

# TANTALUS

REVISTA DE ECONOMIA DE LOS RECURSOS NATURALES

Planeación Estratégica  
Situacional y Gobernanza del Agua

Abastecimiento de Agua a la Industria  
pesquera de Manta, Manabí, Ecuador

Agua Virtual de los Productos  
Agrícolas Mexicanos

Calidad del Agua y  
Enfermedades Diarreicas

Economía del agua  
de uso doméstico

Índice de Desempeño  
en el Suministro de  
agua potable

DICEMBRE 2017  
VOLUMEN 1 NO.1



# INDICE

**PLANEACIÓN ESTRATEGICA SITUACIONAL Y GOBERNANZA DEL AGUA.** Américo Saldivar

2

**ABASTECIMIENTOS DEL AGUA A LA INDUSTRIA PESQUERA DE MANTA, MANABI, ECUADOR.** Elvira Rodríguez

11

**AGUA VIRTUAL DE LOS PRODUCTOS AGRÍCOLAS MEXICANOS.** Miguel Cervantes

17

**CALIDAD DE AGUA Y ENFERMEDADES DIARREICAS.**

Gabriela Moeller, Catalina Ferat

26

**ECONOMÍA DEL AGUA DE USO DOMÉSTICO.**

Margarita Ferat

40

**ÍNDICE DE DESEMPEÑO EN EL SUMINISTRO DE AGUA POTABLE.** Adriana Caballero

52

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
**Enrique Graue Wiechers**  
RECTOR

**Leonardo Lomelí Vanegas**  
SECRETARIO GENERAL

**Leopoldo Silva Gutiérrez**  
SECRETARIO ADMINISTRATIVO

**FACULTAD DE ECONOMÍA**

**Eduardo Vega López**

DIRECTOR

**Rosa Carmina Ramírez Contreras**

SECRETARIA GENERAL

**Porfirio Díaz Rodríguez**

SECRETARIO ADMINISTRATIVO

**Lic. Juan Puig Llano**

COORDINADOR DE PUBLICACIONES

**Dr. Benjamín García Páez**

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE ECONOMIA, UNAM  
DIRECTOR TANTALUS

## Consejo Editorial

Alejandro Amador del Prado (Instituto de Química, UNAM); Elvira Bernardita Rodríguez Ríos (Facultad de Economía, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, ULEAM. Manta, Ecuador); Ernesto Ezequiel Abraham Tarrab † (División de Estudios de Posgrado, Facultad de Economía, UNAM); Jorge Ricardo González Castillo (Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú); Margarita Ferat Toscano (División de Estudios de Posgrado, Facultad de Economía, UNAM); Ricardo Arriaga Campos (Facultad de Economía, UNAM)

## Estudiantes

Alejandro Vergara Vargas (Facultad de Ingeniería, UNAM); Brenda E. Romero López (Facultad de Economía, UNAM); Citlalli V. Villalobos Hernández (Facultad de Economía, UNAM); Evelyn Hernández Melchor (Facultad de Economía); Helena Marina Canudas Madrigal (Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, UNAM); Jesús Rubén Gudiño Alvarado (Facultad de Filosofía y Letras, UNAM); Luis E. González Pérez (Facultad de Economía, UNAM); María del Rocío Alejo Salinas (Facultad de Ciencias, UNAM); Marina García Gómez (Facultad de Filosofía y Letras, UNAM); Montserrat Ruiz Hernández (Facultad de Economía, UNAM); Nancy Verónica Salas Sánchez (Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila).

## Diseño Editorial y Programación

Fernanda Figueroa Rodríguez; Claudio Rodríguez Álvarez; Jimena Olguín Blanco; Omar Hernández Rodríguez.

Tantalus Vol. 1, No. 1, diciembre 2017, ISSN en trámite, es una publicación semestral editada por la Facultad de Economía UNAM (dirección). Responsable directo: Benjamín García Páez. Reserva de Derechos al uso exclusivo Tantalus PE-310116. Otorgado por la Facultad de Economía. Esta edición terminó de imprimirse el 8 de diciembre de 2017. Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de publicación. Queda estrictamente prohibido la reproducción parcial o total de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización de la Facultad de Economía UNAM.

# TANTALUS

REVISTA DE ECONOMIA DE LOS RECURSOS NATURALES

Con la publicación del No. 1 de Tantalus, la revista de economía de los recursos naturales de la Facultad de Economía, UNAM, se adquiere el compromiso institucional de, por un lado, servir de interface entre nuestra disciplina y las demás disciplinas –técnicas, sociales y de la vida-, que incorporan en sus actividades sustantivas a la renovación ambiental y la preservación de recursos naturales y, por el otro lado, comunicar tanto prácticas docentes y resultados de investigación académica, teórica y empírica, que permitan conocer mejor los efectos de la operación del sistema económico sobre la naturaleza, como las opciones de políticas públicas para la superación efectiva de ineludibles externalidades negativas, pero sin dejar de aumentar el potencial de crecimiento económico.

En la medida que intentos por relacionar principios económicos abstractos y el mundo concreto sólo desde la Economía, a lo único que lleva es al planteamiento de puntos de vista parciales sobre problemáticas interdisciplinarias, Tantalus hará un permanente esfuerzo para lograr una integración disciplinaria en pro del objetivo común de protección al ambiente y de los recursos naturales. De suyo, el simple cumplimiento de este objetivo justificaría la creación de una revista. Pero no es lo único que aspiramos.

Bajo la óptica del trabajo interdisciplinario con acento económico, Tantalus, pretende insertar sus tareas de difusión de conocimientos e ideas, las implicaciones de la Cuarta Revolución Industrial (CRI) ya en marcha que, a diferencia de las anteriores revoluciones industriales -todavía en desarrollo en muchas partes del mundo-, se caracteriza por la convergencia de los mundos físicos, digital y biológico y ofrece alternativas para que la humanidad alcance grandes logros en la eficiencia y el uso de los recursos, acelere su tránsito de una economía circular a una nueva economía des-carbonizada y con capacidades para recuperar y regenerar el entorno natural mediante el uso de tecnologías y el diseño de sistema inteligentes, sin demérito de continuar con el uso de políticas fiscales y monetarias y de una educación que agrande y fortalezca la conciencia ambiental social.

En ese empeño, desde las páginas se intenta contribuir a evitar la disrupción potencial de las mega-tendencias subyacentes en la CRI que pudiera, si no actuamos ya, postergar el diseño deseable de un sistema económico reparador, regenerativo y productivo. Por lo tanto, no es fortuito que el primer número se dedique al tema del agua, elemento vital y que a nivel mundial enfrenta retos inconmensurables para ciertas regiones por su desproporcionada carencia, mediante la selección de los mejores trabajos presentados en el seminario de Economía del Agua y Desarrollo Sustentable celebrado en junio 1 - 2, 2017 en la Facultad de Economía, que reunió a connotados especialistas, académicos, funcionarios públicos y miembros del sector empresarial para analizar la relación sana entre economía y naturaleza en materia hídrica.

Finalmente, además de dar la bienvenida a nuestros apreciables lectores, extendemos nuestro agradecimiento a la Dirección General de Asuntos Académicos, UNAM, por los recursos asignados al proyecto PAPIIME 310116 que hizo posible la conjunción de diversas capacidades y motivaciones universitarias para crear la presente Revista.

Ciudad Universitaria, UNAM, CDMX, Diciembre 2017.

Dr. Benjamín García Páez

# PLANEACIÓN ESTRATÉGICA SITUACIONAL, UNA VISIÓN HOLÍSTICA PARA POLÍTICAS PÚBLICAS, LA ASEQUIBILIDAD Y GOBERNANZA DEL AGUA<sup>1</sup>

## STRATEGIC SITUATIONAL PLANNING, A HOLISTIC VISION FOR PUBLIC POLICIES, WATER AFFORDABILITY AND GOVERNANCE

Dr. Américo Saldívar V.<sup>2</sup>

*“La planificación moderna es, o debiera ser la principal herramienta de trabajo del político. Pero éste no sabe que no sabe. Por tanto no puede aprender”* Carlos Matus.

*“Los pequeños actos que se ejecutan son mejores que todos aquellos grandes que se planean”.*  
George E. Marshall.

### ABSTRACT

This paper joins the debate about the right measures to cope with the increasing scarcity of potable water. Different prices has been proposed and implemented to increase the supply of water - from reducing system leaks in water pipelines, to treatment of waste water that can be used for agricultural and landscape irrigation or for industrial processes. Given that most of these measures requires expensive investment in infrastructure, demand-oriented policy measures aimed at reducing the use of potable water are increasingly seen as a necessary complement to the supply - oriented policies. In this perspective, the paper discusses several schemes to determine prices for measured water, emphasising the advantages of an increasing block tariff scheme where consumers pay different amounts accordingly consumption levels. Likewise, water industry is modelled as a natural monopoly, the conditions where the market met allocative efficiency is established in such a way that regulations ensure that the monopolist does not abuse its market power and overcharge consumers.

### RESUMEN

Este ensayo se une al debate sobre medidas eficaces de enfrentar la escasez relativa de agua confiable de beber. Comúnmente las medidas propuestas buscan aumentar la oferta hídrica—desde reducir filtraciones en la tubería, hasta el tratamiento de aguas negras para utilizarse en irrigación agrícola, jardines y en proceso industriales. Sin embargo, debido a que ello requiere alta inversión, aquí se proponen políticas orientadas demanda-orientadas tendientes a reducir el uso de agua potable como un complemento necesario de las primeras. Así, el ensayo discute modelos para determinar precios hídricos y pondera favorablemente las ventajas del esquema tarifario en bloques donde se paga conforme el volumen consumido. Asimismo, las empresas de agua se modelan como monopolios naturales, se establecen condiciones en que logra la eficiencia asignativa y se describe como una regulación eficaz asegura que las compañías no abusen de su poder monopólico elevando excesivamente los precios a los usuarios.

## GOBIERNO Y PLANIFICACIÓN

La economía de los recursos naturales y del medio ambiente ha ido ganando cada día más terreno dentro de las ciencias económicas, sobre todo por el creciente interés y preocupación de los países en establecer un manejo más eficiente de los recursos de que disponen. Las presiones, conflictos y tensiones ambientales son ahora fenómenos que aparecen con mayor frecuencia en todos los sistemas económicos, independientemente de la ideología política, de los más pobres a los más ricos. La depredación y degradación ambiental de los recursos naturales cada día es más severa y supone importantes riesgos para la salud, tanto en los sectores urbanos como en los rurales, afectando particularmente a los más pobres.

En nuestro país se presenta un escenario de políticas públicas bastante amplio, en parte basado en la visión garantista del Estado contenida en la Constitución de 1917, donde el Estado asume el rol de tutelar el manejo y usufructo de los recursos naturales fundamentales, lo cual se manifiesta en una serie de derechos, reformas y garantías de nueva data. Adicionalmente, de manera más reciente se ha presentado oficialmente la Estrategia o el Programa Nacional de Cambio Climático, en relación al tema ambiental y, en particular, en relación al Cambio Climático (CC). Con todo, se destacan brechas significativas entre los ordenamientos constitucionales y legales y su aplicación a fin de frenar y reducir los impactos ambientales negativos en el país<sup>3</sup>, provocados básicamente por las actividades productivas y el consumo.

Con la aprobación de preceptos constitucionales, el espectro de protección ambiental de parte del Estado se amplía al incorporar los derechos de la Naturaleza, el derecho humano al agua y al incluir algunos principios y disposiciones en materia procesal en temas ambientales. Por ejemplo, el CC de forma específica hace referencia al tipo de políticas a aplicar: ¿de adaptación o de mitigación? Y ¿en qué orden o prioridad? Todo ello exige y requiere de nuestro aporte e involucramiento (academia y universidades) a efecto de apoyar para que las decisiones en políticas públicas sobre medio ambiente y recursos naturales se tomen sobre bases científicas a fin de evidenciar y justificar esas decisiones haciéndolas, al mismo tiempo, viables, aplicables y reduciendo el nivel de incertidumbre.

Nuestra hipótesis central que anima esta contribución sugiere que los problemas ambientales derivan y se refieren básicamente a los dilemas y estrategias de la acción colectiva en la gobernanza sobre los bienes comunes, más que en las fallas de mercado. De ahí que podemos establecer las principales funciones de la gobernanza en los siguientes cinco ejes:

- ===== Liderazgo (voluntad y capacidad políticas)<sup>4</sup>;
- ===== Planificación;
- ===== Implementación;
- ===== Monitoreo y evaluación;
- ===== Investigación y búsqueda de problemas y soluciones a los mismos.
- ===== Participación (social) activa de los usuarios o stakeholders.

