico deja de pagar el recibo de luz inmediatamente se le suspende el servicio, no sucede lo mismo con el servicio de agua, que no es posible suspenderlo totalmente, el organismo operador está obligado a garantizar el mínimo vital a aquellas personas que no pagan el recibo del agua por dos meses consecutivos. Si analizamos el marco jurídico aplicable a cada uno de estos servicios (el de suministro eléctrico y el de abastecimiento de agua) veremos que este último tiene varias excepciones y es la autoridad local, la más cercana al ciudadano, la encargada de garantizarlo.

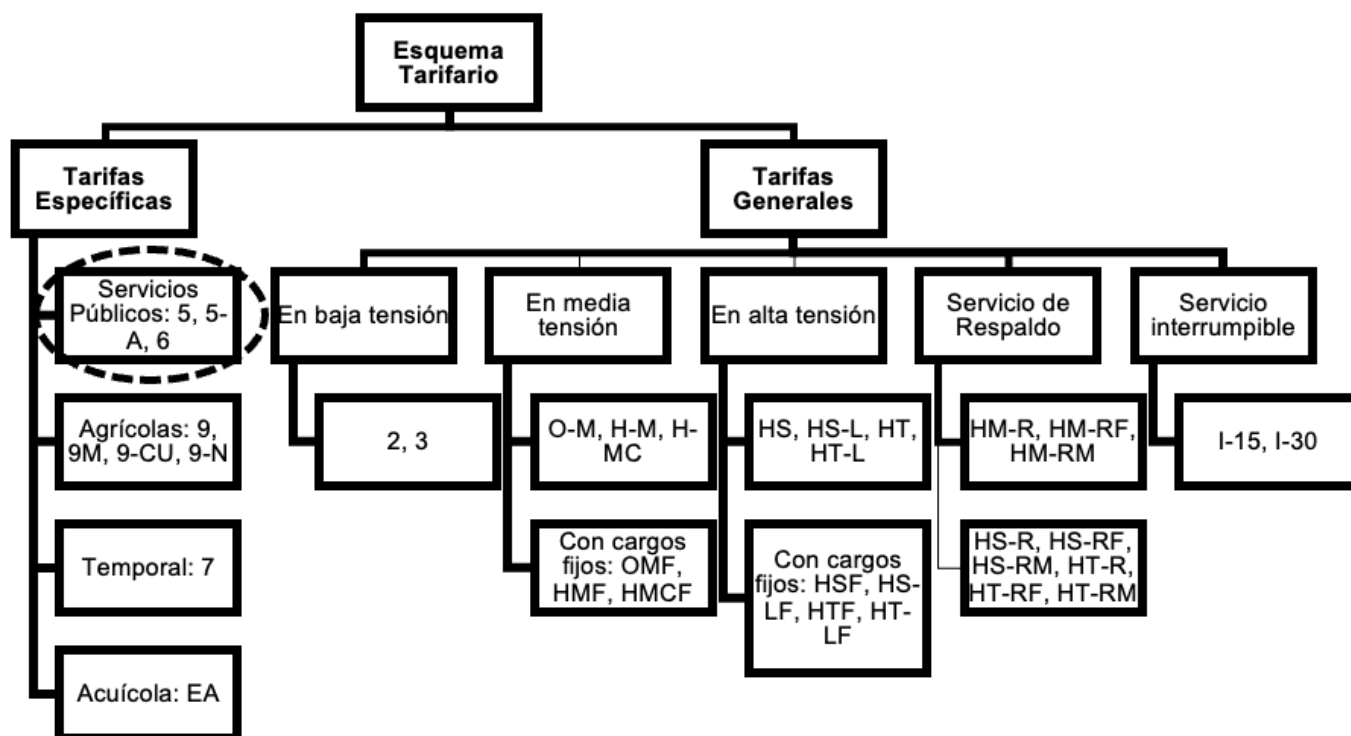
Hoy en día, en la Cámara de diputados se discute una futura Ley General de Aguas que garantice el acceso al agua para todas las personas, es decir, el derecho humano al agua (DHA), los legisladores se plantean una necesaria reforma constitucional al artículo 115 constitucional ante la incapacidad de los municipios para prestar una de las funciones principales que tienen a su cargo como son los servicios públicos de agua. Pero mientras eso no suceda,

son los municipios los principales obligados a garantizar ese derecho, sin negar la corresponsabilidad de otros gobiernos y sus dependencias.

Por otro lado, la reforma energética del 2013 tuvo un impacto negativo en el entorno de los ya debilitados servicios de agua y saneamiento, si lo analizamos a la luz del derecho humano al agua (reconocido en la CPEUM en el párrafo sexto del artículo cuarto constitucional, Diario Oficial de la Federación de 9 de febrero de 2012) veremos que la reforma en vez de hacer un sistema más competitivo provocó un mayor debilitamiento de las finanzas municipales y, en su caso, de los organismos operadores. La reforma energética implicó la modificación de los artículos 25, párrafo cuarto; 27 párrafo sexto y 28 párrafo cuarto de la CPEUM y la expedición de un paquete de leyes secundarias para sentar las bases de un nuevo esquema de producción y gestión de la energía. La nueva Ley de la Industria Eléctrica (LIE) consideró entre sus objetivos la eficiencia y seguridad del sistema y el suministro universal del servicio público. Entre las modificaciones se reclasificaron los usuarios del servicio eléctrico en calificados y de suministro básico, lo que implicó nuevos esquemas tarifarios. Previamente el esquema era calculado en un esquema tendencial por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP) y existían 37 tarifas comprendidas en tarifas generales y tarifas específicas entre estas últimas estaban comprendidos las aplicables a los servicios públicos, uso agrícola, temporal y acuícola (ANEAS-COLMEX, 2019). El esquema 1 muestra cómo se clasificaban las tarifas antes de la reforma energética.



Esquema 1. Esquema tarifario 2017



Fuente: Análisis de las tarifas eléctricas en los sistemas de agua potable y saneamiento de México, ANEAS-COLMEX, 2019.

La tarifa 6 aplicaba al suministro de energía eléctrica para el servicio público de bombeo de agua potable o negras; si el organismo operador no hacía uso del servicio se aplicaba un cargo fijo, con un factor de ajuste mensual.

En la nueva LIE se estableció que la Comisión Reguladora de Energía (CRE) sería la encargada de establecer las nuevas metodologías tarifarias (artículo 139 LIE), con la posibilidad de que el Ejecutivo Federal de forma excepcional y a través de un Acuerdo fijara un método distinto para determinados grupos de usuarios del suministro básico. Así, la SHCP determinó que las tarifas domésticas, agrícola con estímulo y acuícola no se vieran afectadas por la nueva metodología, no siendo así para la tarifa 6, que es la que correspondía al organismo operador.

La recategorización de las tarifas excluyó a los organismos operadores de ese trato preferencial para considerarlos usuarios industriales.

El Acuerdo A/058/2017 comprendió sólo 12 categorías, siendo las siguientes, que se muestran en el cuadro 2:

**Cuadro 2. Esquema tarifario 2018**

<b>Categoría Tarifaria</b>	<b>Descripción</b>	<b>Tarifa anterior</b>
BD1	Doméstico en Baja Tensión, consumiendo hasta 150 kWh-mes	1, 1A,1B,1C,1D, 1E, 1F
DB2	Doméstico en Baja Tensión, consumiendo más de 150 kWh-mes	1, 1A,1B,1C,1D, 1E, 1F, DAC
PDBT	Pequeña Demanda (hasta 25 kW-mes) en Baja Tensión	2,6
GDBT	Gran Demanda (mayor a 25 kW-mes) en Baja Tensión	3,6
RABT	Riego Agrícola en Baja Tensión	9, 9CU, 9N
APBT	Alumbrado Público en Baja Tensión	5, 5A
APMT	Alumbrado Público en Media Tensión	5, 5A
GDMTH	Gran Demanda (mayor a 25 kW-mes) en Media Tensión Horaria	HM, HMC, 6
GDMTO	Gran Demanda (mayor a 25 kW-mes) en Media Tensión Ordinaria	OM, 6
RAMT	Riego Agrícola en Media Tensión	9M, 9CU, 9N
DIST	Demanda Industrial en Subtransmisión	HS, HSL
DIT	Demanda Industrial en Transmisión	HT, HTL

Fuente: Análisis de las tarifas eléctricas en los sistemas de agua potable y saneamiento de México, ANEAS-COLMEX, 2019

El propósito fue recuperar los costos de generación de electricidad y recaudar recursos suficientes para la inversión en la red de transmisión, pero no consideró la actividad del usuario de la energía. El organismo operador brinda un servicio público esencial para las personas, que como se dijo anteriormente, no puede dejar de prestarse, aun ante la falta de pago, el DHA garantiza un mínimo de agua para todas las personas, por lo que en todo caso, se limita la cantidad de agua que se brinda a través de la red, manteniendo en operación del sistema y por ende, el gasto de operación de las plantas de potabilización, bombeo o de tratamiento de las aguas residuales.

En el Informe elaborado por El Colegio de México en colaboración con ANEAS titulado Análisis de las tarifas eléctricas en los sistemas de agua potable y saneamiento de México se revisó el impacto en tres organismos operadores de agua en el país, Monterrey, León y Puerto Vallarta donde se observó un aumento desproporcional del pago de energía eléctrica a raíz de la implementación de las nuevas tarifas (p. 31). La recategorización tarifaria

afectó negativamente las finanzas del organismo operador. En varias ciudades, Tijuana, Zacatecas, Estado de México, Acapulco, Cuernavaca, sólo por citar algunas, los presidentes municipales e inclusive los gobernadores hicieron un llamado al presidente de la república a revisar el nuevo sistema tarifario, lo que no sucedió.

En este punto quiero hacer una reflexión sobre la importancia del nexo energía-agua para garantizar derechos humanos, aun cuando no es tan visible este vínculo, lo cierto es que afecta directamente la capacidad, ya de por sí debilitada, de un organismo operador para brindar agua potable de forma continua y para garantizar el saneamiento de las aguas residuales. A la luz del Enfoque basado en derechos humanos (EBDH) esto implica una medida regresiva según los estándares internacionales de la Observación General número 15. Por otro lado, la corresponsabilidad de los tres órdenes de gobierno para garantizar un derecho humano reconocido constitucionalmente se elude, en este caso, por las autoridades encargadas del servicio público de electricidad.

Los ejemplos mencionados anteriormente muestran los impactos negativos que ya se produjeron, sin embargo, también podemos referirnos a otra faceta de este vínculo energía-agua vinculada a los servicios públicos de agua y es la que tiene lugar en las fuentes alternas de agua, en un futuro próximo de escasez de agua, es decir, la del tratamiento y reúso de las aguas tratadas, por un lado y la desalinización de aguas saladas o salobres para hacerlas potables. En una PTAR se generan emisiones de metano, óxido nitroso y dióxido de carbono, que contribuyen al calentamiento global, tan sólo el metano tiene un potencial veintinueve veces superior al dióxido de carbono en cuanto a las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) (Cristancho, M. et al, 2019: 35), la huella de carbono de una PTAR aumenta en la operación y la deposición de los lodos (Blanco, D. et al, 2014: 57) pero que a la vez pueden ser una fuente alterna de energía, conocido como biogás, a partir de los lodos generados para el propio funcionamiento de la PTAR, inclusive para abastecer a la población cercana (López, T. et al, 2020: 30), contabilizándose las emisiones evitadas que contribuyen a la medición de las Contribuciones Nacionales Determinadas, inclusive hay ejemplos en otras ciudades del mundo donde algunas PTAR han alcanzado la neutralidad climática.

## Conclusión

En este artículo se analizó el nexo Energía-Agua y sus manifestaciones en los servicios públicos de agua y saneamiento, mostrando que existe el riesgo de afectar derechos humanos cuando falla el vínculo. Se evidencian varios factores que influyen, el primero es jurídico, por cuanto el marco normativo aplicable a dos servicios públicos esenciales tiene un marco desventajoso para los prestadores de servicios de agua pues a la luz de los derechos humanos no podrán en ningún caso suspender totalmente el servicio de agua por falta de pago, lo que no sucede con el servicio de energía eléctrica. El segundo factor es financiero, por cuanto cada vez es más difícil para un organismo operador de agua (o prestador de servicios, como lo pueden ser los del ámbito rural) el pagar la factura del consumo eléctrico que utiliza en la operación del servicio, para las plantas

potabilizadoras, las de bombeo de aguas subterráneas y las de tratamiento de aguas residuales.

En tercer lugar, es de corresponsabilidad institucional, en la que la CFE no se ha involucrado, con medidas afirmativas para contribuir a garantizar el DHA, en este caso, revisando la categoría en la que ubicó la tarifa que paga un organismo operador de agua, tal como se hizo con el usuario agrícola o acuícolas que, si bien contribuyen a la seguridad alimentaria, tan importante es la seguridad humana, y el rol que en ella juega el suministro de agua. Un argumento más es que los organismos operadores no son entidades que busquen un lucro, por el contrario, prestan un servicio público considerado esencial entre los fines del Estado en su conjunto.

Es necesaria una reforma a la LIE para dar vigencia al vínculo Energía-Agua y, por otro lado, desarrollar más investigación y aplicación de las tecnologías que permiten contar con fuentes alternas de agua (desalinizadas y tratadas), aprovechando al mismo tiempo, el potencial de biogás para reducir las emisiones GEI del ciclo urbano del agua. Por cuanto hace al marco normativo, se ha desarrollado ya la propuesta y su justificación basada en datos ciertos de la afectación a las finanzas municipales y de los organismos operadores de agua. En esa reforma estructural tanto en el tema de energía como en el de agua, no puede dejar de revisarse el aspecto de las tarifas, tanto eléctricas como de agua para hacer sostenible un sector, el del agua y saneamiento, que garantice la plenitud de los derechos humanos más esenciales como son el agua, la salud o el medio ambiente.

## Referencias

Blanco, D., Collado, Díaz, M., Suárez, M.P., Pérez, J.A., Sánchez, J. (2014), Análisis de la huella de carbono en una planta de tratamiento de agua tipo carrusel, *Tecnoaqua*, Marzo-Abril 2014, pp. 52-57

COLMEX-ANEAS, (2019) Análisis de las tarifas eléctricas en los sistemas de agua potable y saneamiento de México, México

Cristancho M., Gámez P., Guerra A. y Dueñas E. (2019), Estimación de los gases efecto invernadero generados por las plantas de tratamiento de aguas residuales ubicadas en la cuenca del río Bogotá, *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 18 (34) • Enero-Junio, pp. 25-44, ISSN (en línea): 2248-4094

Embid, A. y Liber, M. (2017) El Nexo entre el agua, la energía y la alimentación en América Latina y el Caribe Planificación, marco normativo e identificación de interconexiones prioritarias, *Serie Recursos naturales e infraestructura 179*, CEPAL, recuperado 3 de septiembre de 2022, disponible en: [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/41069/1/S1700077\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/41069/1/S1700077_es.pdf)

Guijarro, A. y Sánchez. E. (2015), El nexo agua-alimentación-energía en el marco de la agenda post 2015 Ongawa, recuperado 3 de septiembre de 2022, disponible en: [https://www.manosunidas.org/sites/default/files/nexo-agua-alimentacion-energia\\_ongawa\\_ok.pdf](https://www.manosunidas.org/sites/default/files/nexo-agua-alimentacion-energia_ongawa_ok.pdf)

Jouravlev, A., Saravia M., Silvia-Gil, M. (Compiladores), (2021), *Reflexiones sobre la gestión del agua en América Latina y el Caribe. Textos seleccionados 2002-2020*, CEPAL, Chile.

Lopez, T., Medrano Perez, O. R. y Cazán, L. (2020). Generación de energía en plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR). El caso de la PTAR zona noroeste, Villahermosa, México. 4. Pp. 12-30

WHO/UNICEF JMP (2019) Progress on household drinking water, sanitation and hygiene 2000-2017. Special focus on inequalities.