## DESARROLLO Y OBJETIVOS DE LA PLANIFICACIÓN ESTRATÉGICA SITUACIONAL (PES)

¿Qué es planificación? El destacado ingeniero y economista chileno Carlos Matus (Matus, C. 1996) nos ofreció una breve síntesis de esta singular estrategia para medir, calcular y reducir la incertidumbre en las actividades humanas al señalar que la planificación es el intento del hombre por gobernar su futuro, por imponer la razón humana sobre las circunstancias y la incertidumbre. La planificación no descansa tanto en la capacidad de predicción, como de previsión. El estratega no trata de predecir lo que hará el oponente.

También podemos definir la PE como aquella “(...) herramienta administrativa que contribuye a que una organización mejore su desempeño al asegurar que sus miembros compartan los mismos objetivos y al ajustar continuamente la dirección de la organización, ante los cambios contextuales con base en los resultados obtenidos” (UNESCO, 2010)

La planificación ha sido un elemento de la política pública muy discutido dentro de la academia, ya que sus alcances son cuestionados ante un futuro incierto e impredecible. Por un lado el paradigma neoclásico supone la existencia de una mano invisible que regula y conduce a buen puerto el desarrollo de la economía cuyo eje motor es el mercado sin intervención de un planificador, lo cual descarta todo tipo de planeación. Por otro lado se critica los límites del mercado para regular eficientemente a la economía y

<sup>1</sup>Parte de este material fue presentado en la Expo Agua 23 Guanajuato, Centro de Exposiciones de Guanajuato, 04-08 de Septiembre de 2017.

<sup>2</sup>Posgrado de Economía, Facultad de Economía, UNAM. [americo@unam.mx](mailto:americo@unam.mx)

<sup>3</sup>“El presidente de la Comisión Nacional de los Derechos Humanos (CNDH), Luis Raúl González Pérez, destacó la evolución del derecho internacional y constitucional en materia de protección al medio ambiente, sin embargo hizo énfasis que la brecha entre el mandato escrito y su cumplimiento aún continúa siendo significativa”. *Revista Proceso*, 25 de junio, 2017

<sup>4</sup>Recordemos que la política es el arte de lo posible, pero dentro de lo deseable y aquello considerado como socialmente óptimo

los demás aspectos de la vida social, esto deja el campo para la planificación.

Por su parte, la PES se diferencia esencialmente de la planificación tradicional al incorporar la complejidad de la realidad en su metodología. Recupera la opinión de los agentes involucrados y además los describe para poder hacer una mayor previsión de los resultados. Se puede considerar como una metodología o enfoque multicriterio, en donde la opción más viable será aquella que resulte más benéfica para las partes involucradas.

El método PES no pretende pronosticar el futuro, más bien ambiciona obtener una previsión más realista de lo que podría ocurrir dadas ciertas circunstancias. Como diría Matus, al prever el hombre gana libertad ya que está menos vulnerable ante el futuro incierto e impredecible. El PES representa la defensa del indeterminismo social, por oposición al determinismo de la teoría económica elemental.

El método PES habla de táctica y estrategia, la primera la define como el uso de los recursos escasos en la producción de un cambio situacional y la estrategia como el uso del cambio situacional para alcanzar la situación objetivo. Estos dos elementos son muy importantes para todo tipo de planificación que considere todos los escenarios posibles y tome la mejor decisión. Es como el ajedrez, donde para mover una pieza hace falta prever todos los posibles movimientos propios y del contrario para así tomar la mejor decisión, es una decisión absolutamente estratégica.

Sólo a partir de un análisis situacional la PES puede ofrecer alternativas. Este tipo de análisis se centra en el estudio de una realidad en particular, la cual puede ser explicada desde distintos puntos de vista, es decir, se trata del análisis concreto para situaciones concretas, de acuerdo al enfoque marxista. El PES habla de procesar problemas, desde su origen hasta el ataque y solución del mismo, recurriendo al análisis y enfoques multicriterio y multisituacionales.

El método PES se puede sintetizar en los siguientes pasos:

- A.** Precisar cuál es el problema y cuál el plan para enfrentarlo;
- B.** ¿Cuáles son los jugadores o actores?;
- C.** Definir la matriz inicial de motivaciones y la matriz de afinidades;
- D.** Explorar meta-estrategia: visión global;
- E.** Elasticidad y subjetividad del marco ético-ideológico de los actores;
- F.** Dosificación de la meta-estrategia;
- G.**Cuál es el vector de recursos críticos del juego;
- H.** Precisar la matriz de vectores de peso de los actores;

- I.** Analizar la viabilidad actual de las operaciones;
- J.** Identificar las variables críticas de la estrategia;
- K.** Ensayo de las trayectorias;
- L.** Evaluación del segmento crítico de las trayectorias;
- M.** Simulación estratégica.

La planificación solo es efectiva en la medida que ofrece un soporte a la toma de decisiones y su oferta es demandada y valorada por el decisor. La planificación resulta de una mediación entre el conocimiento y la acción. Existen 3 momentos de la dinámica del proceso de planificación situacional: 1) Momento explicativo: trata de comprender la realidad identificando los problemas que declaran los actores sociales (también conocido como diagnóstico de lo realmente existente); 2) Momento normativo-prescriptivo: trata del modo en que se formula el plan y trabaja bajo la forma verbal del debe ser; 3) Momento estratégico: trata del modo de examinar la viabilidad política del plan y del proceso de construcción de viabilidad política para las operaciones no viables en la situación inicial, así como también en la búsqueda de la igualdad social y regional (CEPAL, 2014).<sup>5</sup>

Importa señalar que existen ciertas desventajas en la aplicación del método PES y que éstas radican básicamente en su ambición de recuperar la tremenda complejidad de la realidad dentro del plan a largo plazo. Si bien es cierto que la ciencia social demanda la incorporación de la complejidad del análisis, como lo llamaría Edgar Morín el pensamiento complejo, también es cierto que existe poca información o casi nula en las relaciones de causa y efecto dentro de los socio ecosistemas, sin mencionar el tema de la incertidumbre, así como de las subjetividades y "oportunistas" de la acción y gestión de las políticas públicas. Ejemplos de ello lo veremos más adelante para el caso de la gestión hídrica en el Estado de Guanajuato.

La PES tiene como centralidad la política económica, en la cual subyace una idea general de desarrollo y crecimiento, con todo lo que ello implica, y actuando dentro de estructuras e instituciones estatales muchas veces obsoletas y en permanente conflicto de intereses creados. Más aún, la teoría neoclásica es incapaz de explicar las contradicciones y dicotomías entre: crecer versus proteger y conservar...la equidad y desarrollo equilibrado, así como la temporalidad en un horizonte de largo plazo y de información imperfecta.

En suma consideramos que, en tanto metodología adecuada para

el caso de la gestión del agua, los alcances de método PES son importantes. No obstante, existen limitantes relevantes en la planificación dirigida a los recursos naturales en tanto y cuanto se incorporan en conjunto al análisis las relaciones sociales y los ecosistemas como relaciones de retroalimentación y sobre todo si se habla ya de sistemas coevolutivos, donde no son infrecuentes las incertidumbres e incertezas.

## DESARROLLO DEL PROBLEMA E INDICADORES NÚCLEO

En la siguiente figura se explica la correlación existente entre el fenómeno señalado del CC y nuestras dimensiones de análisis.



De otra parte, tanto en los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) como en los Objetivos de Desarrollo Sustentable (ODS) se menciona la importancia de los servicios ecosistémicos y sus relaciones complejas con y frente al ser humano:



<sup>5</sup> "En lo transcurrido del siglo XXI se registra una revalorización de la planificación como una herramienta coadyuvante para transitar el camino hacia el desarrollo. En ello han contribuido las mejores condiciones económicas, que posibilitaron extender la mirada de las políticas públicas más allá del corto plazo. Esta nueva planificación contempla aspectos y complejidades en materia económica y social, que no se registraban durante la etapa inicial de la planificación" (p.5)



Fuente: <http://www.mx.undp.org/content/mexico/es/home/post-2015/sdg-overview.html>

De los 17 objetivos del desarrollo sostenible al menos 10 están relacionados con el tema del agua, de la equidad y su accesibilidad. Sólo a partir de un análisis multidimensional y con el apoyo del método PES se pueden abordar e interconectar todos estos objetivos.

La sustentabilidad en el corto, mediano y largo plazo requiere incorporar las dimensiones anteriores, junto a propuestas de políticas y planes de acción para su implementación y puesta en práctica.

## PRINCIPIOS MEDIOAMBIENTALES

En términos generales podemos hablar de la existencia de principios legales medioambientales que conciernen a las políticas en materia ambiental (Sadeleer, 2012), a saber:

- El principio precautorio;
- Principio de prevención y,
- El que contamina paga.

Es decir, se trata de pasar de las narrativas y eslóganes políticos a principios normativos y reglas con estatus y carácter legal-obligatorio<sup>6</sup>; más aún si se trata de la explotación y uso de un recurso natural particularmente sensible como es el agua.

La aplicación al mayor nivel posible del principio precautorio (PP) es crucial para evitar daños, riesgos y males tanto a la sociedad como a los ecosistemas.

El PP se aplica cuando no hay evidencia científica y existen dudas razonables sobre la aplicación de tal o cual proceso, política o acción. La no evidencia de daños, no necesariamente implica evidencia que esté libre de los mismos. Hay que cambiar la carga de la prueba; es decir, el productor o empresario debe probar y demostrar que su acción, proceso o producto es inocuo para la salud humana y de los ecosistemas. Este principio hace fuerte énfasis en la previsión del futuro, evitando las consecuencias negativas que trae aparejado el crecimiento a toda costa, así como el mítico *american way of life*, o el llamado *american dream*, entendidos estos últimos como la propensión a poseer, consumir, derrochar, desperdiciar, producir-devastar, como si los recursos fueran infinitos.

Se debe señalar que toda política pública debe seguir líneas fundamentales para comenzar a recuperar el medio ambiente desde una perspectiva eco y socioecosistémica, a saber:

- La exclusión normativa del uso de los bienes naturales que el Estado se proponga defender. La exclusión (prohibiciones y reglamentaciones) requiere a su vez un amplio desarrollo de estudios para establecer dónde, cómo, cuándo, por qué y quiénes deben conservar los recursos naturales. Si bien están en marcha gran cantidad de tales estudios, generalmente presentan deficiencias de criterio y, sobre todo, tienen insuficiencia de recursos económicos.
- Un programa normado de pago por el uso de servicios ambientales y de aplicación pertinente y consecuente de los recursos así logrados.
- Establecimiento del principio "El que contamina paga".

Por su parte el principio de prevención se aplica cuando ya existe información sobre efectos y consecuencias negativas (ie. cálculos probabilísticos) y por ello hay que prevenir y evitar tal acción o proceso.

Estas líneas, orientaciones y principios fundamentales requieren cambios pendientes en la sociedad en el plano cultural, científico e institucional y sobre todo de políticas y planes orientados a la protección de los recursos naturales.

La planificación no es sólo un reto técnico-metodológico, sino básicamente de estrategia política. Por ello debe además intentar influenciar positivamente los usos en materia de cultura de toma de decisiones estratégicas. Sin una comprensión y adaptación a la cultura en la toma de decisiones específicas de cada plan o programa, difícilmente la planificación ambiental podrá tener el éxito deseado en su tarea de mejora de la decisión.

## PLANEACIÓN Y GESTIÓN DE LA SUSTENTABILIDAD, RESPONSABILIDAD DE LOS ACTORES Y APLICACIÓN DEL PRINCIPIO PRECAUTORIO.

La PES enfila una fuerte crítica al esquema ofertista de las políticas hídricas del país y en el funcionamiento de los Organismos Operadores de Agua o de los Distritos de Riego. De tal suerte la situación de escasez relativa habría que buscarla en la brecha entre oferta y demanda-consumo del agua, tanto entre usuarios urbano-industriales como en la agricultura de riego<sup>7</sup>. Esta última demandante de casi el 80% del volumen total consumido en el país.

De otra parte, se espera que para el 2050 cerca de 6.4 mil millones de personas vivan en zonas urbanas, de ahí que el manejo del agua domiciliaria será un bastión esencial para la resiliencia y el crecimiento sustentable de las mismas; al mismo tiempo que la asequibilidad del agua, el saneamiento y la precipitación pluvial (fuentes de mantos freáticos) constituyen componentes cruciales para el sistema de agua municipal y el propio ciclo hidrológico<sup>8</sup>.

¿Qué es lo que se debe analizar situacional y concretamente en este aspecto?

- Garantizar alimentos para la población; Pero también reducir al máximo su pérdida y desperdicio.
- Menor uso posible del agua, particularmente dentro del

80% del volumen de riego;

- Riego por goteo; uso de aguas tratadas y residuales para cultivo de tallo largo: cosecha de agua, entarquinamiento, etc.;
- Consumo inteligente y sustentable en los usos urbanos, que no debe exceder de 100 lts/Pc/día;
- Reducir al máximo posible las fugas;
- Garantizar el derecho humano al agua con un abasto gratuito de hasta 40 lts/pc/día;
- Establecimiento de tarifas justas, para todos los usuarios y todo tipo de consumo (CEPAL, 2017);<sup>9</sup>
- Atender la oferta y la demanda atendiendo las posibilidades físico-naturales de la propia cuenca hidrológica.<sup>10</sup>
- Impulsar la educación y la nueva cultura del agua entre los usuarios.

La disponibilidad hídrica es crucial para la producción de alimentos y la nutrición, su falta acarrea consecuencias indeseables en el orden socioeconómico, ambiental y político. Así lo considera el Centro Barilla para la Alimentación y la Nutrición (BCFN) por sus siglas en inglés, al calificar a los países de acuerdo a un índice de sustentabilidad alimentaria (FSI, por sus siglas en inglés), mismo que está basado en tres importantes aspectos: 1) pérdida y desperdicio de alimentos; 2) agricultura sustentable y 3) desafíos nutricionales.

De acuerdo con estos indicadores nuestro país no pasa el examen; así lo confirma la FAO: "En México se pierde, en promedio, cada año 37 por ciento de los alimentos, volumen que podría alimentar a más de 7 millones de personas en pobreza extrema e inseguridad alimentaria"<sup>11</sup>. Las recomendaciones de la FAO para reducir este flagelo y evitar el desperdicio de alimentos constituyen un buen ejemplo de aplicación de la PES como son: estandarizar flotas de transporte con base en las necesidades de productos; supervisar el manejo de los productos; mejorar la infraestructura de almacenaje; llevar a cabo una verificación constante de la calidad de los productos; mejorar su conservación; fomentar nuevas estrategias de comercialización, y fomentar el intercambio de buenas prácticas, entre otras.

Al respecto la meta 12.3 de los ODS enfatiza que para el 2030 en el planeta se debe disminuir a la mitad el desperdicio per cápita de comida al nivel del consumidor individual, así como el reducir la pérdida en la cadena alimenticia tanto en la producción como en la distribución, incluyendo la pérdida post cosechas<sup>12</sup>.

Si agregamos el hecho que el 90% del total del agua utilizada está contenida en los alimentos que consumimos; luego, al reducir la pérdida y el desperdicio de éstos, también tendríamos un ahorro

<sup>7</sup> La meta 6.4 de los ODS establece que para el 2030 todos los sectores y usuarios deben incrementar de manera sustancial la eficiencia en el uso del agua, asegurando que su extracción y abasto supere la situación de escasez y, al mismo tiempo, reduciendo de modo significativo el número de personas que la padecen.

<sup>8</sup> 2017 World Water Week: 'Water and Waste: Reduce and Reuse'. Fuente: <http://www.ipsnews.net/2017/08/2017-world-water-week-water-waste-reduce-reuse/>

<sup>9</sup> Existen sistemas tarifarios que no se basan en criterios de racionalidad ni de eficiencia económica, y cuyos mecanismos de subsidios presentan importantes errores de inclusión y exclusión, transfiriendo frecuentemente a los organismos operadores de agua responsabilidades de política social que no son de su competencia.

<sup>10</sup> Y no de acuerdo a los caprichos o deseos de las autoridades en turno.

considerable del preciado líquido. Un dato relevante que habla de la extrema importancia del agua en la producción agrícola es que del valor total de la cadena alimentaria, el 80% del agua es aprovechada en su producción, mientras que el 20% restante se utiliza en la cadena post cosecha.<sup>13</sup>

Recordemos también que la planificación no descansa tanto en la capacidad de predicción, como de previsión. Aquí el Cambio Climático y la modificación de los ciclos hidrológicos aparecen como la principal amenaza a esa disponibilidad. Ergo ¿debemos culpar al CC de la escasez de agua y alimentos?

No necesariamente. Primero, los desastres no siempre son de origen natural, sino que responden a inacción, malas políticas o ausencia de políticas de transparencia. Segundo, la necesidad de considerar de manera muy importante la presencia del fenómeno del CC en las políticas de desarrollo agropecuario donde interviene el recurso hídrico. Tercero, el establecimiento de tarifas justas y adecuadas, la eliminación de fugas en redes primarias y secundarias de abastecimiento, así como el uso inteligente del preciado líquido que no sobrepase un per cápita de 100 litros diarios, considerado como el consumo sustentable, sin duda nos librarían de la construcción de las grandes presas y de los trasvases, cuyos megaproyectos no sólo son costosísimos, sino también conllevan agravantes sociales y ambientales, entre otros, el desplazamiento de asentamientos humanos ancestrales.

Por último, para los políticos resulta una salida fácil culpar al CC de los desastres, sin considerar la responsabilidad del propio modelo de crecimiento, los patrones de consumo prevalecientes así como la virtual ausencia de planificación, del principio precautorio, así como de una buena gestión del recurso hídrico que incorpore en particular los puntos arriba señalados. El no comprender ni aceptar la complejidad de los fenómenos naturales, el uso ineficiente y mal manejo/gestión de los recursos en general nos ha conducido a una verdadera crisis de gobernanza ambiental. Por ello insistimos que al considerar el manejo y la planeación integral de una cuenca hidrológica, sí se debe incorporar la presencia del Cambio Climático global y el llamado efecto invernadero, ya que ambos constituyen hoy por hoy el más grave problema ambiental del planeta.

## NARRATIVAS SOBRE LA NULA O MALA PLANIFICACIÓN: LAS INCONGRUENCIAS

Históricamente en nuestro país los agricultores y la CFE por lo general han apoyado la construcción de embalses y presas para tener a mano agua para riego y la producción de hidroelectricidad; pero también los usuarios urbanos favorecen los trasvases, canalización y entubamiento para disponer de agua potable desde lugares lejanos. Vale decir, la mayoría de los usuarios pasan por alto o ignoran al usuario principal o privilegiado que deben ser el ecosistema y los ríos a efecto de mantener su caudal ecológico que le permita la supervivencia en buenas condiciones, y no asumen los costos ni aquellas externalidades negativas derivadas de su sobreexplotación y consumo.

Para ejemplificar lo anterior y como lo señalamos más arriba, podemos remitirnos a un estudio realizado por el INE (2005) donde se destaca para el estado de Guanajuato la elevada concentración de presas, bordos y embalses (78 solo para la subcuenca Solís). Tal concentración de embalses artificiales aumenta de forma exponencial los impactos potenciales al medio ambiente, entre los que destacan el grado de afectación en los patrones naturales del flujo del agua, la fragmentación de los ecosistemas fluviales y la interrupción del flujo y los pulsos que mantienen a los hábitats riparios, los cuales renuevan y enriquecen las planicies, deltas y suelos de la cuenca baja, además de controlar y regular fluctuaciones hídricas extremas, sin mencionar el desabasto cuenca abajo. También “modifica la calidad del agua “presa abajo”, provocando cambios de temperatura, alteraciones en la cantidad de nutrientes, gases disueltos (metano), turbidez, concentración de metales pesados y minerales. De la misma manera, estas obras pueden ser fuente de importantes emisiones de gases invernaderos” (p.85).

Por su parte la subcuenca Río Turbio constituye uno de los mayores afluentes del Lerma-Chapala. “Su patrón hidrológico corresponde al de una subcuenca balanceada, con un buen nivel de captación total según su nivel de evapotranspiración. Sin embargo, posee un déficit hídrico significativo, derivado de la sobreexplotación de los cuerpos de agua superficiales y subterráneos” (p.108). También tiene fuertes repercusiones ambientales, básicamente por descargas industriales y urbanas; sólo el municipio de León contribuye con más del 80%. “Si bien el porcentaje de tratamiento de este municipio es alto, pues cuenta con la capacidad para tratar cerca del 68% de sus descargas, su sistema de saneamiento funciona a

base de tratamiento primario, lo que sólo logra separar los residuos biológicos. Por esta razón, en este río se han reportado porcentajes variables de sulfuro, cromo, nitratos y cloruros” (P. 109). Sólo a partir del 2010 se instaló una planta de desbaste para tratar aguas provenientes de la industria.

En sendos estudios realizados por nosotros para CONAGUA-USAID (2010 y 2011), se detectó la pervivencia de similar fenómeno y el privilegiar erróneamente intereses egoístas, cortoplacistas y regionales. En entrevistas realizadas a los principales dirigentes de usuarios de los Distritos de Riego (DR) de la Purísima y P. Solís, a manera de ejemplo, la mayoría favorecía la mejoría en cantidad y calidad del agua así como la introducción de riego por goteo; pero al preguntar sobre su disposición y contribución para lograrlo y liberar agua de riego para abastecer el Lago de Chapala, se mostraron renuentes.<sup>14</sup> Posición muy similar a la sostenida años antes por el entonces gobernador de Guanajuato Vicente Fox Q. quien hizo la sorprendente declaración de que: “Ni una sola gota de agua saldrá del estado . . .”. De otra parte, menos del 50% de los entrevistados en diferentes estudios realizados para México y Latinoamérica expresaron que no contribuirían para la implementación del plan o mecanismo propuestos, entre otras cosas porque, señalaron, que sus impuestos y el Estado deberían hacerse cargo de las inversiones requeridas.<sup>15</sup>

Lo anterior constituye un buen ejemplo de los dilemas que enfrenta la acción colectiva y de la importancia de establecer acuerdos y negociación con los usuarios locales y regionales sobre el acceso y disponibilidad del agua, a la manera como lo sugería Elinor Ostrom. Esta autora recomendaba que para la solución de los problemas y la distribución del recurso había que evitar las panaceas, analizando cada situación y problema en lo particular, más que en lo general.

## LA INGOBERNANZA DE LOS BIENES COMUNES. A MANERA DE EPÍLOGO

La crisis civilizatoria y de valores que se padece está apenas enmascarada por las recurrentes crisis de las finanzas, de crecimiento, de estancamiento y recesiones económicas, del empleo; mismas que se acompañan de manera permanente por malestar y protestas sociales, guerras de “baja intensidad” y conflictos ecológico-ambientales distributivos, cuya cabeza más visible o punta del iceberg es el CC y su devastador efecto invernadero, capaces de revertir en muy breve tiempo los avances agroalimentarios.

El acceso al agua potable en calidad y cantidad así como su saneamiento constituyen un derecho humano, no así su gratuidad. Lo primero forma parte de los DESCA (Derechos económicos, sociales, culturales y ambientales), lo segundo tiene que ver, en términos mercantiles, con volúmenes de consumo, el uso inteligente, así como la eficiencia y eficacias tanto en la distribución como el manejo y gestión responsables del agua.

Nuestra forma, estilo y ritmos de crecimiento, al ser marcadamente insustentables se contraponen a la protección y conservación de los RN, sobre todo de aquellos cuyo reemplazo es práctica y tecnológicamente imposible. Las ganancias extraordinarias y la extracción rápida de recursos naturales tales como la minería, petróleo, bosque, agua y pesquerías constituyen una constante del desarrollo capitalista en nuestro país a partir de la segunda mitad del siglo XX.

Al buscar un enfoque o marco teórico donde poder englobar y explicar los aspectos de políticas y gestión del agua, pensamos que el concepto de Gobernanza nos ayuda a explicar y entender las múltiples determinaciones que incorpora en su estudio y análisis del problema. Dentro del enfoque institucional la gobernanza es una noción amplia que incluye la legislación y la regulación, así como aspectos menos tangibles pero sí relevantes para el caso mexicano como lo son la integridad (honestidad) y corrupción. También incorpora los roles que juegan los distintos actores, en este caso usuarios. La Planeación Estratégica Situacional debe nuclearse y formar parte del buen gobierno del agua, su asequibilidad y tratamiento. Ello es importante para alcanzar los mejores resultados en términos sociales, medioambientales e incluso desde el punto de vista económico y de la perdurabilidad recurso.

Los intercambios y arreglos entre los diversos usuarios y los sectores económicos, la escala geográfica, la asequibilidad para los consumidores y usuarios de servicios urbanos y rurales, así como la cooperación entre estados y regiones, todo ello habla de la complejidad de la gobernanza del recurso.<sup>16</sup> De ahí que la cuenca y subcuencas hidrográficas deben constituir la unidad de gestión y planeación más viable y óptima. Los ODS cubren todos estos tópicos de los ODM a fin de implementar el manejo de los recursos hídricos (sin necesidad de los costosos trasvases del agua que, en el largo plazo, no están resolviendo los problemas de desabasto por los que inicialmente fueron diseñados y sí crean otros en las cuencas de origen), entre otros la reducción, tratamiento y reúso de las aguas residuales urbanas e industriales, evitando la corrupción y evasión de la norma, lo cual en sí constituye un problema de gobernanza. 

<sup>11</sup> Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) en su informe Pérdidas y desperdicios de alimentos. La Jornada, 26 de mayo de 2015, p. 33

<sup>12</sup> Global food losses and food waste — Extent, causes and prevention. FAO. 2011. Rome.

<sup>13</sup> Tony Allan (2015), Water and Food Security: Food-water and Food Supply Value Chains.