WWAP (Programa Mundial de la UNESCO de Evaluación de los Recursos Hídricos) (2019), Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos 2019: No dejar a nadie atrás, UNESCO, París.

# Análisis

Perspectivas Energéticas - Año 6 Número 15 Septiembre - Diciembre 2022

## El nexo agua residual-energía: Contexto, retos y oportunidades

Dr. Raul Pacheco-Vega

### Introducción

Las conexiones entre agua y energía son múltiples e importantes, no solamente porque son recursos naturales cuya relevancia es fundamental para la vida y para las actividades humanas, sino también porque en contextos de escasez, la ausencia de agua o energía o la reducción en la capacidad de provisión de estos por parte de los gobiernos resulta en crisis que requieren atención inmediata. Para lidiar con este problema, en los últimos 10-15 años se ha comenzado a tratar de forma integrada a los sistemas hídricos y energéticos, mediante el concepto del “nexo agua-energía” (water-energy nexus). En este artículo hago una revisión sistemática del concepto de nexo agua-energía y lo expando a una discusión del nexo agua residual-energía.

En el artículo hago un resumen breve de cómo la naturaleza del agua misma no la convierte exactamente en un recurso de naturaleza similar o idéntica a la energía. Si bien ambos son recursos naturales, no tienen características similares en cuanto a su capacidad de ser almacenados, transmitidos y consumidos. Sin embargo, la pobreza de energía y la pobreza de agua son ambos factores bastante importantes en la reducción en el nivel de bienestar de las personas. Por ello, es fundamental considerarlos de manera simultánea en cualquier análisis que pretenda resaltar la sustentabilidad. Posteriormente, explico el concepto del nexo agua-energía, y

que la noción de “nexo” resulta obvia, en realidad su relevancia reside en que visibiliza las complejas interacciones entre agua y energía, y otros componentes de los sistemas hídricos y energéticos.

En el artículo ofrezco algunas razones por las cuales el suministro, la producción, el tratamiento y la distribución de agua y energía deben analizarse de forma simultánea y evaluando las complejas interacciones entre ambos recursos. También describo otras formas de conceptualizar los nexos y hacerlos cada vez más complejos. En la tercera sección me centro en la discusión relativamente reciente sobre el nexo agua residual-energía. Si bien pudiera parecer obvio que el nexo entre la producción de agua residual y la energía existe, dado que los efluentes se producen como resultado de la utilización del vital líquido en operaciones industriales, comerciales y en usos domésticos en los hogares urbanos y rurales, y todas éstas consumen energía, también el tratamiento, recolección y disposición de los efluentes finales tratados consumen, pero también producen energía, este nexo no es tan obvio o claro a simple vista. Estas relaciones complejas son importantes y por ello en este trabajo las hago más visibles.

Finalmente, en la quinta y última sección ofrezco algunas conclusiones y posibles direcciones para la investigación del nexo agua residual-energía en el futuro, particularmente en México y América Latina. Me parece importante resaltar que ya hay algún camino avanzado en materia de análisis del nexo agua y energía en México y América Latina, pero se requiere profundizar sobre todo en la integración sistémica y sistemática de los distintos aspectos de un proceso integrado de producción.

### La naturaleza diversa del agua

Cuando hablamos de agua tendemos a considerar únicamente “el agua fresca”, es decir, aquella que se usa tanto para consumo personal y humano como industrial y comercial. El suministro de agua se ha convertido en un tema de investigación prioritario no solamente por el reto que representa su escasez o ausencia absoluta, sino también por las implicaciones de su mal manejo. La gestión del agua en mucha de la literatura académica se refiere a una de dos corrientes analíticas: la producción industrial y agrícola utilizando recursos hídricos, y la distribución desigual de la misma. Más recientemente, la gobernanza del agua urbana ha empezado a tener una relevancia mayor, y a ser más visible en la literatura, sobre todo en ciencias sociales enfocadas en el manejo del vital líquido.

Si bien el foco de los trabajos científicos sobre el nexo agua-energía no es necesariamente la gobernanza urbana de los recursos sí es un componente significativo, particularmente porque la provisión de agua y energía a hogares en ciudades y periferias urbanas es fundamentalmente una actividad que es responsabilidad gubernamental. Por lo mismo, es importante tener, diseñar e implementar políticas públicas que tomen en cuenta dicho nexo para el adecuado suministro urbano y la administración inteligente de ambos recursos.

¿Por qué es importante diferenciar los distintos tipos de agua? En el artículo analizo el nexo agua residual-energía, mismo que también tiene rasgos que pudieran ser visibles de manera muy sencilla y no requerirían mayor

análisis. El tratamiento de aguas residuales requiere de bombas, reactores de tratamiento y el suministro de energía a éstos y otros equipos. Es posible extraer calor del agua residual que se genera, por ejemplo, en las escalas residenciales (Lee et al., 2017; Venkatesh, Chan, & Brattebø, 2014; Voltz & Grischek, 2018).

Sin embargo, la generación de agua residual y su disposición final también involucran la utilización de energía. Es decir, producir agua residual no es una actividad que solamente permita el aprovechamiento de la energía, particularmente calorífica, que pueda contener el efluente, sino que también requiere de consumo de energía. Esto lo que quiere decir es que en la gestión del agua residual desde una perspectiva de nexo agua-energía, existen relaciones muchísimo más complejas que solamente absorber calor y transmitirlo o transferirlo a otros medios. Mi objetivo en este artículo es precisamente demostrar la complejidad de estas relaciones y la reciprocidad y multiplicidad de potenciales soluciones de política pública para la gestión del vital líquido y del recurso energético.

### El nexo agua-energía

¿A qué nos referimos cuando hablamos del nexo agua-energía y por qué resulta importante que sepamos del mismo? El concepto de nexo agua-energía se desarrolló a finales de los años 2000 para visibilizar las complejas interconexiones que existen entre los sistemas hídricos y los energéticos. Una visión de teoría de sistemas subyace el concepto del nexo agua-energía. Las conexiones entre la generación de energía y la utilización de agua son bastante visibles. Sin embargo, se requiere de una visión más sistémica para poder conceptualizar el nexo agua y energía: ¿cómo es que las interacciones entre los sistemas hídricos y energéticos emergen y se hacen complejas? Este tipo de preguntas animan la literatura sobre el nexo agua-energía. El concepto de nexo agua-energía se desarrolló para considerar los aspectos más relevantes de la producción de energía y del suministro de agua, y sus interacciones recíprocas, así como los retos que presenta el administrar dos recursos de manera conjunta. El aspecto de la gestión conjunta es el nodo central de la idea del nexo agua-energía (Dai et al.,

2018; Hamiche, Stambouli, & Flazi, 2016; Scott et al., 2011), mismo que ha sido expandido en diversas formas, incluyendo el nexo agua-energía-alimentación (Al-Saidi & Elagib, 2017; Kaddoura & El Khatib, 2017; Lawford et al., 2013), agua-energía-carbono (Bukhary, Batista, & Ahmad, 2020; Li et al., 2020; Tian et al., 2022; Venkatesh et al., 2014), agua-energía-gases de invernadero (Hendrickson & Bruguera, 2018), etc. En este artículo me centro específicamente en agua-energía y en agua residual-energía.

La conexión entre agua y energía es relevante no solamente desde la producción de estos sino de sus interacciones en términos de escasez, demanda y suministro. Por ejemplo, para producir energía en instalaciones hidroeléctricas, es necesario utilizar cantidades substanciales de agua. Así mismo, para extraer agua de pozos profundos y transportarla y enviarla a distancias substanciales es fundamental el uso de energía, particularmente eléctrica. Esos nexos son relativamente visibles. Otros encadenamientos no son perceptibles tan fácilmente (De Stercke, Chaturvedi, Buytaert, & Mijic, 2020; Gjorgiev & Sansavini, 2018; Pan, Snyder, Pack-man, Lin, & Chiang, 2018; Perrone, Murphy, & Hornberger, 2011). En particular, el análisis de la pobreza de agua y de energía de forma simultánea ha sido poco estudiado (Zerriffi y Pacheco-Vega 2022). También los análisis en la escala de comunidad y de hogar son escasos (Goldthau, 2014).

Una de las razones por las cuales el nexo agua-energía se ha expandido a incluir alimentación (o inseguridad alimentaria), carbono y otros factores es que ahora se ha hecho más claro que los elementos ambientales están interconectados de formas que posiblemente no considerábamos en el pasado, lo cual conlleva también retos para el diseño de políticas públicas para garantizar el suministro y la sustentabilidad tanto del vital líquido como de la energía. Ciertamente, las conexiones complejas entre sistemas hídricos y energéticos ya se habían revelado en estudios previos sobre el nexo agua-energía, pero los retos de política pública se hacen más visibles cuando consideramos las múltiples demandas que compiten por la asignación de recursos.

En particular, muchos de los retos de gobernanza del nexo agua y energía provienen precisamente de que no solamente son problemas de oferta y demanda sino de

consideraciones éticas, prácticas y políticas. Por ejemplo, cuando comparan tres casos de estudio en los Estados Unidos, Scott y coautores resaltan no solamente aspectos de demanda y suministro en condiciones de escasez en el suroeste de Estados Unidos, sino también los aspectos éticos y prácticos de la operación de plantas de shale gas y los impactos sociales y ambientales que generan conflictos en el este de EE.UU. (Scott et al., 2011).

### ¿Cómo se conectan el agua residual y la energía?

La conexión básica entre agua residual y energía generalmente se considera desde la perspectiva de la generación de reservas térmicas a partir de los efluentes generados por actividades industriales. Sin embargo, existen otros elementos que conectan ambos. Por ejemplo, cuando pensamos en de dónde vendrá la energía para darle potencia a los motores de los tanques de tratamiento. Así mismo, la recolección requiere de energía para bombearla hasta la planta de tratamiento. Finalmente, las emisiones de metano que se puedan capturar del sistema de tratamiento de biogas que pudiera implementarse para procesar los lodos residuales del sistema de depuración de los efluentes también pueden considerarse fuentes potenciales de energía.

Existe una contradicción substancial en la literatura sobre el nexo agua residual-energía, desafortunadamente. En un estudio bibliométrico, Zheng y colegas indican que del periodo de 1991 a 2015, encontraron un crecimiento de artículos de 27 a 1605, argumentando que este hallazgo es indicativo de que el énfasis en el nexo agua residual-energía ha crecido enormemente y de forma exponencial (Zheng, Li, Shi, & Liu, 2017). Esta es una interpretación incorrecta de los hallazgos, dado que su búsqueda bibliométrica se enfoca en cualquier estudio que utilice teoría de sistemas (como el análisis de ciclo de vida) para el estudio de las interacciones entre sistemas térmicos y emisiones de aguas residuales. Si bien este tipo de análisis bibliométrico es muy importante, es vital interpretar los resultados correctamente. El crecimiento en el número de artículos que analizan las conexiones entre efluentes y sistemas térmicos y energéticos no indica necesariamente que la relación agua residual-energía se haga explícita a través del término “nexo”. Este tipo de lenguaje (el uso

de nexo entre diferentes elementos de un sistema ambiental) pretende fortalecer el análisis y hacerlo más profundo en lugar de realizar una discusión superficial sobre la importancia de la absorción y reconversión de energía de efluentes residuales y su integración en sistemas térmicos. El interés en el nexo agua residual-energía ha crecido, ciertamente, pero no de forma exponencial y mucho menos desde 1991.

¿Cómo se puede aplicar el modelo conceptual del nexo agua residual-energía en forma práctica y pragmática? Moss y Hüesker recientemente indicaron una forma de hacerlo mediante la conceptualización de la infraestructura como interfaz entre diferentes formas de recursos urbanos y de su utilización en forma sistémica. Este tipo de modelo enfatiza el valor del suelo, el agua, la energía, y el agua residual, todos recursos importantes. El trabajo de Moss y Hüesker demuestra que la integración intersectorial de infraestructura en la interfaz del tratamiento de agua residual y la provisión regional de energía es bastante difícil y se encuentra fuertemente politizada (Moss & Hüesker, 2019). Esto quiere decir que cuando hay proyectos de integración agua-agua residual-energía-basura, es fundamental considerar los aspectos políticos y de política pública que emergen de las múltiples y complejas configuraciones de infraestructura urbana de suministro de servicios públicos. Esta discusión es consistente con el trabajo empírico y teórico sobre servicios públicos y su gestión, en particular en agua residual (Pacheco-Vega, 2007, 2015) y en agua potable (Scott & Pablos, 2011).

Una de las aplicaciones más interesantes del nexo agua residual-energía consiste en su integración con el manejo de residuos sólidos. Esto lo que quiere decir es que el nexo analizado es agua-residuos sólidos-energía (Mancini et al., 2021). Si bien no es solamente un reconocimiento de que el agua residual también produce o conduce energía, es una clara indicación del valor que tienen los residuos sólidos y de las interacciones que tiene un sistema de manejo y gestión de basura con el proceso de suministro de agua tanto potable como de uso industrial, el tratamiento de agua residual, y la utilización de ambos recursos para la producción de energía, particularmente mediante plantas de WtE (waste-to-energy, de basura a energía).

Un elemento relevante para la discusión del nexo agua residual-energía es la respuesta a la pregunta ¿de dónde viene la energía que se busca obtener en estos procesos integrados de producción? En algunos casos, viene de la extracción de contenido calorífico y energético del efluente en sí mismo (Lata & Siddharth, 2021), pero en otros, de manera muy interesante, proviene de la producción de emisiones de gases de invernadero que se deriva del tratamiento mismo (Delre, Mønster, & Scheutz, 2017; Masuda, Sano, Hojo, Li, & Nishimura, 2018).

### **Conclusiones: ¿Cuál es el futuro de las discusiones sobre el nexo agua residual y energía?**

Es claro que la energía y el agua tienen nexos inextricables, y que la configuración de los sistemas energéticos e hídricos nos obliga a reconsiderar la forma en la cual los analizamos. Un análisis integrado como el que ofrece la teoría subyacente al nexo agua-energía nos ayuda a realizar este tipo de evaluaciones. Sin embargo, es importante considerar que las interacciones entre agua y energía, y en específico agua residual y energía tienen mayor complejidad de la que pudiera presentarse incluso en la literatura académica reciente.

Es necesario realizar más estudios empíricos de modelado de las distintas interacciones entre agua residual y energía, en diferentes regiones, países y a distintas escalas, desde el hogar hasta la comunidad y en la escala urbana. En particular, me parece que se hacen necesarios más estudios de naturaleza integrada (usando técnicas de Integrated Assessment o Life Cycle Analysis, por ejemplo) que hagan patente la realidad del consumo de agua y energía y del nexo entre el agua residual y los sistemas energéticos. Si bien ya hay avances en México sobre el nexo agua-energía-cambio climático-emisiones de gases de invernadero, es importante no dejar de lado el aspecto del tratamiento de efluentes y su nexo con los sistemas energéticos.

El caso mexicano presenta retos interesantes a futuro: el tratamiento de aguas residuales tiene en México una tradición bastante sólida, en términos de la investigación que se ha realizado sobre cómo reducir carga contaminante en efluentes. Es importante recordar, como indico en el texto, que una visión integrada del nexo agua-agua residual-energía es clave para poder diseñar políticas públicas



que sean más robustas y consideren la forma en la cual se integran o pueden acoplarse ambos tipos de sistemas, hídricos y energéticos. Para poder afrontar este reto de política pública se requiere de más investigación empírica y teorización específica para el país. Un reto enorme, sin duda, en un contexto mundial de devaluación de la ciencia y de la reducción en el financiamiento de la misma.

## Bibliografía

- Al-Saidi, M., & Elagib, N. A. (2017). Towards understanding the integrative approach of the water, energy and food nexus. *Science of the Total Environment*, 574, 1131–1139. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.09.046>
- Bukhary, S., Batista, J., & Ahmad, S. (2020). Water -energy -carbon nexus approach for sustainable large-scale drinking water treatment operation. *Journal of Hydrology*, 587(April), 124953. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.124953>
- Dai, J., Wu, S., Han, G., Weinberg, J., Xie, X., Wu, X., ... Yang, Q. (2018). Water-energy nexus: A review of methods and tools for macro-assessment. *Applied Energy*, 210(November 2016), 393–408. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.08.243>
- De Stercke, S., Chaturvedi, V., Buytaert, W., & Mijic, A. (2020). Water-energy nexus-based scenario analysis for sustainable development of Mumbai. *Environmental Modelling and Software*, 134(September), 104854. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2020.104854>
- Gjorgiev, B., & Sansavini, G. (2018). Electrical power generation under policy constrained water-energy nexus. *Applied Energy*, 210(December 2016), 568–579. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.09.011>
- Goldthau, A. (2014). Rethinking the governance of energy infrastructure: Scale, decentralization and polycentrism. *Energy Research & Social Science*, 1, 134–140. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2014.02.009>
- Hamiche, A. M., Stambouli, A. B., & Flazi, S. (2016). A review of the water-energy nexus. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 65, 319–331. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.07.020>
- Hendrickson, T. P., & Bruguera, M. (2018). Impacts of groundwater management on energy resources and greenhouse gas emissions in California. *Water Research*, 141, 196–207. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2018.05.012>
- Kaddoura, S., & El Khatib, S. (2017). Review of water-energy-food Nexus tools to improve the Nexus modelling approach for integrated policy making. *Environmental Science and Policy*, 77(May), 114–121. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2017.07.007>
- Lata, S., & Siddharth. (2021). Sustainable and eco-friendly approach for controlling industrial wastewater quality imparting succour in water-energy nexus system. *Energy Nexus*, 3(September), 100020. <https://doi.org/10.1016/j.nexus.2021.100020>
- Lawford, R., Bogardi, J., Marx, S., Jain, S., Wostl, C. P., Knüppe, K., ... Meza, F. (2013). Basin perspectives on the Water-Energy-Food Security Nexus. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 5(6), 607–616. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2013.11.005>
- Lee, M., Keller, A. A., Chiang, P. C., Den, W., Wang, H., Hou, C. H., ... Yan, J. (2017). Water-energy nexus for urban water systems: A comparative review on energy intensity and environmental impacts in relation to global water risks. *Applied Energy*, 205(March), 589–601. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.08.002>
- Li, H., Zhao, Y., Kang, J., Wang, S., Liu, Y., & Wang, H. (2020). Identifying sectoral energy-carbon-water nexus characteristics of China. *Journal of Cleaner Production*, 249, 119436. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119436>
- Mancini, G., Luciano, A., Bolzonella, D., Fatone, F., Viotti, P., & Fino, D. (2021). A water-waste-energy nexus approach to bridge the sustainability gap in landfill-based waste management regions. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 137(September 2020), 110441. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110441>
- Masuda, S., Sano, I., Hojo, T., Li, Y. Y., & Nishimura, O. (2018). The comparison of greenhouse gas emissions in sewage treatment plants with different treatment processes. *Chemosphere*, 193, 581–590. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.11.018>

- Moss, T., & Hüesker, F. (2019). Politicised nexus thinking in practice: Integrating urban wastewater utilities into regional energy markets. *Urban Studies*, 56(11), 2225–2241. <https://doi.org/10.1177/0042098017735229>
- Pacheco-Vega, R. (2007). Participación de la Comisión Nacional del Agua en el tratamiento de aguas residuales en la Cuenca Lerma-Chapala: Estadísticas federales y realidades estatales. *Región y Sociedad*, 19(39), 55–76. Retrieved from [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1870-39252007000200003&script=sci\\_pdf&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1870-39252007000200003&script=sci_pdf&tlng=es)
- Pacheco-Vega, R. (2015). Gobernanza del agua residual en Aguascalientes: captura regulatoria y arreglos institucionales complejos. *Región y Sociedad*, XXVII(64), 313–350. <https://doi.org/10.22198/rys.2015.64.a318>
- Pan, S.-Y., Snyder, S. W., Packman, A. I., Lin, Y. J., & Chiang, P.-C. (2018). Cooling water use in thermoelectric power generation and its associated challenges for addressing water-energy nexus. *Water-Energy Nexus*, 1(1), 26–41. <https://doi.org/10.1016/j.wen.2018.04.002>
- Perrone, D., Murphy, J., & Hornberger, G. M. (2011). Gaining perspective on the water-energy nexus at the community scale. *Environmental Science and Technology*, 45(10), 4228–4234. <https://doi.org/10.1021/es103230n>
- Scott, C. a., & Pablos, N. P. (2011). Innovating resource regimes: Water, wastewater, and the institutional dynamics of urban hydraulic reach in northwest Mexico. *Geoforum*, 42(4), 439–450. <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2011.02.003>
- Scott, C., Pierce, S., Pasqualetti, M., Jones, A., Montz, B., & Hoover, J. (2011). Policy and institutional dimensions of the water-energy nexus. *Energy Policy*, 39(10), 6622–6630. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.08.013>
- Tian, P., Lu, H., Reinout, H., Li, D., Zhang, K., & Yang, Y. (2022). Water-energy-carbon nexus in China's intra and inter-regional trade. *Science of the Total Environment*, 806, 150666. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150666>
- Venkatesh, G., Chan, A., & Brattebø, H. (2014). Understanding the water-energy-carbon nexus in urban water utilities: Comparison of four city case studies and the relevant influencing factors. *Energy*, 75, 153–166. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2014.06.111>
- Voltz, T., & Grischek, T. (2018). Energy management in the water sector – Comparative case study of Germany and the United States. *Water-Energy Nexus*, 1(1), 2–16. <https://doi.org/10.1016/j.wen.2017.12.001>
- Zheng, T., Li, P., Shi, Z., & Liu, J. (2017). Benchmarking the scientific research on wastewater-energy nexus by using bibliometric analysis. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(35), 27613–27630. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-0696-5>

# Análisis

Perspectivas Energéticas - Año 6 Número 15 Septiembre - Diciembre 2022

## Una gestión de residuos para combatir el cambio climático

**Dra. Nancy Merary Jiménez Martínez**  
**Dr. Raúl García Barrios**

### Introducción

El cambio climático es el desafío más grande que enfrenta la humanidad. Ha alcanzado gran visibilidad en la agenda internacional, convoca a numerosos y diversos actores de la sociedad internacional y cuenta con una estrategia de acción para combatir: el camino de los 2° C. Aun así, los pasos seguidos son titubeantes, lentos y aún están muy lejos de la meta. Mientras, al parecer, seguimos avanzando rumbo a la catástrofe.

En 2015 México presentó ante la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático sus Contribuciones Nacionalmente Determinadas (CND), con las que se comprometió a reducir el 22% del total de emisiones de GEI al 2030 y 51% de carbono negro mediante 30 medidas aplicadas en ocho sectores productivos (INECC, 2015). El costo de las CND se estimó en poco más de 126 mil millones de dólares, para mitigar 1520 millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente (MtonCO<sub>2</sub>e), contra un escenario de inacción que degradaría el capital natural con un costo de 143 mil millones de dólares. Es decir, las CND implican no solo la descarbonización de México sino un ahorro de 17 mil millones de dólares (INECC, 2018).

El Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero (INEGYCEI) 1990-2019, publicado por el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INEEC) en 2022, presenta estimaciones de las

emisiones y absorciones por fuentes y sumideros para los cuatro sectores definidos por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático, a saber: energía; agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra; procesos industriales y uso de productos, y residuos. En dicho documento se señala que en México se emitieron 736.63 MtonCO<sub>2</sub>e en 2019, lo que representa 50 millones de toneladas adicionales a lo reportado en 2015 y 100 millones más que en 2013. Las contribuciones por sectores fueron las siguientes: energía (63.5%), agricultura (19.1%), industria (10%) y residuos (7.3%).

Aunque sabemos que disminuir estas emisiones precisa del despliegue de energías renovables como componente central, es necesario avanzar también en las contribuciones que pueden hacerse en otros sectores. En esta ocasión, centramos la atención en el sector de los residuos que, si bien es causante de una proporción menor de las emisiones[1], representó en 2019 54,688.6 Gg[2] de CO<sub>2</sub>e, de las cuales 1,037.9 Gg fueron por dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), 50,465.1 Gg por metano (CH<sub>4</sub>), y 2,755.5 Gg por óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) y 1.5 Gg de carbono negro (INEGYCEI, 2022), por lo que ofrece importantes oportunidades de mitigación.

## Emisiones por residuos

Las emisiones del sector se originan básicamente por la disposición final de residuos, ya sea en rellenos sanitarios, sitios no controlados y tiraderos a cielo abierto, y por la quema a cielo abierto de residuos que es frecuente en dichos sitios, así como por el tratamiento biológico de residuos y el tratamiento y eliminación de aguas residuales (municipales e industriales). A continuación se analizan las emisiones de los tres gases más importantes del sector de los residuos: dióxido de carbono, metano y óxido nítrico, enfatizando en los generados por los residuos sólidos urbanos.

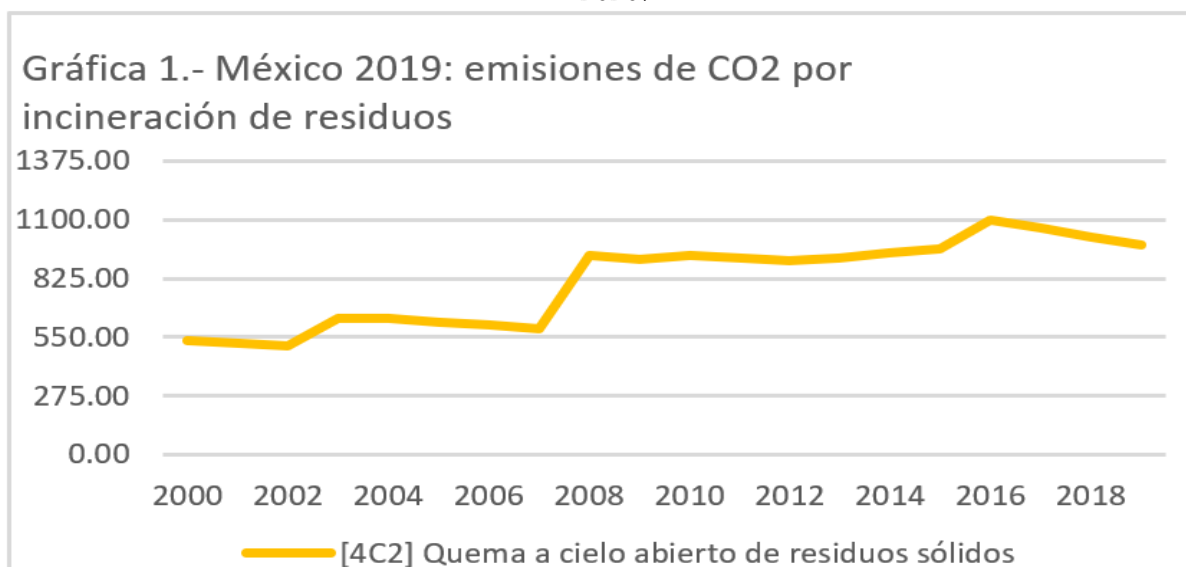
### Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)

95% de las emisiones de 2019 de dióxido de carbono provino de la quema a cielo abierto de residuos[3], el resto de la incineración de residuos peligrosos industriales y biológico-infecciosos. En la Gráfica 1 se presenta únicamente la dinámica de correspondiente a la primera fuente, para enfatizar la titánica tarea que significa cumplir con la meta de “cero quema a cielo abierto en 2030”, que México asumió como parte de las medidas de mitigación.

La Gráfica 1 muestra que las emisiones de dióxido de carbono son crecientes. Prácticamente se duplicaron en los últimos 20 años, situación que no sorprende si consideramos que únicamente 82 sitios de disposición final en México (de los más de 2,215 contabilizados) cumplen (parcialmente) con las características básicas de infraestructura y operación exigidas por la normatividad ambiental (SEMARNAT, 2020). Y aunque se sostiene que en 43.3% de estos se compactan los residuos y se cubren con materiales térreos (SEMARNAT, 2020), actividades indispensables para evitar incendios, no se tiene certeza de la frecuencia con que éstas se realizan, de tal suerte que estos siniestros son recurrentes, basta ver los reportajes periodísticos que dan cuenta de ello[4].

### Metano (CH<sub>4</sub>)

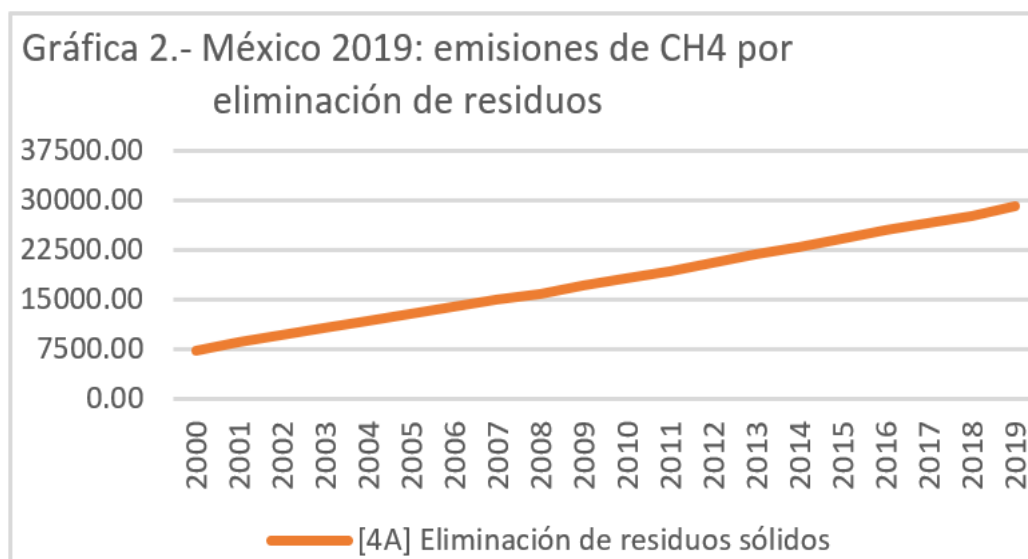
La mayor fuente antropogénica de metano y un importante contribuyente al calentamiento global se origina en el sector residuos (Graziani, 2018). En México, éste contribuye con la tercera parte de las emisiones totales de metano, 57.5% de las cuales se producen por la disposición final de residuos, 40.8% por el tratamiento y eliminación de aguas residuales y 1.5% por la incineración y quema a cielo abierto. Estas emisiones son altamente significativas en países como el nuestro, ya que se originan por la descomposición de los residuos orgánicos, que en México presentan 46.4% de la composición total (SEMARNAT, 2020).



Fuente: Elaboración propia con base en INECC (2021).

La Gráfica 2 muestra que las emisiones de metano causadas por la disposición final de residuos no solamente no han disminuido sino que han incrementado de forma constante en los últimos años, lo que coloca al objetivo de “alcanzar cero emisiones de metano en rellenos sanitarios para 2030” como prácticamente inalcanzable si continúan las tendencias actuales.