<sup>14</sup> Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) en su informe Pérdidas y desperdicios de alimentos. La Jornada, 26 de mayo de 2015, p. 33

<sup>15</sup> Ver también, Revista del IMTA, de próxima publicación: “Valoración económica de servicios ecosistémicos en la cuenca del Río Aconcagua Chile”

<sup>16</sup> Esto nos lleva a la cuestión de la corresponsabilidad entre todos los usuarios y actores, en el sentido de apoyar en sus preferencias las políticas y prácticas del buen ordenamiento hídrico.

## REFERENCIAS

Acuerdo de Coordinación para la Recuperación y Sustentabilidad de la Cuenca Lerma Chapala. 2004, Querétaro, México.

Cepal, (2014) Jorge J. Máttar, Daniel E. Perrotti La planificación como instrumento de desarrollo con igualdad en América Latina y el Caribe-Tendencias y desafíos.

Cepal, (2017). Gustavo Ferro, *América Latina y el Caribe hacia los Objetivos de Desarrollo Sostenible en agua y saneamiento*. Reformas recientes de las políticas sectoriales.

Conagua, USAID (2011), Saldívar Américo V, J. Juan González M, Adán Isidro C., S. Marcelo Olivera V. *Propuesta para instrumentar un mecanismo de pago por servicios ambientales hidrológicos en la cuenca del río Lerma-Chapala, México*.

Conagua, USAID (2010), Saldívar V, Américo, Adán Isidro C., S. Marcelo Olivera V. *Análisis de beneficios económicos por la descontaminación de la cuenca del río Turbio, Guanajuato, México*.

IMTA (2017) "Valoración económica de servicios ecosistémicos en la cuenca del Río Aconcagua Chile". Revista Tecnología y Ciencias del Agua

INE (2005), Esthela Sotelo, Nayeli Cardona, Alejandra Fregoso, Carlos Enríquez, Arturo Garrido, Georgina Caire y Helena Cotler. *Acciones estratégicas para la recuperación de la cuenca Lerma-Chapala: Recomendaciones técnicas para las diecinueve subcuencas*.

Matus, C. (1996). Huertas Franco (1996). El método PES. Entrevista con Carlos Matus. CEREB. Páginas de internet: <http://www.proceso.com.mx/492415/la-cndh-resalta-brecha-en-cumplimientos-normas-ambientales>

Sadeleer, Nicolas (2008) *Environmental principles from political slogans to legal rules* Leubusher, Susan, traductor. New York: Oxford University Press, 2008, ©2002. xlviii, 433 pp.

UNESCO, 2010, International Institute for education Planning: *concept and rationale in education planning*. Working papers. Paris, UNESCO, 2010, p.10

## ABASTECIMIENTO DE AGUA A LA INDUSTRIA PESQUERA DE MANTA, MANABÍ, ECUADOR: ANTES Y DESPUÉS DEL TERREMOTO DE ABRIL 2016

### WATER SUPPLY TO THE MANTA FISHING INDUSTRY, MANABÍ, ECUADOR: BEFORE AND AFTER THE EARTHQUAKE OF APRIL 2016

Elvira Rodríguez Ríos,<sup>1,2</sup> Jennifer Laaz Saavedra,<sup>1</sup> Edison Gracia Panta<sup>1</sup>

## RESUMEN

El agua se utiliza en una amplia gama de actividades ya sean éstas domésticas, agropecuarias o industriales. La industria requiere agua para los distintos procesos de producción. En este estudio se comparó el abastecimiento y consumo de agua de la industria pesquera en el cantón Manta antes y después del terremoto del 16 de abril 2016. Se realiza una encuesta a 12 empresas pesqueras de un universo de 23, realizada en noviembre y diciembre del año 2017. Como resultado se logra determinar la cantidad de agua abastecida mensualmente, en promedio, a través de la red pública de agua potable antes y después del terremoto y se compara la cantidad y los costos en los mismos periodos de antes y el después. Palabras claves: abastecimiento de agua, consumo de agua, industria pesquera, Manta, terremoto abril 2016.

## ABSTRACT

Water is used in a wide range of activities whether domestic, agricultural and industrial. The industry requires water for the different production processes. In this study was compared the water supply to the fishing industry in canton Manta, Manabí, Ecuador, before and after the earthquake, which occurred in Manabí, Ecuador of April 16, 2016. A survey was conducted of 12 fishing companies in November and December 2017 from a total 23 companies. As a result, it is possible to determine the amount and costs of water supplied through the municipal drinking water network before and after the earthquake.

**Keywords:** Water supply, water network, fishing industry, Manta, earthquake April 2016.

<sup>1</sup>Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Facultad de Economía.

<sup>2</sup>Universidad Técnica de Manabí, Facultad de Economía.

## INTRODUCCIÓN

La industria requiere agua suficiente de buena calidad como materia prima básica. Se estima que el uso anual global del agua por parte de la industria aumente de aproximadamente 725 km<sup>3</sup> en 1995 a 1170 km<sup>3</sup> en 2025. Según esta proyección el agua de uso industrial representará el 24% del total del agua (UNESCO, 2003). De ahí la importancia de analizar la situación de abastecimiento de agua (en metros cúbicos) de la industria pesquera de Manta, captada de la red pública de agua y otras fuentes alternativas, antes y después del terremoto del 16 de abril 2016.

Se plantea como pregunta de investigación ¿Cuál fue el impacto del terremoto del 16 de abril 2016 sobre el abastecimiento de agua a la industria pesquera y sobre los costos del agua?\*. Indiscutiblemente que el sismo produjo interrupción del servicio de agua potable en Manta y otras ciudades de la provincia de Manabí por: Falta de energía eléctrica para operar los sistemas, daños estructurales en las plantas de tratamiento de agua, en las estaciones de bombeo, en las bombas de captación, en las líneas de conducción y en las acometidas domiciliarias (SGR, 2016). Esto obligó a las autoridades tanto nacionales como locales tomar acciones urgentes para restablecer el aprovisionamiento de agua en el menor tiempo posible.

La empresa pesquera bajo análisis realiza actividades extractivas y de transformación: preparación y conservación de pescado, crustáceos y moluscos mediante congelado, ultracongelado, secado, ahumado, salado, sumergido en salmuera y enlatado, etcétera (CIU C1020.02); actividades de extracción de crustáceos y moluscos marinos (CIU A0311.02); elaboración de harina de pescado, actividades de pesca comercial de altura y costera (CIU C1020.05) y otras afines. Se incluyen\* empresas grandes, medianas y pequeñas según volumen de venta anual y de número de personas que trabajan en cada una de ellas de conformidad con lo que establece la Ley en el Ecuador.<sup>4</sup>

La hipótesis plantea que existe una diferencia significativa entre la cantidad de agua suministrada mediante la red pública de agua antes y después de sismo de abril del 2016. Se selecciona como periodo pre al mes de marzo y el pos el mes de mayo del 2016.

El presente trabajo está estructurado en cuatro apartados, luego de la introducción, se presentan\*: materiales y métodos, afectaciones al sistema de agua potable, resultados y las conclusiones.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

El área de estudio está constituida por el cantón Manta, provincia de Manabí, Ecuador. Se ubica al occidente de la provincia de Manabí, en la bahía de Manta, en la costa centro-sur del Ecuador. Las coordenadas geográficas son: Latitud: S 1° 0' / S 0° 50' y Longitud: W 80° 45' / W 80° 30'; Coordenadas Planas UTM (aprox): Norte: 9889460 / 9907880 y Este: 527810 / 555630 (Figura 1).

Figura 1. Localización de Manta



Fuente: [http://www.panamericana.ec/trans\\_app/destinos.php?ciu=13](http://www.panamericana.ec/trans_app/destinos.php?ciu=13)

Manta es un cantón de la provincia de Manabí, en la Costa ecuatoriana, con una población estimada al 2018 de 259052 habitantes (INEC, 2010). Es el principal puerto pesquero del Ecuador y la capital atunera del mundo.

### Encuesta aplicada

La encuesta sobre abastecimiento de agua a la industria pesquera del cantón Manta se realizó en noviembre y diciembre 2017, con el objetivo de obtener información sobre las principales variables incluidas en el análisis: Abastecimiento de agua por red pública y fuentes alternativas (en m<sup>3</sup>) tales como: aguas subterránea o pozo, camión cisterna\* o tanqueros, bidones y otros, costo del agua, uso del agua (materia prima, transmisión de calor o refrigeración, producción de vapor, utilización como disolvente, labores de limpieza de las instalaciones, sanitario e higiene personal, otros), número de días sin abastecimiento pos terremoto, y razones por las que optó por determinadas fuentes de agua.

La unidad de análisis y de observación es la empresa pesquera establecida en el cantón Manta. Se trata de la industria dedicada a elaborar enlatados, congelados y a fabricar harina de pescado.

El universo estuvo constituido por 23 empresas pesqueras que cumplieron los criterios de inclusión. Los criterios de selección fue principalmente que en su dirección física, telefónica y/o electrónica pudiera ser contactada después de un proceso de búsqueda y rastreo; y, la disposición a responder las preguntas.

La muestra fue diseñada utilizando la fórmula estadística para población finita y quedó conformada por 12 empresas pesqueras del cantón Manta, que fueron seleccionadas de manera aleatoria. Además, se contó con el listado de usuarios de los servicios de agua de la Empresa Pública Aguas de Manta (EPAM), pre y pos terremoto 2016.

### Mediciones

Se utilizó un cuestionario estructurado y los datos fueron recopilados a través del envío de los formularios de encuesta por correo electrónico, posterior a una visita personal en la que se tomaron los datos generales y de contexto sobre el abastecimiento de agua antes y después del terremoto de abril 2016.

El cuestionario incluyó identificación y ubicación de la empresa, fuentes de abastecimiento de agua, consumo mensual en metros cúbicos (m<sup>3</sup>) y valor mensual pagado en dólares de Norteamérica (USD), antes y después del terremoto de abril 2016. Las preguntas sobre el abastecimiento de agua para uso industrial pesquera incluyeron: la fuente de agua: red pública de agua potable, agua subterránea, agua en bidones, camión cisterna o tanquero.

El agua por red pública se define como el suministro de agua municipal proporcionado por la Empresa Pública Aguas de Manta (EPAM), agua subterránea se define como el agua extraída del subsuelo a través de pozos y cavidades excavadas, agua de bidones se define como agua comercializada en frascos de 20 L, y el agua cisterna es aquella fuente comercializada por vendedores privados que llevan agua en camión cisterna o tanquero.

Asimismo, se obtuvo información sobre el propósito del uso del agua. El término “uso de agua” se define en este trabajo como utilización del agua por la industria pesquera en sus procesos de producción. Estos usos pueden ser: materia prima, transmisión de calor o refrigeración, utilización como disolvente en diferentes procesos productivos, labores de limpieza de las instalaciones, sanitario e higiene personal.

El “consumo” se define como la cantidad de agua utilizada para fines productivos. El “consumo de agua por la industria” es la cantidad total de agua utilizada por la industria pesquera, y el “consumo de agua” es la cantidad de agua utilizada por una empresa pesquera.

Además, la medida es por mes. El costo mensual del agua se definió como el costo total, número de metros cúbicos consumidos en el mes por el precio unitario del agua. No se incluyeron los gastos de instalación y mantenimiento de pozos de agua subterránea y de planta desalinizadora de agua y el costo requerido para el tratamiento del agua.

### Análisis estadístico

Se utilizaron estadísticas descriptivas para resumir los resultados de la cobertura y el uso de diferentes fuentes de agua para fines productivos. Se aplicó una prueba t-Student\* de dos muestras relacionadas para examinar la diferencia entre pre y pos terremoto en el suministro de agua por red pública y costos de agua de esta fuente. Para la comparación del antes y después del terremoto de la cantidad y costos de agua de fuentes alternativas de agua se utilizó la prueba no paramétrica Wilcoxon.

En línea con lo anterior se determinó la diferencia entre pre y pos terremoto en el consumo de agua a través de la red pública y el correspondiente costo del agua, el supuesto de normalidad de distribución de datos se cumple a través de la alternativa de eliminación de valores extremos. Finalmente se aplicó la prueba de normalidad de distribución de los datos Shapiro-Wilk y se acepta la hipótesis nula de normalidad de los datos (P\_valor m<sup>3</sup>\_antes=0.073 y P\_valor m<sup>3</sup>\_después = 0,114)<sup>5</sup>.

Para medir la correlación de la cantidad de agua suministrada por red pública con el agua subterránea, el agua de tanquero y las cantidades de agua de bidón se utiliza el coeficiente de correlación de Pearson.

### Daños ocasionados en la red pública de agua por el terremoto de abril 2016.

Según información proporcionada por EPAM (2017), el sistema de agua potable de Manta resultó con afectaciones parciales. Se afectaron las plantas de tratamiento, bombas de captación y líneas de alta tensión, las estaciones de bombeo, líneas de conducción y acometidas domiciliarias. La pérdida fue cuantificada en aproximadamente USD 20.000.000.