Otra parte de la explicación de la creciente emisión de metano radica en las malas prácticas que acompañan al manejo de residuos. Por una parte, las que tenemos como generadores, pues más de la mitad de la población admite no separar la basura (INEGI, 2017)[5], lo que impide el aprovechamiento de los residuos orgánicos. Por otra



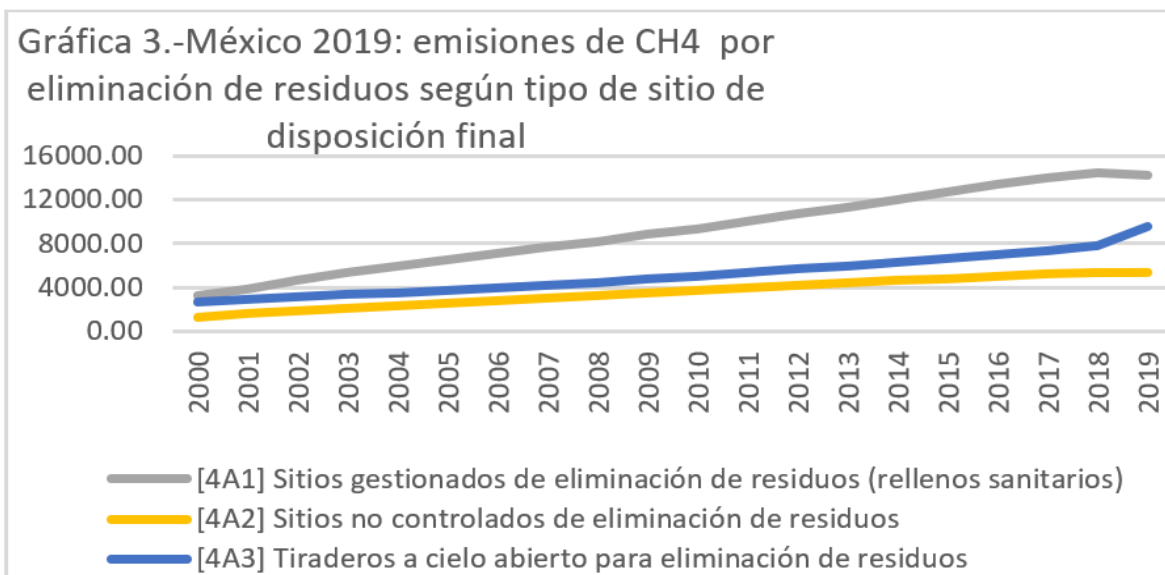
Fuente: Elaboración propia con base en INECC (2021).

Este dato es preocupante porque implica la generación de un gas altamente inflamable justamente en sitios donde el contacto con el oxígeno y grandes volúmenes de residuos plásticos puede provocar explosiones, que terminan provocando incendios y generan más dióxido de carbono y carbono negro. Además, el metano tiene entre 21 a 25 veces mayor potencial de calentamiento global que el dióxido de carbono (Graziani, 2018).

Nuevamente parte de la explicación se encuentra en las características de los sitios de disposición final, de los cuales únicamente 10.6% cuentan con algún sistema de control de este gas (INEGI, 2019). Aunque vale la pena señalar que la “captura de gas con producción de energía” sólo se identificó en cinco rellenos sanitarios: San Nicolás, en Aguascalientes, Aguascalientes; Portezuelos, en Tijuana, Baja California; La Perseverancia, en Cuautla, Morelos; Sistema Integral para el Manejo Ecológico y Procesamiento de Desechos (SIMEPRODE) en Salinas Victoria, Nuevo León y el Relleno Sanitario Municipal en Querétaro, Querétaro (SEMARNAT, 2020). De tal suerte que el metano constituye un riesgo latente, agrava la crisis climática y es prácticamente desaprovechado en México.

parte, las prácticas institucionales, por ejemplo la recolección separada de residuos, como lo establece la ley, sólo se cumple en 136 municipios (INEGI, 2019); pero incluso en esos municipios únicamente 32% de los residuos recolectados de forma separada corresponden a residuos orgánicos, y de éstos apenas 11% se aprovechan en plantas de compostaje y 2% en biodigestores (INEGI, 2019). Con ello se muestra que son escasas las alternativas para mitigar las emisiones generadas por la mitad de nuestros residuos.

Una revisión de las emisiones de metano provenientes de los diferentes sitios de disposición final sugiere que éstas son menores en los sitios menos “adecuados”, como los basureros y los tiraderos a cielo abierto, los predominantes en nuestro país, en comparación con los rellenos sanitarios, como se aprecia en la Gráfica 3. Sin embargo, la verdad es que no se conocen con detalle las características de los sitios de disposición final y no es posible clasificarlos rigurosamente como “Rellenos sanitarios”, “Sitios controlados” o “Sitios no controlados”. De lo que se tiene algo de certeza es que 40.4% de los residuos recolectados se depositan en los 82 sitios de disposición final,



Fuente: Elaboración propia con base en INECC (2021).

señalados anteriormente, que cumplen con las características básicas (SEMARNAT, 2020), por lo que la gran mayoría de los residuos terminan en sitios que violan la normatividad. En otras palabras, las emisiones de metano provenientes de la disposición final adecuada e inadecuada de residuos son prácticamente equivalentes.

Una revisión de las emisiones de metano provenientes de los diferentes sitios de disposición final sugiere que éstas son menores en los sitios menos “adecuados”, como los basureros y los tiraderos a cielo abierto, los predominantes en nuestro país, en comparación con los rellenos sanitarios, como se aprecia en la Gráfica 3. Sin embargo, la verdad es que no se conocen con detalle las características de los sitios de disposición final y no es posible clasificarlos rigurosamente como “Rellenos sanitarios”, “Sitios controlados” o “Sitios no controlados”. De lo que se tiene algo de certeza es que 40.4% de los residuos recolectados se depositan en los 82 sitios de disposición final, señalados anteriormente, que cumplen con las características básicas (SEMARNAT, 2020), por lo que la gran mayoría de los residuos terminan en sitios que violan la normatividad. En otras palabras, las emisiones de metano provenientes de la disposición final adecuada e inadecuada de residuos son prácticamente equivalentes.

## Óxido nitroso (N<sub>2</sub>O)

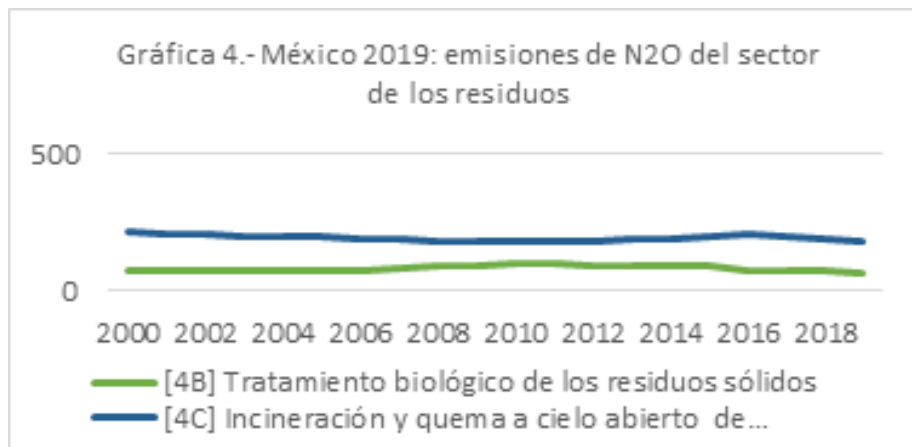
91.2% del óxido nitroso se generó por el tratamiento de

aguas residuales, 6.5% por la incineración y quema a cielo abierto y 2.3% por el tratamiento biológico de residuos sólidos (INECC, 2022). La Gráfica 4 muestra la contribución exclusiva por los residuos.

Aunque las emisiones de este gas no provienen mayoritariamente de los residuos sólidos, de la gráfica 4 se desprende la falta de crecimiento en el tratamiento biológico para estos desechos, lo que se extiende hacia todo tipo de tratamiento e infraestructura de aprovechamiento. En este aspecto, solo 47 municipios operan centros de acopio de materiales reciclables, principalmente en la Ciudad de México, Jalisco y Veracruz (INEGI, 2021), las plantas de tratamiento también son escasas (28 en total), de tal suerte que las estrategias para tratar y aprovechar los residuos sólidos urbanos son limitadas (INEGI, 2019).

## Hacia un cambio de paradigma

Lo dicho hasta aquí vincula las deficiencias del sector de los residuos con sus principales contribuciones al cambio climático. Una mayor atención a este sector podría materializar importantes beneficios ambientales y sociales, pero la falta de infraestructura para su manejo y aprovechamiento es una limitante principal. En los últimos veinte años las decisiones tomadas para su desarrollo se enfocaron en una estrategia “al final del tubo”, es decir, en la instalación (imperfecta) de infraestructura de eliminación, más que en consolidar estrategias de valorización. país de cumplir los objetivos de mitigación.



Fuente: Elaboración propia con base en INECC (2021).

Estas decisiones no sólo fueron incoherentes con las políticas internacionales de gestión integral sino que alejan al

Que el sector requiere un cambio de paradigma es algo reconocido. Sin embargo, todavía hay resistencia a intervenirlo y transformarlo. Por ejemplo, en un ejercicio para analizar los costos de las CND de México que definió los sectores con mayor rentabilidad, la rentabilidad por medida y las medidas más onerosas, el sector de los residuos no fue considerado rentable (INECC, 2018), incluso cuando los gastos en protección ambiental destinados a la gestión de residuos ascendieron en los últimos 17 años a 176 288 millones de pesos, aproximadamente 10% del total devengado (INEGI, 2020). Además el documento “Desarrollo de Rutas de Instrumentación de las Contribuciones Nacionalmente Determinadas en Materia de Mitigación de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero (GYCEI) del Sector Residuos Sólidos Urbanos en México”, insumo para la Sexta Comunicación Nacional del Cambio Climático, aunque enfatizó que cumplir con las medidas del sector precisaba del saneamiento y clausura de los sitios de confinamiento vigentes, además de los abandonados y en desuso, así como promover un manejo apropiado de residuos, terminó privilegiando las actividades altamente tecnológicas de disposición final (INECC-SEMARNAT, 2019). Las principales características de las tecnologías consideradas, su enfoque, potencial de mitigación al 2030 y las limitantes que enfrentan se resumen en la tabla 1.

A partir de su análisis se establecieron dos posibles rutas de mitigación:

·Ruta 1: integrada por el relleno sanitario, digestión anaerobia y termovalorización, de forma individual en cada una de las ciudades y zonas metropolitanas seleccionadas. Permite cumplir 185% las CND y disminuir 74% las emisiones con respecto a la línea base, a un costo de 182.88 USD/ton CO<sub>2</sub>e a un valor presente neto de 6,534 millones de dólares.

·Ruta 2: integrada también por relleno sanitario, más escenario mixto, que incluye la digestión anaerobia y termovalorización de forma conjunta. Permite cumplir 219% las CND y aminorar 88% las emisiones con respecto a la línea base a un costo de 106.62 USD/ton CO<sub>2</sub>e y un valor presente neto de 9,773 millones de dólares, 51% más costoso que la Ruta 1.

Es posible advertir que la determinación de las rutas para atender las CND sigue la tendencia de intervenir “al final del tubo”: opta por tecnología de disposición final, altamente costosa e inadecuada para la composición de residuos y características de nuestro país, deja de lado la clausura y remediación de los confinamiento actuales y pasados, pero sobretodo coloca al sector como un campo poco rentable y paraliza cualquier acción para transformarlo. La propuesta omite que la prevención en la generación de residuos representa una reducción directa de emisiones al evitar que los residuos lleguen a los basureros; no contempla el desarrollo de infraestructura para el aprovechamiento, por ejemplo del reciclaje que es tan

**Tabla 1**
**México: Tecnologías para la mitigación de gases de efecto invernadero en el sector de los residuos**

<b>Tecnología</b>	<b>Dirigida a</b>	<b>Potencial de Mitigación al 2030</b>	<b>Limitantes</b>
Relleno sanitario	Municipios mayores a 50 mil habitantes. Serviría a 65% de la población nacional	17.30 MtonCO <sub>2</sub> e 50.54% respecto a la línea base 126% CND	Financieras para la elaboración de estudios, proyectos, inversiones y operación de los sitios; retraso en la actualización de la NOM 083 y falta de organismos operadores.
Termovalorización	15 zonas metropolitanas mayores a un millón de habitantes. Serviría a 30% de la población nacional.	6.27 MtonCO <sub>2</sub> e 18.32% respecto a la línea base 46% CND	Inexistencia de esta infraestructura en México, condicionada a la transferencia y adaptación técnica exitosa, falta de esquemas de financiamiento, inexistencia de normatividad para regular instalación, operación y mantenimiento.
Digestión anaerobia	17 zonas metropolitanas mayores a 500 mil habitantes, pero menores a 1 millón. 17% de la población nacional	1.82 MtonCO <sub>2</sub> e 5% respecto a la línea base 13% CND	Tecnología en la fase inicial de la curva de aprendizaje, falta de esquemas de financiamiento, ausencia de normatividad para su instalación, operación, mantenimiento y emisiones.

Fuente: elaboración propia con base en INECC-SEMARNAT (2019). sit

escasa en México, o el compostaje para los residuos orgánicos que son más abundantes, y únicamente se enfoca en el aprovechamiento energético, que es importante como mecanismo de adaptación general pero poco atinado para el sector que requiere con urgencia estrategias de mitigación. Pero también deja ver el camino por recorrer para el desarrollo de instrumentos de política pública en la

materia, como la implantación de la responsabilidad extendida al productor, incentivos para promover el reciclaje, incitar la reducción de empaques, envases y embalajes, la penalización por disposición final de residuos aprovechables, entre otros. Conviene reflexionar sobre los compromisos firmados por México en materia de acción climática, que deberían ser los principios orientadores de la



política energética y la agenda de mitigación/adaptación y desde ahí preguntarnos ¿qué dirección debería tomar el sector de los residuos? El planteamiento de una gestión de residuos orientada a la mitigación de emisiones de GEI es claro: se debe seguir la jerarquía de los residuos que privilegia la prevención, fomenta las 3R: reducir, reutilizar y reciclar, y coloca a la disposición final como última opción. En este sentido, el punto de partida debería ser impulsar la separación en la fuente y la recolección diferenciada para ampliar las alternativas a la disposición final. En este sentido, surge la pregunta ¿Por qué si el compostaje “es la opción de tratamiento biológico más común en Europa (alrededor de 95% de las operaciones de tratamiento).

El reciclaje contribuye a la mitigación, al utilizar los materiales secundarios y disminuir directamente el consumo de energía en el proceso de producción: 92% en aluminio, 90% en cobre, 87% en plástico, 68% en papel, 56% en acero y 34% en vidrio (INECC, 2020), disminuye el consumo de agua, evitar la extracción, transporte y procesamiento de materias primas. ¿A qué se debe que algunos mercados están desarrollados en México y otros no? ¿Qué organizaciones pueden fomentar los mercados? El programa de manejo integral de residuos sólidos universitarios con enfoque Basura Cero del campus Morelos de la UNAM ejemplifica cómo los grandes generadores de residuos pueden contribuir a ello.

En cuanto a la disposición final, se ha señalado que podría haber una reducción entre 10 y 15% de las emisiones globales de GEI con medidas de mitigación en los rellenos sanitarios (UNEP, 2015), por ejemplo con la extracción de gas por medio de pozos verticales o colectores horizontales, que es la medida más importante para el sector, incluso hay estudios que muestran que la mitigación por esta técnica puede llegar a más de 90% (Graziani, 2018: 42). Dijimos anteriormente que uno de cada diez sitios de disposición final tiene control de metano y únicamente en cinco rellenos sanitarios se explota para la generación de electricidad ¿por qué si hay un área de oportunidad para corregir las malas prácticas de operación que prevalecen en los sitios de confinamiento y emplear una fuente alternativa de energía no se aprovechan? Vale la pena enmendar lo errado, corregir lo que causa inconveniente.

En el sector residuos la adecuada disposición final es urgente, pero sería perverso hacer del flujo de los residuos a una fuente alternativa de energía sin intentar disminuir su generación, pues en última instancia no es el modelo energético el que nos tiene contra la pared, sino el sistema económico que lo moviliza. Cuanto más reflexionamos sobre la tecnología disponible para mitigar las emisiones para abatir el cambio climático, y profundizamos en nuestras prácticas de consumo y desecho, vamos poniendo en duda los modelos sociales que dichas tecnologías guían e inducen.

Es claro que se necesita una nueva estrategia de Estado para la gestión integral de residuos sólidos urbanos de México. Dicha estrategia debe reconstruir el marco de coordinación del poder público, estableciendo una nueva alianza entre el gobierno, los municipios y las organizaciones civiles de base comunitaria, y una amplia participación de la academia. En la actualidad dominan el campo de los residuos las redes de interacción competitiva establecidas entre actores sociales que operan, aprovechan y reproducen numerosas fallas institucionales y conflictos en todos los puntos de formación y acumulación de las corrientes de residuos. Es necesaria la investigación que permita diseñar y conducir intervenciones organizacionales y tecnológicas distribuidas que transformen el flujo lineal y centralizado de esta redes en uno cíclico, dirigido por principios más solidarios y respetuosos de los derechos humanos. En otras palabras, es necesario reformular de fondo el modelo económico de los residuos que im-

pera en el país, y acompañarlo con propuestas de reorganización de la administración, el trabajo y la participación social; de reforma legal-normativa y de reorientación de los lineamientos de la inversión pública y de la banca de desarrollo, entre otros fines, para hacer efectiva la jerarquía de los residuos en las difíciles condiciones mexicanas. También es necesario un programa de formación multinivel de capacidades públicas, colectivas y personales, y a manera de predicar con el ejemplo, establecer el Programa Basura Cero en las oficinas de todos los niveles de gobierno. Es necesaria una amplia participación de funcionarios municipales, empresas, organizaciones sociales y trabajadores formales e informales de cada uno de los sitios, e impulsar una amplia red de actividades e investigaciones académicas. La situación física y legal de los

sitios de disposición final debe revisarse profundamente, para proponer controles a la grave contaminación y abundantes emisiones de gases invernadero que provoca su mal manejo.

## Notas al pie

[1] Son menores a nivel nacional, aunque en algunas entidades federativas, como en Morelos, el sector residuos es la segunda fuente de emisiones y causa 25% del total (Morelos, 2017).

[2] El Gigagramo (Gg) de CO<sub>2</sub> es una unidad comúnmente empleada en los inventarios de emisiones, en donde se considera también equivalente a 1000 toneladas de CO<sub>2</sub>, es decir, 1 Gg de CO<sub>2</sub> = 1000 T CO<sub>2</sub> (SEMAR-NAT, 2013).

[3] Además vale la pena señalar que la quema de basura es una actividad que se practica en 14.5% de las viviendas mexicanas como mecanismo para eliminar sus residuos (INEGI, 2010).

[4] En lo que va del año se han registrado incendios en los basureros municipales de San Antonio Castillo Velasco, Oaxaca; Tapachula, Chiapas; Guadalupe, Nuevo León, Jiménez, Chihuahua; Cárdenas, Tabasco, Tlaltizapán, Morelos; San Sebastián Chimalpa, Los Reyes la Paz, Estado de México; Pololiltán, Estado de México, Comonfort Celaya, Guanajuato; Coatzacoalcos, Veracruz; Villahermosa, Tabasco; Nanchital, Oaxaca; Felipe Carrillo Puerto, Quintana Roo; en los basureros clandestinos de Chalco Estado de México y Reserva 4 de Veracruz y recientemente en el “relleno sanitario” de Tehuacán, Puebla.

[5] Entre sus justificaciones para no hacerlo se encuentran que en el camión la revuelven (58%), no les interesa o supone mucho esfuerzo (16%), no tienen espacio para almacenarla (8%), no hay centros de acopio cercanos a su domicilio (7%), no saben qué residuos separar (6%) no saben qué utilidad tiene hacerlo (3%) y desconocen dónde depositarlos (2%) (INEGI, 2017).

## Referencias

Graziani, Prieto (2018). Economía circular e innovación tecnológica en residuos sólidos: Oportunidades en América Latina, Banco de Desarrollo de América Latina, Corporación Andina de Fomento al Desarrollo. <https://scioteca.caf.com/handle/123456789/1247>

Instituto Nacional de Ecología y Cambio climático y Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2018) Desarrollo de Rutas de Instrumentación de las Contribuciones Nacionalmente Determinadas en Materia de Mitigación de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero (GYCEI) del Sector Residuos Sólidos Urbanos en México, como insumo para la Sexta Comunicación Nacional del Cambio Climático. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/461757/Residuos\\_solidos\\_urbanos.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/461757/Residuos_solidos_urbanos.pdf)

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. (2015). Compromisos de Mitigación y Adaptación ante el Cambio Climático para el periodo 2020–2030. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/162974/2015\\_indc\\_esp.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/162974/2015_indc_esp.pdf)

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. (2018). Costos de las Contribuciones Nacionalmente Determinadas de México: Medidas no condicionadas. Un ejercicio contable para analizar el costo de su implementación. <https://cambioclimatico.gob.mx/sexta-comunicacion/material/costos.pdf>

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. (2020). Metodología para la identificación y cuantificación de acciones de mitigación por el reciclaje de residuos sólidos urbanos. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/644839/102\\_2020\\_Metodologia\\_acciones\\_mitigacion\\_reciclaje\\_residuos\\_solidos\\_urbanos.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/644839/102_2020_Metodologia_acciones_mitigacion_reciclaje_residuos_solidos_urbanos.pdf)

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. (2021). Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero (INEGYCEI) 1990-2019. <https://datos.gob.mx/busca/dataset/inventario-nacional-de-emisiones-de-gases-y-compuestos-de-efecto-invernadero-inegycei/resource/798f94ba-921a-4f27-a29c-1c3d432863eb>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2010). Censo de Población y Vivienda, 2010. Viviendas particulares habitadas y su distribución porcentual según forma de desechar la basura por entidad federativa.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2017). Encuesta Nacional de los Hogares (ENH) 2017. Módulo de Hogares y Medio Ambiente (MOHOMA). Tabulados básicos Manejo de basura en los hogares.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2019). Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Demarcaciones Territoriales de la Ciudad de México 2019. Tabulados básicos.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2020). Sistema de Cuentas Nacionales de México. Cuentas Económicas y Ecológicas de México.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2021). Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Demarcaciones Territoriales de la Ciudad de México 2021. Tabulados básicos.

Morelos. Poder Ejecutivo. (2017). Estrategia para la gestión integral de los residuos del Estado de Morelos. <https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/libros2018/CD004765.pdf>

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2013). Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero 1990 – 2010. <https://www.gob.mx/inecc/documentos/inventario-nacional-de-emisiones-de-gases-de-efecto-invernadero-con-cifras-1990-2010>

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2020). Diagnóstico básico para la gestión integral de los residuos. <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/554385/DBGIR-15-mayo-2020.pdf>

United Nations Environment Programme. (2015) Global Waste Management Outlook. <https://www.unep.org/resources/report/global-waste-management-outlook>

# Colaboradores

Perspectivas Energéticas - Año 6 Número 15 Septiembre - Diciembre 2022

## Entrevista con Helena Cotler

Es investigadora miembro del Centro de Investigación en Ciencias de Información Geoespacial. Sus principales líneas de investigación son: Causas y consecuencias socioambientales de la erosión de suelos Agroecosistemas. transición agroecológica y servicios ecosistémicos Integridad y gobernanza de cuencas Evaluación de política pública ambiental.

### Introducción

#### El agua en México: administración, perspectiva de cuenca y gobernanza local

*Perspectivas Energéticas [PE].- ¿Cómo podrías describir la situación actual del agua en México desde tu perspectiva?*

Helena Cotler [HC].- He pensado bastante qué adjetivo se le puede poner. Yo diría que es crítica, que está absolutamente paralizada, que el status quo se mantiene desde hace 30 años, que las premisas de la gestión del agua no se han modificado, y eso se refleja en el presupuesto, incluyendo el del siguiente año. Buen porcentaje de este presupuesto se va para obras: para el sistema Cutzamala que se va a rehabilitar, para el acueducto del Cuchillo II, o para la Presa de la Libertad. Es decir, la mayor parte del presupuesto se asigna a obras, mientras que los sistemas de tratamiento o la provisión de agua potable tienen poco presupuesto. Y no lo hay tampoco para los órganos de concertación, para los Consejos de Cuenca o para los Comités de Cuenca, que siguen sin tener presupuesto.

Los presupuestos hablan mucho de la importancia que se les está dando a estos temas. La participación no existe en ellos mientras que privilegian mucho a las obras, y eso nos está generando un tipo de gestión de agua que construye escenarios de escasez muy fuertes, que genera conflictos socioambientales porque la calidad de agua es muy mala y

que incrementa la vulnerabilidad hacia el cambio climático global. Esta situación crítica del agua tampoco se ha modificado con los cambios al artículo 4º de la Constitución que sucedieron hace ya 9 años, y desde entonces estamos en falta. Tampoco se observa ninguna intención en

el Poder Legislativo para discutir modificaciones a la Ley General del Agua, y siguen existiendo los “millonarios de las concesiones”, como se les suele mencionar, mientras que los pueblos indígenas están ausentes totalmente de la gestión del agua. Es más: la palabra indígena no aparece en la Ley de Aguas Nacionales. Por todo lo anterior, entonces, seguimos construyendo los mismos escenarios de escasez y de conflictos.

*[PE].- Yo quería preguntarte ahí, así como de pie de página, cuando dices “millonarios de las concesiones” ¿a quiénes te refieres?*

[HC].- Hay un artículo que encuentra que 3,304 usuarios del agua concentran concesiones de agua para extraer 1 millón de metros cúbicos o más al año. Entre ellos están Altos Hornos de México, Iberdrola, Grupo México, Constellation Brand, Volkswagen, o Coca-Cola. Se trata de un estudio realizado por investigadores de la UNAM, y lo que muestran es cómo se están concentrando las concesiones de agua durante estos últimos 30 años. Acordémonos que la Ley de Aguas Nacionales se hizo en 1992 para privatizar el agua y para establecer el libre

mercado. Las concesiones del agua pueden durar hasta 30 años y pueden renovarse, entonces la concesión puede durar hasta 60 años, y esto es una forma de privatizarla. Esto es lo que estos autores plantean. Dado que el Registro Público de Derechos de Agua (REPDa) no es muy transparente, ha habido iniciativas para buscar con pinzas quién tiene realmente el agua de este país, porque no está con la nación, sino que son privados quiénes la tienen.

[PE].- *Helena, ¿tú crees que contamos con los instrumentos legales y administrativos adecuados, y entonces los problemas son de implementación? ¿o es necesario planear modificaciones a estos instrumentos en alguna dirección?*

[HC].- La Ley de Aguas Nacionales fue concebida hace 30 años, y reformada en 2004, para abrir mercados, facilitar la inversión privada y privatizar el agua. A partir del cambio al Artículo 4º de la Constitución se tendría que haber incorporado desde hace nueve años el derecho humano al agua, y sobre esto estamos en falta desde entonces. Por otro lado, hay una cooptación regulatoria. Esto lo he podido ver tanto por mi participación en las modificaciones de algunas normas, como con la Norma 015, como en lo que me han contado, como con la Norma 001. La mayoría de los que están participando en esas normas viene del sector industrial, por lo que no se permite hacer realmente cambios profundos. ¿Cómo se eligen los participantes de la Norma? Pues eso está en la CONEMAR, pero la mayoría de los que participan de la norma son del sector industrial, por lo que la regulación está cooptada.

La nueva Ley General de Aguas está absolutamente detenida en la Comisión de Recursos Hidráulicos de la Cámara de Diputados. No está ni siquiera en la agenda, en la discusión del tema de agua. También urge romper las concentraciones en las concesiones de agua. Tampoco se están implementando sanciones cuando hay incumplimiento de calidad en las descargas. Allí tenemos el caso de la cuenca del río Atoyac: no hay sanciones a pesar de los estudios de la Auditoría Superior de la Federación que han mencionado el incumplimiento año tras año de la Conagua. Y esto se debe a que tampoco hay un contrapeso ciudadano. Conagua dejó de dar financiamiento a los Concejos de Cuenca desde 2015, que más o menos cumplían esa labor, aunque deficientemente. Pero en este momento se ha cerrado completamente la participación

ciudadana de parte del gobierno. Más adelante veremos cómo se está modificando esta situación desde las bases. Es decir, ¿qué está pasando con las bases sociales ante este vacío, en el que no hay instancias de coordinación? Hoy el agua es, finalmente, un tema que moviliza, que genera conflictos, que demanda acuerdos y diálogos urgentes, y para el que faltan instrumentos legales.

Los instrumentos administrativos existentes están cooptados, y el diseño de la regulación ya no es válido. Ese diseño antes funcionó para producir la concentración de concesiones, para promover la inversión privada y para privatizar el agua. Ese objetivo se logró. Pero ahora estamos viendo las consecuencias: el país está sufriendo una grave escasez, que no es natural, sino que se construye a través de la concentración de concesiones. La escasez también se está construyendo por el mínimo tratamiento de aguas residuales que existe, y porque tampoco se está invirtiendo en los sistemas de tratamiento de agua, en los que además hay mucha corrupción. Entonces, por un lado, hay concentración de concesiones en el agua que se puede utilizar y, por otro, no se puede reutilizar el agua por la grave contaminación de los cuerpos de agua. Solo alrededor de 17% de las industrias tratan su agua residual, por lo que la mayoría descarga contaminantes que, además, no pueden tratarse por las planta de tratamiento existentes. Éstas están diseñadas para descargas domésticas, pero no para lidiar con hormonas, metales pesados, o antibióticos. Entonces lo que se tiene en la cuenca del Atoyac, por ejemplo, es la tasa de leucemia infantil más alta de todo el país. El beneficio es privado y las consecuencias son públicas. Por eso urge cambiar todos los instrumentos de gestión.

[PE].- *¿Cómo podrías describir la perspectiva de cuenca para el manejo del agua y los recursos naturales? ¿Qué tan cercana es esta perspectiva al diseño de la política ambiental actual en México?*

[HC].- La perspectiva de cuenca es necesaria porque el agua permea todas las dimensiones productivas, ambientales, urbanas y rurales. El agua nos permea a todos, y todos necesitamos el agua para absolutamente todo. Para poder entender el ciclo del agua, y ver cómo se contamina y a quiénes afecta, necesitamos un enfoque territorial, y el más adecuado es la cuenca. La cuenca es el territorio en el que confluyen los ríos y los arroyos llevando todas las

externalidades negativas, todos los impactos de las actividades que allí se desarrollan. Por eso es que habla de la cuenca hidrosocial. Es decir, podemos ver la cuenca únicamente como el ciclo hidrológico: el agua precipita, se filtra, recarga o escurre; pero cuando metemos lo social comenzamos a ver que, por ejemplo, la actividad minera está aportando metales pesados a los ríos, que la agroindustria también aporta organoclorados y metales pesados a los cuerpos de agua, o que la erosión está aportando sedimentos.

Y con eso se entiende entonces por qué los cuerpos de agua están así de contaminados. Además, a través de estas conexiones, los cuerpos de agua vinculan a poblaciones que pueden estar muy alejadas entre sí. Hay una interconexión entre lo que está pasando en la cuenca alta y lo que está sufriendo la cuenca baja. Lo podemos ver tranquilamente en la cuenca del Valle de México: ¿qué pasa en la cuenca baja cuando llueve mucho? Si en la cuenca alta todo está asfaltado ocurrirá una inundación en la parte baja. Si, en cambio, en la parte alta se pudiese infiltrar, la inundación no ocurriría. Es muy importante entender que la calidad y la cantidad del agua son indicadores de la gestión territorial. Si nosotros tenemos cuencas con muchas presas, por ejemplo, a la parte baja va a llegar muy poca agua. Por eso es que las gestiones del agua y del territorio están íntimamente relacionadas, y por eso es que la perspectiva de cuenca es importante. Lo que ha pasado en estos 30 años es que estas gestiones se han separado considerando al agua como un sector, como si fuese absolutamente independiente de lo que sucede en el territorio.