Frente a esta situación, la secretaria del Agua, el Centro de Operaciones de Emergencia Nacional (COE) conjuntamente con los gobiernos autónomos descentralizados (GADs) y la empresa privada tomaron acciones inmediatas para la provisión de agua a

<sup>3</sup> Las plantas potabilizadoras que procesan y distribuyen agua para Manta son: El Ceibal y la estación Colorado.

<sup>4</sup> Empresa grande: valores de venta anual desde USD 5 000 001 y más, número de personas 200 y más. Mediana tipo A: ventas por USD 1 000 000 – 2 000 000, número de personas desde 50 hasta 99. Empresa mediana tipo B: Venta por USD 2 000 001, número de personas desde 100 hasta 199. Empresa pequeña ventas por USD 100 001 – 1 000 000, número de personas de 10 hasta 49 personas.

<sup>5</sup> M<sup>3</sup>\_antes representa al consumo de agua antes del sismo; M<sup>3</sup>\_después significa consumo de agua después del sismo

la población y la reparación de los sistemas de agua en todas las ciudades afectadas. Para el 26 de abril ya estuvo operativo el 70% de la planta de potabilización del agua para Manta, el 100 por ciento de la línea de conducción principal y el 50% de las líneas de distribución (SGR, 2016). En el mes de junio 2016 se restableció el 100 por ciento de la red principal, pero no se había podido habilitar el sistema de agua para la zona cero de la parroquia urbana Tarqui de Manta.

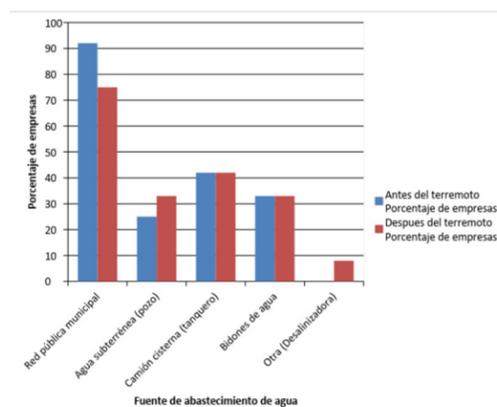
## Resultados

Los resultados obtenidos en el presente estudio se presentan en dos sub-apartados. En primer\* lugar, se describe la cobertura y las diferentes fuentes y usos del agua. En segundo lugar, se presenta el consumo de agua pre y pos terremoto y se analiza el impacto del sismo de abril 2016 en el abastecimiento y consumo.

## Cobertura, fuentes de abastecimiento del agua, propósitos de uso.

En este estudio, todas las empresas usaron más de una o múltiples fuentes, similar a casos analizados en otros contextos (Shrestha et al., 2017). La Figura 1 ilustra la cobertura de diferentes fuentes de agua que las empresas han utilizado para diferentes propósitos (Cuadro 1). La mayoría de las empresas en Manta tenían conexión de agua potable y la tercera parte usaron agua subterránea y bidones de agua de manera simultánea con agua de la red pública. El porcentaje de las empresas que usan agua de camión cisterna o tanqueros se mantuvo en el mismo nivel de antes del terremoto (más de 40%).

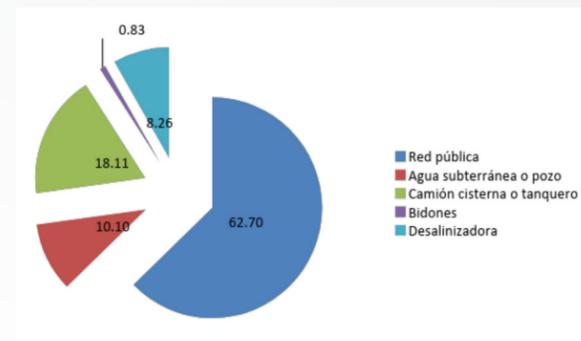
**Figura 1.** Porcentaje de empresas según fuente de abastecimiento de agua antes y pos terremoto.



Fuente: Encuesta, 2017

La gráfica 1 presenta el 92% de las empresas antes del terremoto se abastecían de la red pública de agua potable, el 25% consumió agua subterránea, el 42% agua de camión cisterna o tanquero y el 33% de las empresas tuvo como fuente los bidones. Después del terremoto el número de empresas que se abastecían de agua de la red pública bajó a 75% aproximadamente y el número de empresas que se abastecieron de agua subterránea se incrementó al 33%. El agua transportada por camiones cisternas o tanqueros y el agua en bidones fue demandada por el mismo número de empresas antes y después del terremoto. No obstante, después del terremoto se implementan otras fuentes alternativas de agua como las plantas desalinizadora que representan el 8% de las empresas. Asimismo, según datos de la encuesta (2017), el porcentaje de agua suministrada por cada una de las diversas fuentes de abastecimiento se ilustra en la gráfica 2.

**Figura 2.** Porcentaje de agua suministrada, según fuente, 2017.



Fuente: Encuesta, 2017

El total de agua consumida es destinada a los siguientes propósitos de uso:

**Cuadro 1.** Uso del agua

USO	PORCENTAJE DE EMPRESAS
Materia prima	50%
Transmisión de calor o refrigeración	30%
Producción de vapor	67%
Utilización en los disolventes	25%
Labores de limpieza de las instalaciones	100%
Sanitario e higiene personal	100%
Otros	17%

Fuente: Encuesta, 2017

La mitad de los usuarios de agua de varias fuentes simultáneamente lo usaron como materia prima (cuadro 1). De estos el 17% destinan cincuenta por ciento o más a materia prima. El número de empresas para producción de vapor también resultó considerable, para el caso de estudio, alcanzó el 67% de la industria. Un tercio de las empresas utilizan el agua en la transmisión de calor o refrigeración. Todas destinan agua para las labores de limpieza, sanitario e higiene personal. El 17% de las empresas dan otros usos al agua tales como planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR), esterilización, etcétera.

## 4.2 Consumo de agua pre y pos terremoto y el impacto del sismo

### 4.2.1 Consumo de agua por red pública

El consumo promedio mensual de agua de la red pública fue de 5933,33 m<sup>3</sup> antes-sismo, que se redujo significativamente a 5505,50 m<sup>3</sup> pos-sismo. El costo mensual promedio de la industria fue de USD 12504 antes y USD 11380,64 después terremoto. La disminución en el promedio de los costos del agua se explica en la disminución de la cantidad de metros cúbicos de la red pública en el mes subsiguiente (mayo 2016) a la ocurrencia del evento sísmico, ocasionada por daños que sufrió el sistema de agua.

El incremento de los costos del agua se reflejó en los valores pagados por el agua de otras fuentes alternativas tales como camión cisterna o tanquero, agua subterránea o pozo, bidones y el agua de planta desalinizadora. El precio del agua de fuentes alternativas duplica al valor del metro cúbico del agua de la red (USD 2,20 y USD 2,45/m<sup>3</sup>, según el volumen facturado de consumo). El agua de tanqueros fue adquirida por las empresas a USD 4,50/m<sup>3</sup>, agua subterránea a un precio que oscila entre USD 3,50 y 4,25/m<sup>3</sup>, dependiendo del volumen de agua sometida a tratamiento.

### 4.2.2 Consumo de agua alternativa

El consumo de agua proveniente de las fuentes alternativas (agua subterránea o pozo, camión cisterna o tanquero, bidones y desalinizadora de agua) se incrementó en la medida que el agua suministrada por la red pública disminuyó. Por lo tanto, no resultó significativo el cambio en la cantidad consumida ( $Z=280$ ,  $p > 0.05$ ) entre el antes y el después del terremoto.

El consumo promedio de agua de fuentes alternativas conjuntamente con el agua de red pública en marzo del 2016 previo al evento sísmico fue de 7.355,17 m<sup>3</sup> y en mayo del mismo año después del terremoto éste fue de 6.313,72 m<sup>3</sup>. El nivel de consumo de agua no cambió entre las mediciones efectuadas antes (M3\_0) y después (M3\_1) del terremoto de abril del 2016 ( $z=-0.118$ ,  $p > 0.05$ ).

Asimismo, este estudio examinó la correlación del consumo de agua por red pública con el consumo de agua de otras fuentes por separado después del terremoto. El consumo de red pública estaba positiva y fuertemente correlacionado (Coeficiente de correlación de Pearson = 0,94) con agua subterránea, con agua de camión cisterna o tanquero (coeficiente de correlación de Pearson 0,66) y consumo de agua de bidones (coeficiente de correlación de Pearson = 0,18).

## 4.2.3 Impacto del terremoto de abril del 2016 en el abastecimiento de agua a la empresa pesquera de Manta

Como se muestra en la Figura 1, el porcentaje de empresas pesqueras que consumieron agua de red pública se redujo significativamente, sin embargo, el porcentaje de empresas que consumieron agua subterránea aumentó significativamente después de sismo ocurrido el 16 de abril del 2016. Por tanto, la ocurrencia del terremoto de abril del año 2016 en Manabí, Ecuador no se observó como un factor determinante del consumo de agua en este estudio, a pesar de su asociación significativa con el consumo de agua en la empresa pesquera a partir de fuentes de agua alternativas. Esto podría deberse a que las empresas luchan por mantener su suministro diario de agua al acceder a múltiples fuentes, independientemente de la ocurrencia del evento sísmico.

## 5. Discusión y conclusiones

Este estudio mostró que el agua de red pública, el agua subterránea, el agua de bidón y el agua camión cisterna o tanqueros son las principales fuentes que suministran agua a la industria pesquera de Manta.

Los resultados presentan reducción del consumo de agua de red pública pos terremoto, por lo que las empresas pesqueras debieron optar por fuentes alternativas. Sin embargo, en el mes de mayo del 2016 el abastecimiento de agua por la red pública y por las fuentes alternativas de manera conjunta no representó el nivel de consumo pre terremoto.

La ocurrencia del sismo se asoció con un menor consumo de agua de red pública y un mayor consumo de agua de fuentes alternativas tales como agua subterránea y planta desalinizadora de agua salobre. No obstante, los resultados de la prueba t relacionada permite concluir que no existe una diferencia significativa ( $P\text{-Valor} = 0.458 > \alpha = 0,05$ ) en las medias de la cantidad de agua (m<sup>3</sup>) suministrada a las empresas pesqueras por red pública municipal de agua, antes y después del terremoto. Por lo tanto, el terremoto de abril 2016 en Manabí, Ecuador no tuvo efectos significativos sobre el abastecimiento de agua a la industria pesquera, por daños ocurridos en

la red de agua. De la misma manera, los costos por concepto de agua antes y después del terremoto no experimentaron diferencias significativas ( $P\text{-Valor} = 0.458 > \alpha = 0,05$ ) entre el antes y después del terremoto.

Lo anterior es posible si se considera que, según evaluación de cobertura de agua potable en la zona urbana de Manabí de la Secretaría de Gestión de Riesgos, SGR (2016), el nivel de consumo de agua de la empresa pesquera antes del evento sísmico del 16 de abril del 2016 era deficitario. La cobertura de agua por red pública alcanzaba apenas el 52% con una continuidad del 60%; adicionalmente, se contaba con un 30% de cobertura a través de camión cisterna o tanquero, mismo que varía en función de la continuidad del servicio en la red pública. En el caso de las empresas pesqueras el déficit se estima en más de 30% del total para abastecer las necesidades de agua (Encuesta, 2017). Déficit preexistente a la ocurrencia del terremoto de abril 2016.

Los resultados también indican que aproximadamente el 70% de las empresas pesqueras no experimentó paro de actividades productivas por efecto del terremoto. El 30% dejó de producir hasta lograr la reconstrucción de infraestructura, abastecimiento de agua, etcétera, lo que fue superado en un periodo muy corto, entre una y dos semanas pos terremoto (Encuesta, 2017).

Actualmente,<sup>6</sup> la cobertura (pos- terremoto) de agua de la red pública (62.7%) es superior a la registrada en marzo del 2016 (58.3%). Esta creciente dependencia del agua de la red pública podría deberse, en parte, al costo (USD2.20 a USD2.45 por metro cúbico) a pesar de que, según encuesta (2017), la percepción pública del agua de la red como de baja calidad.<sup>7</sup> Aunque el 18.11% de la cantidad de agua corresponde a camiones cisternas o tanqueros (USD 4,50 por metro cúbico). Estos resultados indicaron un aumento en la carga desde la perspectiva de gestión de fuente de agua alternativa y carga económica cuando el suministro de agua por la red ya insuficiente se estresó aún más debido al evento sísmico.

Se concluye que ninguna de las empresas depende solo del agua de red pública, aunque esta sea más barata que el agua de otras fuentes. No obstante, el agua de red pública es preferida por su precio. Nuestros resultados indican que no hubo diferencias significativas entre el abastecimiento de agua de la red pública antes y después del terremoto y que existe un déficit de agua en cantidad y calidad para cubrir las necesidades de las empresas pesqueras de Manta que no surge precisamente por efecto del sismo de abril 2016, sino mucho antes.