La perspectiva de cuenca no se encuentra en la política ambiental ni en el programa de ordenamiento territorial de la Ciudad de México (que está en consulta actualmente). En este último, por ejemplo, se menciona que la Ciudad de México está en una cuenca, pero no hay ninguna perspectiva de cuenca: se quiere que el área rural, con todos los asentamientos, lleguen hasta la parte alta del parteaguas, sellándolo todo, y se busca canalizar los ríos desde su nacimiento. Además, cuando se adopta la perspectiva de cuenca ocurre que todos los que están en el territorio tienen algún tipo de involucramiento en la gestión del agua, y no solamente los usuarios del agua, como sucede en el enfoque que Conagua sigue para sus

instancias de coordinación. En los Concejos de Cuenca solo participan los concesionarios y los que tienen asignaciones de agua, pero no quienes también juegan un papel fundamental en el funcionamiento de la cuenca, como los ejidos forestales o las poblaciones indígenas que se encuentran en las zonas de infiltración. La perspectiva de cuenca consiste no solamente en cómo funciona la dinámica hídrica del territorio, sino en quién está participando en la toma de decisiones.

Esta perspectiva de cuenca no existe en ninguna política actual. En el presupuesto 2023 de Semarnat, 90% va a Conagua y solo 10% queda para el resto. Esa es la mejor prueba de que se piensa que el agua viene de la llave, de la presa o de la lluvia, y que el manejo sustentable de los ecosistemas forestales o ribereños no tienen qué ver con el agua. Yo creo que la distribución de esos presupuestos tendría que ser muy distinta, no sé si al revés, pero comenzar a entender en cualquier caso que el filtrado de agua depende de los bosques, de la vegetación ribereña, o de los manglares. Se trata de voltear el presupuesto para ver que la provisión de agua depende al final de la gestión territorial. En lugar de eso, este presupuesto está diciendo “el agua viene de las presas”, y eso va a ser un problema grave. Por ejemplo, las presas que están planeando construir están en el norte del país, y los escenarios de cambio climático predicen menor precipitación para esa zona. El problema es que la disponibilidad de agua para concesionar se calcula por Conagua de manera un tanto ficticia, porque aun no es flexible ante escenarios de cambio climático. Y esto es un problema, porque si yo tengo mi concesión voy a pedir el agua a pesar de que la presa no se haya llenado. Esto sucede cuando no hay perspectiva de cuenca en ningún instrumento y cuando se piensa que el agua es un sector que se puede ver no ligado a la gestión territorial.

Conagua y solo 10% queda para el resto. Esa es la mejor prueba de que se piensa que el agua viene de la llave, de la presa o de la lluvia, y que el manejo sustentable de los ecosistemas forestales o ribereños no tienen qué ver con el agua. Yo creo que la distribución de esos presupuestos tendría que ser muy distinta, no sé si al revés, pero comenzar a entender en cualquier caso que el filtrado de agua depende de los bosques, de la vegetación ribereña, o de los manglares. Se trata de voltear el presupuesto para

ver que la provisión de agua depende al final de la gestión territorial. En lugar de eso, este presupuesto está diciendo “el agua viene de las presas”, y eso va a ser un problema grave. Por ejemplo, las presas que están planeando construir están en el norte del país, y los escenarios de cambio climático predicen menor precipitación para esa zona. El problema es que la disponibilidad de agua para concesionar se calcula por Conagua de manera un tanto ficticia, porque aun no es flexible ante escenarios de cambio climático. Y esto es un problema, porque si yo tengo mi concesión voy a pedir el agua a pesar de que la presa no se haya llenado. Esto sucede cuando no hay perspectiva de cuenca en ningún instrumento y cuando se piensa que el agua es un sector que se puede ver no ligado a la gestión territorial.

*[PE].- El vínculo que hay entre energía y agua es muy importante y de cierta complejidad en tu experiencia, ¿cuáles son los aspectos más importantes o más urgentes de dicho vínculo?*

[HC].- El vínculo es que se requiere energía para extraer agua. Y si los acuíferos cada vez están más profundos, entonces se requiere más energía para extraer el agua. En el caso de la Ciudad de México, la cantidad de energía que se requiere para traer agua desde la cuenca del Balsas, donde está el Sistema Cutzamala, es enorme. Si las fuentes de agua, sean superficiales o subterráneas, están cada vez más lejanas, entonces el uso de energía cada vez será mayor. Y si no estamos recuperando los ecosistemas que permiten aumentar la infiltración, como en el caso de la cuenca del Valle de México, entonces las fuentes de agua van a tener que ser más lejanas y, por tanto, cada vez se va a requerir más energía. Y eso nos pone en un grave problema, porque esa energía proviene en gran medida de combustibles fósiles, lo cual genera otros impactos asociados a la generación de gases de efecto invernadero y al carácter finito de sus acervos. ¿Qué va a pasar cuando dichos combustibles fósiles cada vez sean más caros, o más escasos?

¿Cómo vamos a llegar a las fuentes de agua cada vez más lejanas? El problema es que tampoco se están promoviendo las fuentes de agua locales. Ahora en soberanía alimentaria, en economía circular, se habla mucho de tener alimentos cercanos a las ciudades, pero no se está hablando igual sobre tener fuentes de agua cercanas a las unidades.

Ese es realmente el problema: que no estamos viendo la relación del agua con el territorio. Lo que se hace es como un pulpo en busca del agua: vamos a estirarnos y vamos a buscar agua dónde sea, menos en la misma cuenca a partir de la infiltración o a partir de la reutilización del agua.

*[PE].- Sé que tienes una trayectoria muy interesante trabajando en equipos multidisciplinarios en diversos ámbitos de la vida institucional y académica del sector ambiental en México. En tu opinión, ¿cuál es la importancia de la multidisciplinaria o la interdisciplinaria para comprender los problemas del agua?*

[HL].- Primero quiero aclarar que no hay “problemas del agua”, sino problemas en la gestión del territorio. El agua es nuestro indicador, y el problema está la gestión del territorio. En nuestro país, en general, no tendríamos mayores problemas con el agua si hiciéramos otro tipo de gestión del agua, otro tipo de gestión del territorio. Y claro, hemos dicho que el agua permea todo. Entonces se requieren especialistas en muchos temas: sociología, antropología, agronomía, ecología, economía... Se requieren muchos especialistas para poder entender cómo se está haciendo la gestión hidrosocial. Pero también diría que hay que ir más allá. Lo que se requiere es construir una gobernanza a nivel local en la que sean las mismas poblaciones, los mismos actores, los mismos ciudadanos, y no los usuarios, quienes puedan decidir cómo se tiene que hacer la gestión del agua. Y esto se comienza a dar en México: en función de la gravedad del problema las poblaciones comienzan a organizarse para gestionar la cuenca de diversas formas, dependiendo de los diferentes contextos culturales, sociales y políticos que hay en el país. En los valles centrales de Oaxaca, por ejemplo, se construyó una coordinadora de pueblos unidos por la defensa del agua. En muchas cuencas pequeñas se están generando comités de cuenca integrados por la población local para ver la condición socio-ambiental de la cuenca y relacionarla con la gestión del agua.

También hay juntas inter-municipales que no solamente ven el problema de la distribución del agua (recordemos que los municipios son los que tienen la función de distribuir el agua), sino que comienzan a relacionarla con la gestión del territorio. Y eso es lo interesante. También en algunas ciudades se están haciendo observatorios ciudadanos del agua para poner un contrapeso a los

organismos de agua, que son muy necesarios. En esos observatorios se analiza cómo se está haciendo la gestión del agua, cómo se está tratando el agua residual, cómo se definen los presupuestos, en que se está gastando. En el caso de la Ciudad de México, por ejemplo, hay una Procuraduría Ciudadana del Agua. Como Conagua ha paralizado las instancias de coordinación y de diálogo, entonces las pequeñas cuencas comienzan a decir “bueno, ante ese vacío, pues tenemos que organizarnos, y tenemos que ver la relación entre el territorio y el agua”. Y ahí, en esa escala local, se ve muy clara esa relación. Y así comienzan a fortalecerse estos contrapesos que, en algunos casos, ya existían pues habían aparecido a partir de movilizaciones como en la presa Parota, o en los valles centrales de Oaxaca motivados por la imposición de una veda por Conagua en la zona de los pueblos indígenas (obviamente no en la ciudad o en las grandes plantaciones). relacionarla con la gestión del agua.

También hay juntas inter-municipales que no solamente ven el problema de la distribución del agua (recordemos que los municipios son los que tienen la función de distribuir el agua), sino que comienzan a relacionarla con la gestión del territorio. Y eso es lo interesante. También en algunas ciudades se están haciendo observatorios ciudadanos del agua para poner un contrapeso a los organismos de agua, que son muy necesarios. En esos observatorios se analiza cómo se está haciendo la gestión del agua, cómo se está tratando el agua residual, cómo se definen los presupuestos, en que se está gastando. En el caso de la Ciudad de México, por ejemplo, hay una Procuraduría Ciudadana del Agua. Como Conagua ha paralizado las instancias de coordinación y de diálogo, entonces las pequeñas cuencas comienzan a decir “bueno, ante ese vacío, pues tenemos que organizarnos, y tenemos que ver la relación entre el territorio y el agua”. Y ahí, en esa escala local, se ve muy clara esa relación. Y así comienzan a fortalecerse estos contrapesos que, en algunos casos, ya existían pues habían aparecido a partir de movilizaciones como en la presa Parota, o en los valles centrales de Oaxaca motivados por la imposición de una veda por Conagua en la zona de los pueblos indígenas (obviamente no en la ciudad o en las grandes plantaciones).

A partir de esos conflictos es que se crean estas organizaciones y luego van más allá buscando mayor control en la gestión del territorio y del agua. Y entonces ahí es fundamental que estos equipos multidisciplinarios de la academia acompañen estos procesos. La academia es la que genera información: el monitoreo de la calidad de agua, entiende dónde están las zonas de recarga o cuáles son las fuentes de contaminación y, en general, tiene una visión de los problemas sociales relevantes. La academia es fundamental para acompañar estos procesos de gobernanza. En muchos casos en los que se ha logrado acompañamiento continuo en el tiempo, es porque hay una presencia de la academia o de una organización social. Hay un artículo reciente mío que estudia los procesos de gobernanza en cuencas urbanizadas[2]. Analiza cómo es que las organizaciones sociales han estado trabajando con los municipios, con el Estado, y con la población para crear gobernanza en siete cuencas urbanizadas. Algunos han impulsado ordenamientos, otros han hecho comités de cuenca, algunos más han creado observatorios. Es decir, una respuesta diversa. Y esa es una lección: la ordenación jerárquica oficial de la gestión del agua (es decir Organismo de cuenca > Consejo de cuenca > Comité de cuenca > Comité técnico de agua subterránea) no necesariamente se ajusta a que somos un país mega diverso cultural, social y políticamente, en el que las formas que puede adquirir la gestión son también diversas. Por eso es interesante ver qué está pasando en las ciudades y cómo se están relacionando con el campo, porque hay que romper con los paradigmas de los años 1970 que dictaban que el manejo de cuenca tenía que ser rural. Es cierto que el enfoque vino de los forestales, de los agrónomos, pero en este momento 70% de la población vive en la ciudad, por lo que la gestión de cuenca debe incorporar a las ciudades, y allí también los equipos multidisciplinarios serán muy importantes para fortalecer la gobernanza local.



# Colaboradores

Perspectivas Energéticas - Año 6 Número 15 Septiembre - Diciembre 2022

## Interview with Dr. Faye Duchin

Faye Duchin is Professor of Economics (emeritus) at Rensselaer Polytechnic Institute (RPI) in Troy, NY, where she also served as Dean of RPI's School of Humanities and Social Sciences from 1996 to 2002. She collaborated with Wassily Leontief for two decades on studies examining alternative scenarios for the future of the world economy and for the economy of the United States. Prof. Duchin examines prospects for achieving sustainable economic development with recent emphasis on water, food, and other resources and on technological choices especially for public infrastructure. She often collaborates with economists, engineers, and industrial ecologists to design scenarios, evaluate their implications, and to broaden and deepen both the scope of the models and the empirical content of the associated databases. Faye Duchin has served as the President of the International Input-Output Association (IIOA) and as Vice President of the International Society for Ecological Economics (ISEE). She is active in the International Society for Industrial Ecology since its inception and serves as a member of the Editorial Board of the Journal of Industrial Ecology. She was one of the founders and a managing editor of the journal Structural Change and Economic Dynamics and has authored or co-authored four books, including The Future Impact of Automation

*Energy Perspectives [EP].- Prof. Duchin, I know about your deep interests on development in the 21st century. In your perspective, what are the most important challenges that are specific for this century, and in contrast to the 20th?*

Dr. Faye Duchin [FD].- The concept of economic development focuses on the transition of economies experiencing substantial poverty, and lacking contemporary industrial technologies, to modern production facilities and improved lifestyles. A popular strategy in the middle 20th century called for governments to subsidize establishing domestic manufacturing sectors. After a period of "learning by doing," the facilities would be expected to become competitive in global markets. By 1980, the Washington Consensus argued against the early stage of government-supported import-substitution. Judging

by rates of growth of GDP, the most striking global successes have been Asian economies – Japan, Singapore, Hong Kong, South Korea, India, and China -- that have not only prospered but also become global innovators of state-of-the-art technologies. Often their transformations combined import-substitution with export-promotion, and in most cases their governments were deeply involved in supporting and overseeing not only the first but both strategies.

In the early decades of the 21st century, we face a new confluence of extreme challenges: earth system changes, global pandemic, vast economic inequalities, waves of migration, war including nuclear threat, global competition for hegemony, and autocracies displacing democracies. But we also have two historically unique opportunities to build on. First is the concept of sustainable development, originated and promoted by the United Nations, which can help shift the focus away from economic growth to stable earth systems and quality of life. (The UN's description of the Sustainable Development Goals states that they "must go hand-in-hand with strategies that improve health and education, reduce inequality, and spur economic growth [emphasis added]." I will not try here to interpret the call for growth.) Second is the widespread emergence of voluntary, well-below-replacement fertility rates, which social demographers expect to reduce population globally, and on all continents, by the end of this century and thereafter.

A contemporary conception of development needs to combine three objectives: environmental sustainability, reduced economic inequality, and changes in lifestyles. I believe that much more attention is needed for studying potential changes in consumption patterns and in lifestyles more generally. Future consumption per average household in today's developing countries can be expected to require an increase in resource inputs concurrent with a reduction in resource inputs for today's most affluent households, who are mainly concentrated in the developed countries. While modernizing production relies on technological innovations, changes in lifestyles and consumption patterns require new ideas from very different conceptual frameworks. The impact of such changes will be substantially intensified by the expectation, in coming decades, of falling populations. Discussion and debate about alternative paths for lifestyle changes in both developed and developing economies will help identify the kinds of structures, goods, and services that will be needed -- and the educational and training requirements to produce them.

*[EP].- How do you envision the link between energy and water in the 21st century? Can we distinguish the characteristics of this link for both developed and developing economies?*

[FD].- Access to safe water and access to energy are essential for sustainable development, along with access to food, for sustaining the lives of all people everywhere on the planet. Each need can be satisfied in diverse ways, depending on the local environment and resource endowments. Equally important considerations are the composition of the diet, technologies in use, effectiveness of their administration and innovation, and access to funding. The provision of food is a major user of both water and energy, and deliveries of water and energy are heavily interdependent.

Developed countries have systems already in place for delivering water and energy. However, it is clear that maintenance of these aging structures has been inadequate and, of crucial importance, that the current environmental challenges call for new system designs. Consequently, both developed countries, and developing countries lacking easy access to these necessities, have comparable challenges and interests. These include systems for delivering energy from renewable sources and management of water sources, technologies and behaviors for economizing on water withdrawals, and treatments of used water for direct reuse. Both must also consider substantial changes in the composition of diets, even though they begin from different current realities. There is a large and growing literature describing how some of these challenges are being addressed, from fieldwork in a single village to mathematical models of whole countries or the world economy. Integration of bottom-up and top-down perspectives is necessary for evaluating strategic solutions.

Each of the three domains – water, food, and energy – is sufficiently complex that we need to work out a classification of vital processes for delivering them. Water is withdrawn as H<sub>2</sub>O from a selected source, treated, delivered to users, and either recovered for reuse or discharged after a single use to bodies of water, often a river or ocean. The case for energy is more complex because there are many possible sources of fuel – including water, decomposed by electrolysis to yield hydrogen gas.

The production and delivery of food starts with farmers' choices of crops and livestock, water sources and irrigation technology, choice of fertilizers and pesticides, transport to food-processing establishments, restaurants and retail stores, followed by home preparation of meals. Production of agricultural chemicals, transport, and processing of food are particularly energy-intensive.

A second type of classification would distinguish geographic locales by attributes limiting the possibility and suitability of certain processes but not others. Such information, combined with alternative assumptions about future numbers of households and future household diets, provides realistic grounds for formulating alternative scenarios. Databases incorporating this information would make it possible to study the implications of alternative ways to satisfy future, region-specific demand subject to resource and other constraints. Outcomes would identify feasible choices among the production processes and estimate domestic jobs created, the use of water and energy, and the likely roles of imports and exports.

Multinational cooperation is currently at a low point. Deeper collaboration now among researchers with roots in different disciplines could be decisive to help inform near-term decisions for handling water, energy, and food. It could also help stimulate broader domains of cooperation.

*[PE].- I know about your deep interest in the role of infrastructure dedicated to water and sanitation. Can you describe your approach to understanding the associated challenges?*

*[FD].- Current practices for disposing of human feces are responsible for a substantial health disaster due to contamination of water sources with pathogens that spread deadly infectious diseases. The extent of the problem is intensified in this era of climatic change by changes in the global water cycle that are expected to intensify even further. In developing countries, hundreds of millions of people lack access to latrines or toilets and practice "open defecation" in outside spaces, allowing pathogens to enter water bodies. Dealing with bodily waste differently is clearly an intimate and culturally bound change of behavior for a community to accept. I recall reading about*

*what it took for a village in India to accept latrines, a decision initiated by the parents of children attending a live-in school in a nearby city. Accustomed to the school's toilets, the students avoided weekend visits home, which lacked such facilities. In response, the parents agreed to accept the latrines, and the students returned to visiting. Of course, the waste product still needs disposal.*

By contrast, access to sanitation services is virtually universal in developed countries. The dominant process requires a substantial volume of water to convey the wastes from the toilet through an underground piping system, often by a CSO, or Combined Sewage Overflow, to a wastewater treatment plant. Once the input from the CSO is cleaned to meet local standards, the treated water is typically released into a local water body. Given the increase over the last century of impermeable surfaces, and now the increased frequency and intensity of storms, the health challenges are considered sufficiently severe that a variety of strategies for moving to a different kind of system are being evaluated. Given the preponderance of aging sewage systems and uncertainty about future climate changes, more decentralized strategies for a transition, rather than a wholesale replacement of existing designs, are being considered. It is clear that copying the CSO approach is not advisable for developing countries to adopt, although some already have.

Options under discussion in the literature propose decentralized approaches based around "green infrastructure." A key idea is for urban planners to take on responsibility for the planning and design of constructed wetlands, roof gardens, and permeable pavements to facilitate absorbing, storing, and reusing stormwater flows. These systems would reduce the huge volumes of water carried by existing CSOs in developed countries, substantially increasing availability of water for other uses. These options are significantly less costly than centralized processing systems, but they require availability of land, infrastructure for transporting and handling of the wastewater, and dealing with problematic materials, such as pharmaceutical products and heavy metals as well as pathogens, in the fecal matter. Collaboration is needed to formulate alternative scenarios for the future and to create a relevant database. This activity can enable the

evaluation of potential outcomes, including land requirements, creation of jobs, water quality, potential to recover fertilizers or other useful by-products, as well as estimating funding requirements and sources.

*[PE].- I am aware of your interest in enhancing the prospects of cooperation and collaboration within the scientific community. What is your assessment on the state of things with those disciplines that you are more familiar with? What would be the future paths of scientific work to respond to the challenges of this century?*

*[FD].- For many years now I have benefited substantially from direct interaction with engineers. I have studied the implications of implementing alternative technologies, and criteria for choosing among them, in specific circumstances as well as from a national or a global point of view.*

But it becomes clear that technological innovation alone cannot keep the planet livable. We need in addition to contemplate how homo sapiens can live differently on the changing planet so as to realize fulfilling lives without further disrupting the earth systems as we know them. I think a starting point is **collaboration among social scientists**, in particular sociologists, economists, and political scientists who find this effort compelling.

That brings me to your wording: “cooperation and collaboration.” I have cooperated with some colleagues rooted in different disciplines and collaborated with others, and I agree that the difference can indeed be substantial. Cooperation requires the willingness of individuals to contribute their ideas, data, and models to be combined with those of other potential cooperators with the objective of integrating the materials. The implicit assumption is that the outcomes of one body of work will satisfy input requirements of the others. Collaborators, by contrast, are often motivated by the desire to expand the scope of their own inquiry, starting from brainstorming together to determine the priority questions to be addressed. The process will generally lead some participants to reconceptualize their own logic (or theory or model) as a basis for deriving a broader underlying logic, requiring new linkages among models, and then also to collaborate in interpreting the outcomes of the new system.

I see realizing “sustainable development” as the central conceptual objective as it combines two broad domains that have in the past been treated separately. Researchers rooted in the physical sciences have succeeded in describing likely future changes in earth systems linked to human activities, and their conclusions have been extremely valuable for understanding the changes already experienced and anticipating future prospects. Now we need collaboration among social scientists to describe how we live, and how we could live differently on the planet, taking prominently into account the anticipated future reduction in the human population. Birth rates have contracted voluntarily, starting mainly in the more affluent countries, reflecting new patterns of household composition and expanded societal roles now common for women in many societies. Social demographers expect similar movements in all parts of the globe by the end of the century.

There is reason to believe that new lifestyles would also be adopted voluntarily and not (only) in response to a survival emergency. As the urgency intensifies, we will no doubt approach a point where collaborations among physical scientists and social scientists will be necessary and fruitful.

*[EP].- Prof. Duchin, I am witness to your experienced approach to a research program that emphasizes both theory and empirical analysis. What would be your advice to young researchers and scholars sharing the interests on development on the 21st century?*

*[FD].- A promising future for homo sapiens on this planet requires both climatic stability and socioeconomic stability. Achieving these objectives requires pragmatism mixed with compassion. Compassion builds on the conviction that every person born should have the prospect for a fulfilling life, the central objective of development. The pragmatism is twofold. First, development is vital for societal stability, and second, we need not only new technologies and governance policies but also changes in how we live in order to preserve life-support systems. Development, assuming it is also “sustainable,” is the concept that can deliver these outcomes.*

Young researchers concerned about economic development are aware of the range of challenges to be addressed. I recommend reflecting on the most important research questions that are also personally the most interesting. Choosing research topics this way can be more motivating, and more rewarding, than making selections, for example, to maximize the number of publications or of citations. If the research relies on a mathematical model of one or more economies, it will necessarily be based on a body of theory about the interactions among variables. The user of a model needs to be well aware of the underlying theoretical assumptions about causal links of the results to the inputs. This is necessary to interpret the results, and it is implicitly assumed that the researcher stands behind the assumptions. Therefore, it is vital to find a satisfying model to start from, with the expectation of modifying the logic, and eventually expanding the scope of the inquiry, progress that can be valuable for the broader community and for enlarging the community.

Theoretical extension is frequently required for collaborations across discipline boundaries. One of the challenges of model-based analysis is that a mathematical model of an economy is always a substantial simplification, and the broader its scope, the more complex the chains of interdependencies among variables. The only way to avoid a “black box” calculation is to base the model on theory that can be made explicit, transparent, and compelling. Frequently one has to decide between imposing relationships that are convenient (or simply popular) and not relying on theorizing that you do not find persuasive. In this case, it is more fruitful to make some variables exogenous rather than imposing an unrealistic relationship.

Over the past several decades, the number and the coverage of economic databases have expanded substantially, often now including significant detail on resource inputs and environmental impacts. Compilation of extended databases is generally a response to active researchers’ pointing out the need for them. One can use illustrative (i.e., hypothetical) data in the meantime to illustrate the value of the new model extensions. My advice is: be ambitious and be bold – there is a lot of vital work left to do!

# Seguimiento a política energética de México

Perspectivas Energéticas - Año 6 Número 15 Septiembre - Diciembre 2022

**Dra. Cyntia Berenice Molina**  
**Lic. Samuel Mendoza**

El aumento de los precios de bienes de consumo provocado por el incremento del precio de los energéticos es un problema mundial. En el segundo trimestre del año la inflación afectó los procesos productivos de diversas actividades económicas y la economía de los hogares. Esta situación, además, ha sido exacerbada por tensiones geopolíticas y eventos climáticos en diversas regiones del mundo.

En México, durante el mes de mayo, el Índice Nacional de Precios al Consumidor (INPC) creció 0.18% respecto a abril, ubicando en 7.65% la inflación general anual (INEGI, 2022)[1]. Ante esto, una medida del gobierno federal para contener la escalada de precios fue incrementar el estímulo fiscal al Impuesto Especial sobre Producción y Servicios (IEPS) a las gasolinas que, para finales de agosto, había acumulado erogaciones por \$292,800 millones de pesos.

En el sector energético, el gobierno federal celebró la inauguración de la primera fase de la refinería “Olmeca” en el municipio de Dos Bocas, Tabasco.

En agosto, por decreto presidencial se creó la empresa estatal LitoMx, que tendrá a su cargo el monopolio de explotación del litio.

En el contexto internacional, el continuo aumento en el precio de los hidrocarburos y las consecuencias para el mercado de energéticos del conflicto Rusia-Ucrania fueron los focos de atención.

## Entorno nacional

En mayo se presentaron los resultados de las utilidades que corresponden al primer trimestre para Petróleos Mexicanos (Pemex), reportando \$122,493 millones de pesos. Este resultado positivo de utilidades se atribuyó a diversos factores, como: la operación de la refinería Deer Park—adquirida en enero del presente año—, el aumento continuo en el precio de los hidrocarburos —como consecuencia de la invasión de Rusia a Ucrania— y una mejor posición del peso frente al dólar.

Las cifras presentadas en mayo indicaron que, en el primer trimestre, Pemex reportó ingresos por venta de gasolina de \$136,303 millones de pesos. Esto representó un aumento de 62% en comparación con los \$84,114 millones de pesos que la estatal obtuvo por este concepto en el primer trimestre de 2021.

El resultado obtenido para el primer trimestre de 2022 es el mejor en ingresos por venta de gasolinas en una década. Éste podría ser un indicativo de mejora en las finanzas de la empresa petrolera estatal; cabe recordar que, en 2021, se reportaron pérdidas por \$224,363,000 pesos.

Contrario a las cifras positivas de utilidades que reportó Pemex, la Comisión Federal de Electricidad (CFE) informó al Congreso de la Unión que en 2021 tuvo una pérdida de \$106,260 millones de pesos. Este resultado se obtuvo pese al aumento del 12% en los ingresos totales, debido principalmente a la venta de energía del sector industrial y al sector doméstico, y al incremento de casi un millón de nuevos usuarios.

A pesar de las cifras positivas obtenidas durante el primer trimestre, el panorama financiero para Pemex aún es incierto, sobre todo en el tema de su deuda. Si bien en julio Pemex anunció la reducción de su deuda con proveedores y contratistas por \$40,298 millones de pesos (ya que sus deudas de 2020 se liquidaron por un monto de \$238,282 millones de pesos y los adeudos de 2021 fueron pagados por un monto de \$210,533 millones de pesos), el remanente de su deuda asciende a \$34,771 millones de pesos.

Como resultado del nivel de deuda y las cifras reportadas en concepto de utilidades durante el primer trimestre de 2022, en julio, Standard & Poor's pasó la perspectiva de Pemex de negativa a estable, pero mantuvo su evaluación sobre el riesgo de deuda en BBB. No obstante, Moody's bajó la calificación de Pemex de Ba3 a B1, ubicando la deuda de la estatal como "altamente especulativa". Estas calificaciones respondieron a los "altos" vencimientos de deuda, además de su impacto y gobernanza ambiental "muy negativo", ya que Pemex se propuso la emisión de 22.99 toneladas de dióxido de carbono por millón de barriles de petróleo crudo equivalente (tCO<sub>2</sub>/Mbpce), pero sus emisiones alcanzaron 44.81 tCO<sub>2</sub>/Mbpce. Moody's también redujo la calificación de la Comisión Federal de Electricidad (CFE), de Baa2 a Baa1 y cambió su perspectiva de negativa a estable.

En septiembre, Standard & Poor's descartó una afectación en la nota soberana de México debido a la posibilidad de no cumplir el 3% de crecimiento; no obstante, destacó que entre los factores que podrían afectar la calificación soberana serían los apoyos del gobierno a Pemex y CFE.

Recientemente, Fitch Ratings otorgó la calificación de BB- a Pemex, porque, de acuerdo con la calificadora, la empresa estatal "enfrenta una montaña de vencimientos en un entorno de tasas más altas que reducirá aún más su rentabilidad y capacidad para invertir de manera efectiva. Esto presionará al gobierno para que brinde más apoyo a través de una inyección de capital o para que reduzca su participación en la empresa".

Por otra parte, Pemex anunció el quinto recorte de su meta de producción petrolera para 2022. La nueva estimación de extracción promedio anual fue de 1,827 millones de barriles diarios; es decir, un recorte de 22,000 barriles respecto a la meta trazada en 2021 de 1,944 millones de barriles diarios. En atención a las metas de producción de petróleo, BBVA México señaló que éstas siguen siendo un reto para Pemex, debido a que no existen descubrimientos de campos petrolíferos importantes. Con la nueva meta trazada, los 30 nuevos campos de Pemex tendrían que producir en promedio 378,000 barriles diarios para lograr una producción de 1,849 millones de barriles diarios. Por ello, BBVA advirtió que se necesitará una mayor inversión en las actividades de exploración y producción.

Ante este panorama, el Consejo de Estabilidad del Sistema Financiero, presidido por el secretario de Hacienda y Crédito Público, Rogelio Ramírez de la O, actualizó su balance de riesgos y retos para estas empresas estatales mexicanas. Se reconocieron como riesgos externos la tensión geopolítica Rusia-Ucrania y las presiones inflacionarias globales, mientras tanto, como riesgos internos, los ajustes en las calificaciones crediticias, soberanas y de Pemex/CFE.

En otro orden de ideas, en mayo se informó una reevaluación del proyecto de la Refinería Olmeca, en Dos Bocas, Tabasco, debido a la falta de recursos. Esta medida pudo comprometer el proyecto y su puesta en marcha, porque canceló el ramal de 98 km. que conectaría la Refinería con la estación Chontalpa, y prescindió de la construcción e instalación de las dos monoboyas donde los barcos cargarían y descargarían el petróleo y sus derivados. La erogación de recursos reportada en mayo en la refinería ascendió a 9,000 millones de dólares, quedando pendiente una inversión de 5,000 millones de dólares adicionales para concluir la fase mecánica de la refinería en agosto de 2023.

En julio se inauguró la fase de prueba de la refinería. El gobierno enfatizó que este proyecto ampliaba la infraestructura del Sistema Nacional de Refinación y avanzaba hacia el cumplimiento de uno de los objetivos plasmados en su plan de gobierno. Se prevé que la refinería tenga una capacidad de procesamiento de 340 mil barriles de petróleo crudo diarios.

En otro tema de importancia, entre mayo-junio, la Comisión Nacional de Hidrocarburos (CNH) aprobó cambios a dos programas de evaluación y exploración de Pemex: AE-0154-2M-Chalabil y AE-0151-M-Uchikil y el campo Pokche. Estas modificaciones obedecieron a que los trabajos previos en estas asignaciones no fueron exitosos.