Estos resultados sugieren la construcción de una infraestructura de agua robusta sobre todo en áreas propensas a terremotos, la mejora de la cobertura y la calidad, el incremento de los volúmenes de agua para cubrir todas las necesidades de la industria pesquera y de otros sectores de la economía.

Finalmente, este estudio constituye uno de los primeros que aborda esta temática, por lo que se sugiere continuar con otros estudios sobre los determinantes del consumo de agua con el propósito de analizar la dinámica de consumo de agua de la industria pesquera y de otros sectores económicos en el cantón Manta y la provincia de Manabí. 

## REFERENCIAS

Instituto Nacional de Estadísticas y Censo, INEC (2010). Proyección de la población ecuatoriana, por años calendario, según cantones 2010-2020. Consultado de: <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/inec-presenta-sus-proyecciones-poblacionales-cantoniales/>

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, UNESCO (2003). Agua para todos. Agua para la vida. Informe de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos. Resumen. Consultado en: <http://unesdoc.unesco.org/images/0012/001295/129556s.pdf>

Secretaría de Gestión de Riesgos, SGR (18 abril 2016). Informe de situación No. 18. Consultado en: <http://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/04/Informe-de-Situaci%C3%B3n-18-08h001.pdf>

Secretaría de Gestión de Riesgos, SGR (26 abril 2016). Informe de situación No. 44.

Shrestha, S., Aihara Y., Prasad A., Bista, N., Rajbhandari, S., Kondo N., Kazama F., Nishida, K., and Shindo J. (2017). Dynamics of Domestic Water Consumption in the Urban Area of the Kathmandu Valley: Situation Analysis Pre and Post 2015 Gorkha Earthquake. *Water*, 9, 222.

## MEDICIÓN DEL COSTO DE OPORTUNIDAD DE LA EXPORTACIÓN VIRTUAL DE AGUA EN LOS PRODUCTOS AGRÍCOLAS MEXICANOS, 2004-2013

## MEASUREMENT OF THE OPPORTUNITY COST IN THE VIRTUAL WATER EXPORTATION OF THE AGRICULTURAL MEXICAN PRODUCTS, 2004-2013

Miguel Cervantes Jiménez  
miguelc@economia.unam.mx

## RESUMEN

El artículo estima el volumen de exportación virtual de agua contenida en los productos agrícolas de alto volumen de exportación mexicana durante el periodo 2004-2013, siguiendo la metodología de Hoekstra y Hung, con la finalidad de establecer su costo de oportunidad en tres escenarios, ya que la tarifa que pagan los productores agrícolas tiende a cero. En el primer escenario se utiliza el precio sombra aportado por Ávila, y la participación del costo en las exportaciones agrícolas equivale al 0.18%; en el segundo escenario se incluye el precio del agua embotellada y la participación asciende a 27% de las exportaciones agrícolas, y en el tercero, se utiliza la huella hídrica y el precio sombra de Ávila, la participación equivale a 6.5%. El documento incluye la disponibilidad del recurso hídrico en el ámbito internacional y en México, los estudios internacionales, los estudios de caso de exportación virtual de agua publicados en los últimos años y la estimación de la exportación virtual de agua y su costo económico. El estudio recomienda la creación de mercados de agua.

### PALABRAS CLAVE

Comercio virtual de agua, exportación virtual de agua, agua, mercados de agua.

### CLASIFICACIÓN JEL

H23, Q17, Q25.

## ABSTRACT

The article estimates the volume of virtual export of water contained in high volume Mexican agricultural export products during the period 2004-2013, following the methodology of Hoekstra and Hung, in order to establish their opportunity cost in three scenarios, since the tariff paid by agricultural producers tends to zero. The first scenario uses the shadow price provided by Ávila, and the share of the cost in agricultural exports is equivalent to 0.18%; in the second scenario, the price of bottled water is included and the share amounts to 27% of agricultural exports, and in the third, the water footprint and the shadow price of Ávila are used, the share is equivalent to 6.5%. The document includes the availability of the water resource in the world and in Mexico, the international studies, the case studies of virtual export of water published in recent years and the estimation of the virtual export of water and its economic cost. The study recommends the creation of water markets.

### KEY WORDS

Virtual water trade, virtual water exportation, water, water markets.

### JEL CLASSIFICATION

H23, Q17, Q25.

<sup>6</sup> Se toma como base al mes de marzo del 2017.

<sup>7</sup> El agua de red pública es calificada de mala calidad por su dureza.

## INTRODUCCIÓN

Cuando se exporta tomate fresco no sólo se comercia el fruto, en realidad sólo se vende el 8% de materia seca porque el 92% adicional es agua. Sin embargo, el precio del recurso hídrico que pagan los agricultores es una tarifa subsidiada que tiende a cero. ¿Acaso es México una nación sin presiones de escasez hídrica como para regalársela al mundo?

El estudio del agua se ha robustecido en las últimas décadas. Lo que parecía irrelevante cuantificar hace dos décadas, hoy en día ha despertado el interés de los economistas. En el albor del tercer milenio se han publicado investigaciones cuya finalidad es cuantificar la importancia del flujo virtual de agua en el ámbito internacional, documentos que se complementan y perfeccionan aportando cálculos cada vez más precisos.

El agua utilizada en el proceso de producción de un producto agrícola o industrial se le conoce como agua virtual (Hoekstra y Hung 2002). Este concepto surgió a principios de los años 90 y fue definido por vez primera por el Profesor J.A. Allan como “el agua que contienen los productos”. El agua virtual es una herramienta esencial para calcular el uso real del agua de un país, o su huella hídrica (water footprint)<sup>1</sup>, equivalente al total de la suma del consumo doméstico y la importación de agua virtual del país menos la correspondiente exportación.

El concepto de agua virtual también sirve para conocer aquellos productos que requieren más agua y que son producidos en zonas donde la escasez hídrica es mayor, generando un alto costo social y económico en la región, cuya finalidad es la generación de políticas agrícolas e hídricas para un uso más eficiente del agua en los ámbitos local, regional y mundial.

Los métodos para cuantificar el comercio virtual de agua en el ámbito internacional son diversos, existen aquellos que lo miden por medio de una muestra seleccionada de cultivos (Hoekstra y Hung, 2002; Renault y Zimmer, 2003), otros ocupan al sector ganadero (Hoekstra y Chapagain, 2007<sup>2</sup>), el comercio de alimentos (Reanult, 2003), la producción de alimentos (Haddain, 2003); otros lo miden a través de modelos de equilibrio general computable (Barritella y Hoekstra, 2006). También hay estudios

para países seleccionados, tal es el caso del análisis a través de los cereales en países de Asia y África (Yang y Reichert, 2003), en Holanda se analiza la huella de agua relacionada con el consumo de café y té (Hoekstra y Chapagain, 2007b), el comercio virtual de Marruecos y Holanda (Hoekstra y Chapagain, 2007c); en Medio Oriente (Allan, 2003), Jordania (Haddadin, 2003), países del sur de África (Earle y Turton, 2003); en la Comunidad en Desarrollo de África del Sur (Meissner, 2003), la medición para América Latina (Seguí et al. 2016), el caso de Japón (Oki y Sato, 2003) y México (Arreguín et al. 2007, así como Vázquez del Mercado y Buenfil, 2012). Con base en los resultados del comercio virtual del agua se propone que el mercado no debe fijar los precios del vital líquido (Van Der Zaag y Soverije, 2006), otros lo ubican como una factor de seguridad alimentaria (Warner, 2003), o en contrasentido, se recomiendan su privatización (Hoekstra, 2006). Cabe señalar que no existe un estudio particular para el caso de México y que sólo se cuantifican las cantidades de agua virtual; no su costo.

En este tenor, el presente artículo considera que la producción y exportación de productos agrícolas es un factor indicativo de la problemática de agua virtual en México, debido a que existen productos agrícolas de alto valor y volumen de exportación de elevado contenido hídrico. Así, el objetivo de este artículo es estimar el costo de la exportación virtual de agua contenida en los productos agrícolas de alto volumen de exportación durante el periodo 2004-2013, con la finalidad de establecer su costo de oportunidad, ya que el sector agrícola en México utiliza el 77% de la disponibilidad de agua cuya tarifa está subsidiada y lo que paga el productor agrícola por el recurso hídrico tiende a cero.

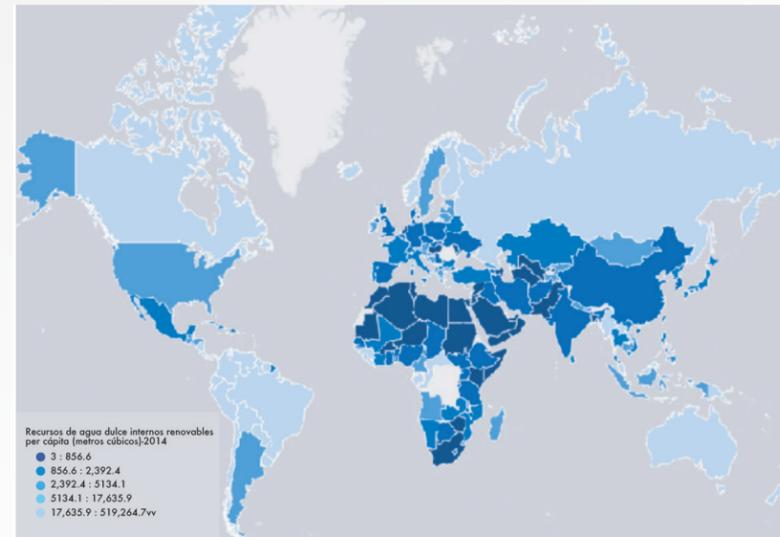
El documento se integra por cinco apartados, en el primero, se exponen los antecedentes de la disponibilidad del recurso hídrico en el ámbito internacional y en México; en el segundo, se refieren los estudios internacionales y las publicaciones de caso de la exportación virtual de agua; en el tercero, se identifican los productos agrícolas de mayor volumen de exportación; en el cuarto, se estima la exportación virtual de agua y su costo económico, y en el quinto, se presentan las conclusiones. Cabe señalar, que el presente artículo es diferente a los existentes porque no solo mide la exportación virtual del agua, también mide su costo económico.

<sup>1</sup> La huella hídrica de una nación es un indicador útil de la demanda del país respecto a los recursos hídricos del planeta. El agua de red pública es calificada de mala calidad por su dureza.

## 1. ANTECEDENTES DE LA DISPONIBILIDAD DEL RECURSO HÍDRICO

A pesar de la abundante presencia de agua en el planeta, menos del 1% de agua dulce es aprovechable para el consumo humano, ésta proviene de los lagos, ríos, humedad del suelo y cuencas de aguas subterráneas. Sin embargo, su disponibilidad en el ámbito mundial es desigual, por ejemplo, países como Argelia, Israel, Kenia, Ruanda\*, Arabia Saudita, Emiratos Árabes Unidos, entre otros, presentan una escasa disponibilidad de agua dulce menor a los 1,000 m<sup>3</sup> por habitante al año; en contraste, naciones como el Congo, Gabón y Papúa Nueva Guinea tienen una excesiva disponibilidad de agua dulce desde los 45,000 m<sup>3</sup> a un nivel superior a los 100,000 m<sup>3</sup> per capita. Las principales economías desarrolladas se ubican entre 1,000 y 80,000 m<sup>3</sup> per cápita; México cuenta con menos de 5 mil m<sup>3</sup> por individuo. La Ilustración 1 muestra la disponibilidad de agua por persona en el orbe.

Ilustración 1. Mundo: disponibilidad per capita de agua dulce, 2014. (Metros cúbicos)



Fuente: World Development Indicators, 2017.

Para ubicar esta información en su contexto considere que se define a un país sometido a estrés hídrico cuando disponen de menos de 1,700 m<sup>3</sup> por persona al año.

Con el devenir de los años, el problema de escasez de agua en el mundo se ha incrementado principalmente por tres factores: a) el crecimiento demográfico; b) el aumento del consumo de agua en el sector industrial, y c) la expansión del cultivo de regadío del

sector agrícola. Cabe destacar, que en el mundo en el año 2014 el 70% del agua dulce se empleaba en la agricultura, el 19% en la industria y sólo el 11% correspondió a consumo doméstico (World Bank, 2017). En México, en el año 2016 el 77% del vital líquido se emplea en el sector agrícola, el 9% en la industria y el 14% en el sector doméstico (World Bank, 2017).

También en el 2016, la superficie cosechada en la República Mexicana fue de 21 millones de hectáreas, cuyo valor de la producción supera los 500 mil millones de pesos, monto equivalente a 2% del PIB. El sector agrícola tiene tres marcadas debilidades: en primer lugar, el método tradicional de cultivo se utiliza en más del 72% de la superficie; en segundo, la eficiencia promedio del uso de agua se estima en 46%, y en tercero, del total de la superficie con infraestructura de riego solamente tres cuartas partes se irrigan.

La distribución del agua en México, al igual que en el globo terráqueo, es desigual. En las zonas norte, noreste y centro se asienta el 77% de la población, aporta el 80% del PIB, a pesar de que su disponibilidad natural media representa el 33%; en contraste, en la zona sureste vive el 23% de la población, genera el 20% del PIB y su disponibilidad natural media asciende al 67%.

Por otra parte, el agua como recurso natural es considerada como un bien común, es decir, que se trata de un recurso que puede ser compartido económicamente y que posee los atributos de ser un bien rival pero no excluible. El agua es un bien del cual\* no puede negarse su uso a pesar de que existan\* rivalidades de por medio. El problema de los bienes comunes radica en que generalmente conlleva al abuso y derroche del recurso (Cervantes, 2006). Cuando el agua para el consumo agrícola es gratuita y de libre acceso se propicia el uso excesivo del recurso, lo que reduce el bienestar de población y disminuye el beneficio de los productores agrícolas. Para preservar y garantizar el recurso se recomienda establecer incentivos que propicien el uso eficiente del agua. Una opción es través de la creación de mercados, apoyándose en el cálculo de costos de oportunidad o precios sombra<sup>3</sup>, fortaleciendo el argumento de que el libre acceso a un bien no debe ser sinónimo de gratuidad. En este tenor, el precio de mercado del agua debe reflejar el valor social marginal del bien y cumplir con su función de mecanismo de racionamiento al enviar las señales de escasez relativa para que los productores aumenten o disminuyan el uso del insumo agua. La solución más viable para resolver el excesivo consumo del recurso hídrico provocado por los subsidios es eliminarlos, lo cual permitiría internalizar el costo de la externalidad vendiendo el agua a precio de mercado.

<sup>2</sup> INEGI. Banco de Información Económica (BIE) 2017.

<sup>3</sup> Un precio sombra se define como el precio de referencia que se establecería para cualquier bien en condiciones de mercados competitivos, incluye tanto los costos sociales como los privados.

## 2. ESTUDIOS DE LA EXPORTACIÓN VIRTUAL DE AGUA

Arreguín et al. (2007, p. 122), define al agua virtual, siguiendo a Hoekstra y Chapagain (2007), como "...el agua virtual la cual se define como aquella cantidad de este líquido que se utiliza para producir o integrar a un producto, bien o servicio...". Así mismo, los autores definen a la huella hídrica de una persona, empresa o país como: "...el volumen total de agua dulce usada para producir los bienes y servicios consumidos por dicha persona, empresa o país..." (Arreguín et al., 2007, p. 129).

Hoekstra y Hung (2002), estimaron la cantidad de agua necesaria para producir cosechas de una muestra seleccionada de productos en diferentes países del mundo. También cuantificaron el volumen de flujo comercial de agua virtual entre naciones en el periodo de 1993 a 1999. Para calcularlo ocuparon diferentes tipos de cultivos. Renault y Zimmer (2003), contrastaron sus resultados con los de Hoekstra y Hung (2002). El propósito de su trabajo fue enfrentar las cuestiones metodológicas y proporcionar resultados preliminares sobre el comercio global de agua virtual.

Renault (2003), resaltó la importancia de la evaluación adecuada del agua virtual, en términos de su valor en el espacio y el tiempo. Él buscó metodologías fiables para calcular los volúmenes de agua virtual incrustados en el comercio de alimentos, sobre todo de productos secundarios como la carne para evitar la doble contabilidad de los insumos.

Yang y Reichert (2003), estimaron el umbral de los recursos hídricos con respecto a la importación de cereales utilizando información de países de Asia y África.

Warner (2003), tiene una visión optimista y presenta el tema de agua virtual como alternativa para evitar posibles guerras por el recurso hídrico. La tesis del agua virtual postula un restablecimiento de un mecanismo libre en un mundo desequilibrado debido a la pronunciada desigualdad en la distribución del agua en el ámbito internacional. Para el autor,\* los políticos deberían darse cuenta de que el agua virtual tiene efectos redistributivos sobre los actores sociales, proporcionando seguridad alimentaria en el ámbito mundial. Por su parte, Allan (2003), mostró que la percepción de los recursos de agua en Medio Oriente se construye a partir de la noción de que la escasez de agua se basa en una interpretación restrictiva de la disponibilidad de agua dulce.

Haddadin (2003), enfatizó el uso del agua en la producción de alimentos. Un alto porcentaje de ese uso reclama el total de los recursos hídricos, especialmente en países áridos o semiáridos. La posibilidad de aumentar el uso o remplazarlo con agua importada, en forma de productos, es una opción viable para contrarrestar los problemas de escasez. El autor presentó un método para medir factores exógenos de agua virtual que se inserta en las importaciones de alimentos básicos, ello para el caso de Jordania.

Earle y Turton (2003), estudiaron la capacidad del almacenamiento, distribución e intercambio de agua en los países del sur de África con respecto a la escasez y dependencia de agua.

Meissner (2003), se preguntó: ¿cuáles son actualmente los principales problemas ambientales, políticos, económicos y de salud que agravan la situación de la seguridad alimentaria dentro de la Comunidad en Desarrollo de África del Sur (SADC)? Su conclusión es que la gran mayoría de los estados miembros de la SADC están sufriendo inseguridad alimentaria.

Oki y Sato (2003), opinan que una unidad requerida de recursos hídricos para producir cada commodity (UW) debería ser conocido como una estimación del comercio de agua virtual. La base de datos de UW puede utilizarse para evaluar la demanda de agua en el futuro. Los autores realizan un estudio detallado del intercambio comercial de agua virtual que existe entre Japón y el resto del mundo. La importancia del estudio recae en el análisis que hacen los autores para un país como Japón, que es netamente un importador de agua virtual debido a la geografía de su territorio.

Berritella y Hoekstra (2007), presentaron un modelo de equilibrio general computable, diseñado para contar los recursos hídricos e ilustrar sus aplicaciones potenciales para el uso sustentable del recurso. Este estudio ofrece un método para evaluar el rol de los recursos del agua y su escasez en el contexto del comercio internacional. En el modelo, el sector de recursos hídricos es introducido en el estudio como un factor de la producción en la agricultura.

Hoekstra (2006), pondera la relevancia de la coordinación externa para una eficaz gestión de los recursos hídricos, incluye la coordinación de niveles espaciales más elevados que el de la cuenca hidrográfica. Para el autor los factores que le dan certidumbre a la dimensión global del manejo institucional del agua son: el cambio climático, la liberalización comercial y la privatización del sector del agua.

Van Der Zaag y Savenije (2006), argumentaron que el agua es un bien especial, el cual no tiene sustitutos; por lo tanto, es una asignación que no debería pasar por el tamiz de las libres fuerzas del mercado, por lo que el precio del agua debería ser determinado

por los gestores del sector hídrico. Para los autores, dejar que el mercado decida el precio del agua, ha demostrado la contradicción que existe con el concepto de gestión integrada de recursos hídricos, ya que conduce automáticamente a la mala asignación y uso del agua por parte de la sociedad, debido a los denominados "fallos de mercado". La fijación del precio del agua, como tal, es\* una cuestión financiera, que debe contribuir al objetivo de la sostenibilidad financiera a través de la recuperación de los costos, en combinación con subvenciones cruzadas.

Hoekstra y Chapagain (2007<sup>a</sup>), analizaron la huella de agua de las naciones para el caso de la ganadería y sus productos derivados de 1995 a 1999, lo realizaron con base en los estudios de Hoekstra y Hung (2002). El método empleado fue la huella de agua de las naciones, la cual tiene dos componentes, la interna y la externa. La primera es definida como el uso doméstico de los recursos hídricos para producir bienes y servicios consumidos por habitantes de un país. Por su parte, la huella externa de agua es definida como el volumen anual de los recursos acuíferos usados en otros países para producir bienes y servicios consumidos por habitantes de países interesados.

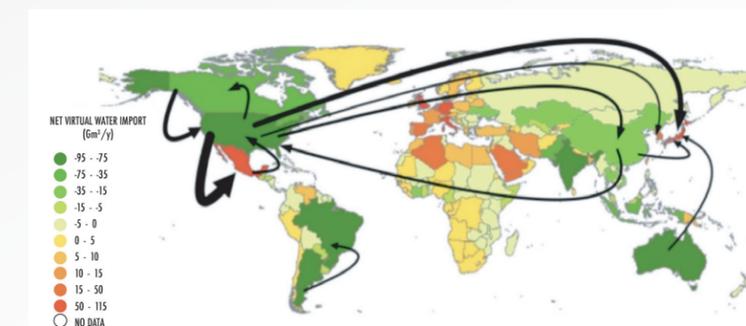
Hoekstra y Chapagain (2007<sup>b</sup>), evaluaron la huella del agua mundial de la sociedad holandesa en relación con el consumo de café y té. El método utilizado consistió en estimar el contenido de agua virtual en el café y té en cada uno de los países que exportan estos productos a Holanda. Los autores calcularon el volumen del flujo de agua virtual que entra y sale de Holanda de 1995 a 1999 y estimaron el volumen de agua que se necesita para beber una taza de café o té en Holanda. Concluyen que en la práctica actual, el café es adquirido por los consumidores finales a un precio que no incluye los derechos económicos, sociales y ambientales de la utilización del agua.

Hoekstra y Chapagain (2007<sup>c</sup>), también evaluaron la huella de agua de Marruecos, un país semiárido, y de Holanda, un país húmedo. Para este propósito los autores cuantificaron para ambos países las entradas y salidas de los flujos de agua virtual. En suma, estimaron el ahorro o pérdida de agua que resultó del comercio internacional de agua virtual para el periodo 1997-2001. El estudio se limita a productos agrícolas, responsables de la mayor parte del uso del agua virtual. Los autores muestran que Marruecos y Holanda importan agua virtual en mayor cuantía de la que la exportan, por lo que ambos países pueden considerarse como dependientes de recursos acuíferos.

Arreguín et al. (2007), estudiaron el comercio virtual de agua en México, retomando de nuevo a Hoekstra y Chapagain (2007), calcularon que México es un importador neto virtual de agua que en el año 2006 ascendió a 30 mil millones de m<sup>3</sup>.

Análogamente para el caso mexicano, Vázquez del Mercado y Buenfil (2012), estimaron el agua virtual y la huella hídrica entre 1996 y 2005, encontrando que México es el mayor importador de agua virtual en la región latinoamericana. En contraste, los principales exportadores de agua del continente americano son Argentina y Brasil colocados en el segundo y quinto lugar del mundo, respectivamente. La Ilustración 2 exhibe el flujo virtual bruto, relacionado con el comercio agrícola e industrial en el mundo.

Ilustración 2. Mundo: flujo virtual bruto de agua, 1996-2005. (Millones de metros cúbicos)



Fuente: Vázquez del Mercado y Buenfil, 2012.

Recientemente, Seguí et al. (2016), presentaron los resultados de su estudio en el que midieron la Huella Hídrica en América Latina como instrumento de gestión para el aprovechamiento eficiente del agua. Basados en los estudios de Vázquez del Mercado y Buenfil (2012), la metodología para estimar la Huella Hídrica es la tradicional, es decir, el enfoque de agua virtual utilizada para la producción de bienes y servicios. Se destaca la utilización de este indicador como instrumento de planeación del manejo del agua, así como la posibilidad de aplicar esta metodología de medición bajo distintas condiciones (Huella Hídrica de países, regiones, empresas, productos), considerando el alcance y las limitaciones al momento de estimar los cálculos respectivos.

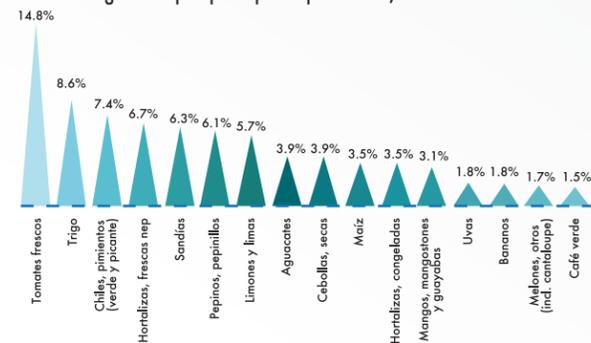
## 3. EXPORTACIÓN DE PRODUCTOS AGRÍCOLAS

México cuenta con una extensión de 1,964,375 km<sup>2</sup>, de ellos, el 13% presentan condiciones favorables para la agricultura, mientras que el resto tiene una orografía irregular o presenta problemas de degradación del suelo.

La exportación de productos agropecuarios representa el 3.4% del valor de las exportaciones no petroleras y equivalen al 0.8% del PIB nacional.