Por su parte, entre julio-agosto, la CNH aprobó a Pemex programas de evaluación, inversión y perforación de diversos campos y pozos, entre ellos:

- Campo Chuichapa: ubicado entre Veracruz y Tabasco, se realizará un periodo adicional de exploración para evaluar potencial petrolero.
- Campo Kax: ubicado entre las costas de Tabasco y Campeche, se invertirán 135 millones de dólares para recuperar 81 mil barriles de petróleo y 1.71 millones de pies cúbicos de gas.
- Campo Kela: ubicado entre Veracruz y Puebla, se definirá la continuidad lateral y vertical del yacimiento.
- Campo Kutz: ubicado en Campeche, se invertirán 94.87 millones de dólares para realizar siete taponamientos de pozos, desmantelamiento de una plataforma y recuperar 50 mil barriles de petróleo y 2.81 millones de pies cúbicos de gas.
- Campo Kuun: ubicado en Veracruz, para extraer aceite negro de 25.9°API.
- Campo Och: ubicado entre las costas de Tabasco y Campeche, se perforarán y taponearán dos pozos para recuperar 31.72 millones de barriles de crudo.

- Campo Xale: ubicado entre Veracruz y Tabasco, se perforará un pozo para extraer aceite ligero de 31-32° API.

- Pozo Kela: ubicado en Veracruz, perforación para determinar la comercialidad del área y reclasificar los volúmenes de hidrocarburos.

- Pozo terrestre Platao: ubicado en Tabasco, se perforará un pozo extraer aceite ligero.

También debe señalarse que Pemex asumió la operación de la Unidad Flotante de Producción, Almacenamiento y Descarga Yúum k'ak'náab, “El señor del mar”, tras terminar el contrato de arrendamiento financiero que comenzó en 2007 con BW Offshore.

Pero, así como ocurrieron estas aprobaciones, la CNH multó a Pemex con 40 millones de pesos por la quema excesiva de gas natural en el campo Ixachi, Veracruz, y le negó su plan de extracción en el campo Quesqui, Tabasco, debido a que la “alternativa de desarrollo muestra un grado de definición técnico bajo, lo cual representa un alto riesgo e incertidumbre para el éxito del proyecto”, según el análisis técnico de la CNH. Sobre la CFE, en julio se dieron a conocer dos alianzas con la iniciativa privada. La CFE tendrá una participación accionaria, la cual asciende a 7,200 millones de dólares, en la construcción de un gasoducto marino con TC Energía, desde Tuxpan hasta Coatzacoalcos, Veracruz, y una planta de licuefacción de gas natural con New Fortress Energy, en Baja California Sur. A ello se suman los nuevos proyectos de generación eléctrica, dados a conocer en mayo. La CFE informó que, en 2024, entrarán en operación las centrales de ciclo combinado “El Sauz II” y “Salamanca”. Ambos proyectos representan una inversión conjunta de 918.8 millones de dólares, aportando una capacidad adicional de 1,188 megawatts (MW).



Respecto a los permisos de generación de energía eléctrica, la Comisión Reguladora de Energía (CRE) rechazó el permiso para generación de energía a dos empresas del sector privado: Energía Solar Xonacatlán e Igsabil, en sintonía con la negativa de otorgar permisos de generación a empresas privadas desde hace 11 meses.

Posterior a la inauguración de la fase de prueba de la Refinería Olmeca, el presidente Andrés Manuel López Obrador se reunió con su homólogo estadounidense Joe Biden en la Casa Blanca. En esta ocasión, el mandatario mexicano le ofreció a Biden más de mil kilómetros de ductos para transportar gas natural desde Texas a Nuevo México, Arizona y California; asimismo, se acordó con empresarios estadounidenses la inversión de 40,000 de dólares en ductos, plantas de licuefacción, fertilizantes y extracción de gas con Pemex y CFE.

En relación con la reforma de la Ley Minera aprobada en abril de este año, por decreto presidencial, se creó la empresa estatal LitoMx, la cual se encargará de explotar el litio. Expertos en energía han dicho que su extracción podría tomar 20 años.

Para cerrar, en el cuatrimestre mayo-agosto, la inflación en México ha alcanzado niveles no vistos en 20 años y una de las medidas aplicadas para contenerla ha sido el control del alza en el precio de los combustibles. La Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP) elevó el estímulo fiscal al Impuesto Especial sobre Producción y Servicios (IEPS). La primera semana de mayo este estímulo alcanzó un valor de \$15,400 millones de pesos. En agosto del presente año, el Servicio de Administración Tributaria (SAT) informó que los estímulos fiscales totales aplicados a las gasolinascienden a \$292,800 millones de pesos.

### Entorno internacional

Los precios del petróleo han mostrado mucha volatilidad. En mayo, los precios del WTI y Brent se ubicaron por debajo de los 100 dólares por barril. Esto fue una respuesta a los confinamientos por coronavirus en China y el creciente riesgo de recesión. En junio, el precio del petróleo aumentó debido a la baja en los inventarios de crudo en Estados Unidos. El Brent subió hasta 117.67 dólares por

barril y el WTI se fijó en hasta 116.87 dólares por barril.

En julio, nuevamente se experimentó una caída en el precio del crudo, siendo las causas principales, las preocupaciones de una baja en la demanda ante una desaceleración económica, una mayor oferta por parte de los países productores y el confinamiento por COVID-19 en China. El WTI se fijó en 96.14 dólares por barril y el Brent en 99.5 dólares por Barril. En agosto, para finalizar el cuatrimestre, se registró el peor desempeño mensual en los precios del crudo desde noviembre de 2021. Esto obedeció a la incertidumbre económica sobre una posible recesión mundial y las elevadas tasas de interés que registran los bancos centrales para contener la inflación. El WTI registró un precio de 89.3 dólares por barril y el Brent se cotizó en 95.48 dólares por barril.

Por otra parte, una comisión del Senado de Estados Unidos aprobó un proyecto de ley que podría exponer a los países productores de petróleo de la Organización de Países Exportadores de Petróleo y sus socios (OPEP+) a demandas por colusión y el posterior aumento en los precios del crudo. Si bien, en los últimos 20 años este tipo de iniciativas ha fracasado, en la actualidad, la visión podría cambiar, los legisladores están cada vez más preocupados por el aumento de la inflación provocado por el incremento en el precio de la gasolina estadounidense. El proyecto de ley debe ser aprobado por el pleno del Senado y la Cámara y firmado por el presidente Joe Biden para convertirse en ley. El proyecto de ley fue introducido y se encuentra en comisiones; sin embargo, a la fecha no ha avanzado.

Por otro lado, uno de los asuntos con mayor cobertura a nivel internacional fue la política energética mexicana y el Tratado entre México, Estados Unidos y Canadá (T-MEC). Muestra de ello es que, primero, el senador republicano Billy Cassidy promovió una petición ante el Senado de Estados Unidos para que las demandas de inversionistas estadounidenses en el sector energético mexicano sean una prioridad para el gobierno vecino. De acuerdo con la petición, México no está respetando el T-MEC, al limitar la importación y exportación de combustibles entre ambos países con el propósito de favorecer la industria energética mexicana. La moción fue aprobada por el Senado y se unió a los llamados de otros legisladores y empresarios

estadounidenses para detener la política energética impulsada por el gobierno mexicano.

Posteriormente, Estados Unidos, mediante su Oficina del Representante Comercial (USTR, por sus siglas en inglés), solicitó consultas para la solución de disputas con México, promoviendo la adhesión inmediata de Canadá a las mismas. El motivo expuesto es que la política energética actual contraviene los compromisos de México en el T-MEC sobre acceso a mercados y protección de inversiones. En particular, Estados Unidos y Canadá denuncian:

- La Ley de Electricidad de 2021, la cual prioriza las plantas de la CFE sobre las fuentes eólica y solar, cuyos proveedores son privados.
- Denegaciones y revocaciones de diversos permisos a empresas privadas para la venta minorista de gasolina.
- Autorización de la CRE para ampliar, hasta 2025, la reducción de azufre en el diésel comercial (de 500 a 15 partes por millón) de Pemex.
- Decisión de la Secretaría de Energía (SENER) de otorgar ventajas a Pemex y CFE en el uso de la red de gasoductos y obligación de las empresas privadas de comprarles gas natural a estas dos empresas estatales.

Respecto a estas controversias, el 20 de julio, el presidente López Obrador dijo en la conferencia matutina: “no va a pasar nada y tampoco vamos a ceder, el T-MEC no puede afectar nuestra soberanía”.

Ante las especulaciones de una posible salida del T-MEC durante las semanas siguientes, el jefe del Ejecutivo federal lo descartó. “Nos necesitamos mutuamente”, afirmó el 26 de agosto. “Tenemos que cuidar nuestra buena relación con EUA, pero no nos pueden tratar como una colonia”, insistió.

No obstante, expertos en política energética y economistas internacionales han dicho que las consultas sobre el T-MEC y las respuestas por parte de México generan incertidumbre y desconfianza en la economía mexicana. Y en caso de una resolución desfavorable para México, una de las consecuencias sería la aplicación de aranceles

compensatorios que se traducirían en presiones sobre la balanza de pagos, advirtió el Banco de México.

El origen de las denuncias por parte de Estados Unidos y Canadá se refiere a los aspectos de política energética que México está impulsado y que contravienen a lo establecido en el T-MEC. De acuerdo con el país vecino del norte, la política energética mexicana está perjudicando a las empresas estadounidenses en México y a la energía producida en Estados Unidos, principalmente las empresas del sector eléctrico argumentan que son discriminadas al privilegiarse a la CFE y obstaculizar sus permisos para operar en el sector.

Finalmente, a pesar de las opiniones en contra y denuncias sobre la política energética mexicana, es importante señalar que en 2021 el valor del comercio de energía entre Estados Unidos y México alcanzó el máximo en los últimos nueve años, así lo destacó la Oficina de del Censo de Estados Unidos. Este resultado es contrario a lo que el país vecino puede señalar e indica una mayor dependencia de México respecto a los energéticos estadounidenses. El valor de las exportaciones energéticas de Estados Unidos a México ascendió a 42,000 millones de dólares en 2021, mostrando claramente un beneficio para el país del norte.

### Notas al pie

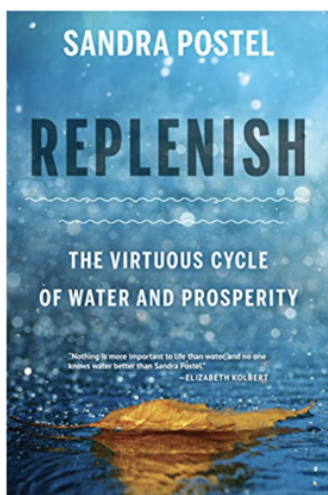
[1] Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2022). Comunicado de prensa núm. 319/22. Índice Nacional de Precios al Consumidor, mayo de 2022. Disponible en: [https://www.inegi.org.mx/contenidos/salade-prensa/boletines/2022/inpc\\_2q/inpc\\_2q2022\\_06.pdf](https://www.inegi.org.mx/contenidos/salade-prensa/boletines/2022/inpc_2q/inpc_2q2022_06.pdf)

# Perspectivas recomienda

Perspectivas Energéticas - Año 6 Número 15 Septiembre - Diciembre 2022

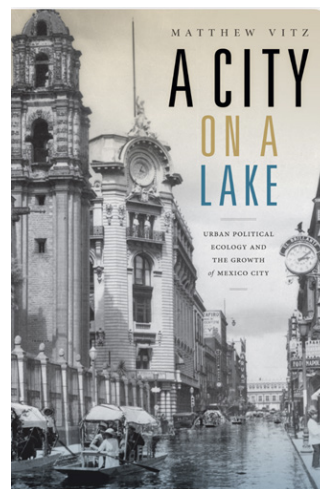
**Postel, S. (2017). Replenish: The virtuous cycle of water and prosperity. Island Press.**

Sandra Postel, directora del Global Water Policy Project, tiene una larga trayectoria estudiando a la sociedad contemporánea desde su dimensión hídrica. En este libro, Postel reconoce que los enfoques que han sido históricamente convencionales para el manejo y administración del agua, caracterizados por la planeación central de obras de infraestructura de gran tamaño, ya no son adecuados en una época de cambio climático y degradación ecológica. Este libro intenta articular una narrativa alrededor de distintas soluciones a la problemática del agua que Postel ha observado en diferentes partes del mundo a lo largo de su carrera, tanto para el ciclo urbano del agua como para su relación con los ecosistemas.



**Vitz, M. (2018). A city on a lake: Urban political ecology and the growth of Mexico City. Duke University Press.**

Pocas metrópolis en el mundo tienen una relación tan característica con el agua como la Ciudad de México. Mientras que el pasado lacustre es conocimiento común, incluyendo sus constantes recordatorios que precipitan cada año de forma cada vez más “atípica”, hay menos claridad en la compleja relación que existe entre política, desigualdad, azar y agua. Dicho de otra manera: resolver los problemas del agua no es un asunto meramente técnico, sino específicamente político, y la concreción política se aprende bien estudiando la historia. Basado en su investigación doctoral, este libro de Matthew Vitz resulta de mucho interés para quien quiera entender mejor la complejidad hídrica del Valle de México, además de ver en su lectura las muchas lecciones que guarda la historia ambiental, por lo demás uno de los campos académicos más fuertemente sub-representados en la parcelación disciplinaria de las universidades de nuestros días.



Invitamos a nuestros lectores a seguirnos en todas nuestras redes sociales para mantenerse al tanto de los futuros eventos y publicaciones del Programa de Energía

## SÍGUENOS EN NUESTRAS REDES SOCIALES



[facebook.com/programaenergiamex](https://facebook.com/programaenergiamex)



[@energiacolmex](https://instagram.com/energiacolmex)



[@EnergiaColmex](https://twitter.com/EnergiaColmex)



PROGRAMA DE  
ENERGÍA

**Se renueva  
para ti**

*Perspectivas Energéticas*

**Programa de Energía  
El Colegio de México**

**Publicación Cuatrimestral**

**Coordinadores editoriales: Diego Casar, Jesús Gabriel González,  
Yesenia Cruz, Nain Martínez  
septiembre 2022**

**Contacto: [perspectivas.energet@colmex.mx](mailto:perspectivas.energet@colmex.mx);  
[programaenergia@colmex.mx](mailto:programaenergia@colmex.mx)**

Sitio web del Programa de Energía  
<https://programaenergia.colmex.mx/>

Sitio web Perspectivas Energéticas  
<https://programaenergia.colmex.mx/index.php/publicaciones/perspectivas-energeticas>

Sitio web Foro Energético  
<https://programaenergia.colmex.mx/index.php/publicaciones/foro-energetico>

Perspectivas Energéticas Programa de Energía El Colegio de México Año 6, Número 15 - Es un publicación cuatrimestral de agosto de 2022 a diciembre de 2022. Esta es una publicación electrónica de difusión gratuita editada por El Colegio de México, A.C, Camino al Ajusco 20, Pedregal de Santa Teresa, Tlalpan, CP 10740, Ciudad de México. Contacto: [programaenergia@colmex.mx](mailto:programaenergia@colmex.mx). Editores responsables: Diego Casar, César Martínez, Nain Martínez y David Maravilla. Reservas de Derechos al Uso Exclusivo núm. 07 -2018-0930104909900-203; ISSN en trámite, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Digitalización: Tania Ochoa. Arquitectura de la información; Coordinación de Servicios de Cómputo de El Colegio de México, A.C. Camino al Ajusco 20, Pedregal de Santa Teresa, Tlalpan, CP 10740, Ciudad de México. Última modificación: 9 de noviembre de 2022. El contenido de los artículos publicados es responsabilidad de cada autor y no representa el punto de vista de El Colegio de México, A.C. Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación, sin previa autorización de El Colegio de México., A.C.