El volumen de exportación de productos agrícolas tiene contenido hídrico. Los productos agrícolas de mayor volumen de exportación son el tomate fresco al participar con el 15%, seguido por el trigo con el 9%, los pimientos (picante y verde) colaboran con el 7%, las hortalizas frescas con el 7%, los pepino y pepinillos participan con el 6%, en tanto los limones y limas tienen una participación similar. También son relevantes las exportaciones de aguacate, cebolla, maíz, hortalizas congeladas, mangos y guayabas, uvas, melones y café verde, tal como se muestra en la Ilustración 3. Los 16 productos mencionados en suma representan el 80% del volumen total de exportación de productos agrícolas, además la mayoría de ellos también están contenidos en el conjunto de productos de mayor participación en el valor de las exportaciones.

Ilustración 3. México: estructura porcentual del volumen de exportaciones agrícolas por principales productos, 2004-2013



Fuente: Elaboración propia con datos de FAOSTAT, 2017.

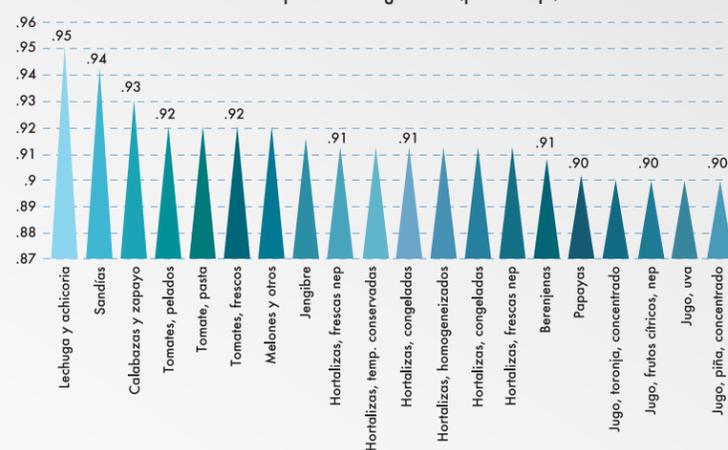
#### 4. ESTIMACIÓN DEL COSTO ECONÓMICO DE LA EXPORTACIÓN VIRTUAL DE AGUA

Conocidos los productos agrícolas de mayor exportación de acuerdo con su volumen, se puede estimar su contenido hídrico. La tabla de composición de alimentos (Cervera, 2003), expresa el porcentaje de humedad por kilo de producto de la canasta de consumo de las familias mexicanas. Como el porcentaje de humedad depende de los kilogramos, para realizar el cálculo se parte del siguiente supuesto: un "kilo de agua" es equivalente a un litro; de esta manera se pueden cuantificar los litros de agua que contienen los productos agrícolas de exportación. El porcentaje de humedad que contiene los productos agrícolas de mayor volumen de exportación se presenta en la Ilustración 4.

De los productos agrícolas que se cosechan el país, las repolladas (lechugas) son las de mayor porcentaje de agua (96.6%), seguido por las sandías (94.3%) y los tomates frescos (92.4%). Los ocho productos de mayor volumen exportado en promedio tienen una humedad de 91%. Adicionalmente, los tomates frescos, pepinos y cebollas se encuentran dentro de los primeros ocho productos que

en suma equivalen al 59% del valor de las exportaciones agrícolas.

Ilustración 4. Humedad de los productos agrícolas (porcentaje)



Fuente: Elaboración propia con datos del CD Composición de Alimentos.

El método de cálculo general para los tres escenarios desarrollados fue el siguiente:

- Se construyó una base de datos, con información de FAOSTAT, en la que se consideró el volumen total de exportación por productos agrícolas del año 2004 a 2013.
- Se calculó la estimación del contenido hídrico, para ello se multiplicó el porcentaje de humedad de cada producto por el volumen de exportación y se obtuvieron los kilos de agua exportada.
- Se partió del supuesto de que un kilo de agua es equivalente a un litro del vital líquido. Así, se pudo multiplicar la cantidad implícita de litros de agua exportada por el precio sombra correspondiente a cada año obteniéndose el costo social para cada producto.
- Se sumó el costo social de cada producto para cuantificar el costo social anual de la exportación virtual de agua en los productos agrícolas. La ecuación empleada fue la siguiente:

$$CS = \sum_{i=1}^n [(Q_i)(\alpha_i)(\beta)] [p_j]$$

Donde: CS = Costo social;  $Q_i$  = cantidad del producto agrícola exportado  $i$ -ésimo ( $i=1,2,3,\dots,n$ );  $\alpha_i$  = proporción de humedad del producto agrícola exportado  $i$ -ésimo;  $\beta=1$  kilo = 1 litro;  $p_j$  = precio por litro del escenario  $j$ -ésimo ( $j=1, 2, 3$ ; precio de los escenarios 1 y 3 = 0.024 pesos, 2 = precio del escenario 2 = 6.200).

Siguiendo los pasos de Bernal y Cervantes (2007), los resultados de la medición se presentan en tres escenarios: en el primero, se evalúa el precio sombra de Ávila (2003); en el segundo, el precio comercial de un litro de agua embotellada, y en el tercero, la huella hídrica para producir un kilo de producto evaluado al precio sombra. Se incorporan tres escenarios porque no existe un precio del agua, los extremos son el agua evaluada al precio sombra y el precio del agua embotellada.

#### ESCENARIO 1: AGOTAMIENTO DEL RECURSO

En términos agregados la Tabla 1 muestra el volumen hídrico exportado, el precio sombra por litro a precios nominales, el costo social de la exportación de agua y su participación en el PIB total y el agropecuario.

Tabla 1. México: costo nominal de exportación virtual de agua evaluado a precio sombra, 2004-2013.

AÑOS	Exportación virtual de agua (Millones de Lt)	Precio sombra (Pesos por Lt)	Costo de la exportación virtual (Millones de pesos)	PIB (Miles de millones de pesos)	PIB Agropecuario (Miles de millones)	Exportaciones Agrícolas (Miles de millones)	Participación del costo en el PIB (%)	Participación del costo en el PIB agrícola (%)	Participación del costo en las exportaciones agrícolas (%)
2004	4,107	0.025	101.44	8,693	175	64	0.0012%	0.06%	0.16%
2005	4,295	0.026	110.32	9,441	174	65	0.0012%	0.06%	0.17%
2006	4,892	0.027	130.22	10,538	206	74	0.0012%	0.06%	0.18%
2007	5,164	0.028	142.90	11,403	226	81	0.0013%	0.06%	0.18%
2008	5,606	0.029	163.08	12,257	251	88	0.0013%	0.06%	0.19%
2009	5,723	0.031	175.32	12,094	263	105	0.0014%	0.07%	0.17%
2010	6,221	0.032	198.47	13,282	285	109	0.0015%	0.07%	0.18%
2011	6,344	0.033	209.31	14,550	310	128	0.0014%	0.07%	0.16%
2012	6,885	0.034	236.48	15,627	353	144	0.0015%	0.07%	0.16%

Nota: El precio sombra utilizado corresponde al cálculo elaborado por Ávila para el año 2004, en años posteriores se actualizó con base en el índice Nacional de Precios al Consumidor (INPC). Fuente: elaboración propia.

En este primer escenario, en promedio cada año se exportaron implícitamente casi 6 mil millones de litros de agua. Dado el precio sombra de Ávila, en el año 2013 el costo social de la exportación virtual de agua ascendió a 260 millones de pesos equivalentes al 0.18% de la exportación de productos agrícolas, el 0.07% del PIB agropecuario y 0.0016% del PIB nacional.

#### ESCENARIO 2: A PRECIO DE AGUA EMBOTELLADA

El segundo escenario sustituye el precio sombra por el precio de un litro de agua embotellada, se ocupa dicho precio porque el agua contenida en los productos agrícolas es apta para el consumo humano al igual que la presentación embotellada, a pesar de incluir los costos de llenado, transporte y comercialización. Este resultado también expresa el costo social por años y por producto, pero su magnitud es considerablemente mayor.

Tabla 2. México: costo nominal de exportación virtual de agua evaluado a su precio de agua embotellada, 2004-2013.

AÑOS	Exportación virtual de agua (Millones de Lt)	Precio agua embotellada (Pesos por Lt)	Costo de la exportación virtual (Millones de pesos)	PIB (Miles de millones de pesos)	PIB Agropecuario (Miles de millones)	Exportaciones Agrícolas (Miles de millones)	Participación del costo en el PIB (%)	Participación del costo en el PIB agrícola (%)	Participación del costo en las exportaciones agrícolas (%)
2004	4,107	4.35	17,864	8,693	175	64	0.2055%	10.23%	28.03%
2005	4,295	4.35	18,675	9,441	174	65	0.1978%	10.71%	28.58%
2006	4,892	4.30	21,033	10,538	206	74	0.1996%	10.21%	28.32%
2007	5,164	4.38	22,612	11,403	226	81	0.1983%	9.99%	27.91%
2008	5,606	4.63	25,969	12,257	251	88	0.2119%	10.33%	29.62%
2009	5,723	4.80	27,448	12,094	263	105	0.2270%	10.42%	26.19%
2010	6,221	4.92	30,595	13,282	285	109	0.2303%	10.73%	28.17%
2011	6,344	5.04	31,963	14,550	310	128	0.2197%	10.32%	24.97%
2012	6,885	5.26	36,240	15,627	353	144	0.2319%	10.26%	25.20%
2013	7,303	5.39	39,392	16,118	352	143	0.2444%	11.18%	27.50%

Fuente: elaboración propia.

El escenario 2, concluye que el costo social de la exportación virtual de agua representa 39 mil millones de pesos equivalentes al 28% de la exportación de productos agrícolas, el 11.2% del PIB agropecuario y 0.24% del PIB nacional; los datos se muestran en la Tabla 2.

Obviamente este resultado es elevado pero da cuenta de un costo que podría ser la analogía de una condición de estrés hídrico.

### ESCENARIO 3: REQUERIMIENTO DE AGUA POR PRODUCTO

El tercer escenario sustituye la cantidad de agua exportada implícitamente por la cantidad requerida de agua para producir un kilo de producto durante el periodo de cosecha, conocido como huella hídrica. Para ello, se tomo como referencia el caso del tomate fresco, el cual para producir un kilo de producto requiere durante su cosecha 37.5 veces su contenido hídrico. Se considera exclusivamente al tomate fresco por ser el producto líder de exportación.

Tabla 3. México: costo nominal de la huella hídrica de la exportación virtual de agua evaluada a precio sombra, 2004-2013.

AÑOS	Exportación virtual de agua		Costo de la exportación virtual				Participación del costo en las exportaciones agrícolas (%)		
	(Millones de Lt)	Precio sombra (Pesos por Lt)	(Millones de pesos)	PIB (Miles de millones de pesos)	PIB Agropecuario (Miles de millones)	Exportaciones Agrícolas (Miles de millones)	Participación del costo en el PIB (%)	Participación del costo en el PIB agrícola (%)	Participación del costo en las exportaciones agrícolas (%)
2004	154,013	0.025	3,803.97	8,693	175	64	0.0438%	2.18%	5.97%
2005	161,076	0.026	4,137.09	9,441	174	65	0.0438%	2.37%	6.33%
2006	183,465	0.027	4,883.13	10,538	206	74	0.0463%	2.37%	6.58%
2007	193,649	0.028	5,358.66	11,403	226	81	0.0470%	2.37%	6.61%
2008	210,219	0.029	6,115.33	12,257	251	88	0.0499%	2.43%	6.97%
2009	214,629	0.031	6,574.35	12,094	263	105	0.0544%	2.50%	6.27%
2010	233,282	0.032	7,442.73	13,282	285	109	0.0560%	2.61%	6.85%
2011	237,912	0.033	7,867.10	14,550	310	128	0.0539%	2.53%	6.13%
2012	258,180	0.034	8,867.99	15,627	353	144	0.0567%	2.51%	6.17%
2013	273,854	0.036	9,764.38	16,118	352	143	0.0606%	2.77%	6.82%

El tercer escenario, arroja los siguientes resultados: al incorporar el requerimiento total de agua su exportación virtual asciende a 274 mil millones de litros en promedio durante el periodo, el costo social de la exportación virtual de agua en promedio del periodo representa 10 mil millones de pesos que en porcentaje equivale al 6.8% de la exportación de productos agrícolas, en cuanto al PIB agropecuario equivale al 2.8% y respecto del PIB nacional el 0.06%.

Cabe señalar que los escenarios expuestos no dependen del grado máximo y medio de humedad porque la diferencia de su porcentaje no es significativo, considerando el promedio de los 117 productos involucrados el promedio máximo fue de 54.8 % y el medio de 52.2%, es decir una diferencia de 2.6%.

Una vez demostrado que el subsidio en la tarifa del agua genera un costo externo, es necesario internalizarlo por medio de su eliminación e introduciendo un precio sombra de 0.025, generando recursos, ahorro y eficiencia en el uso del agua. Si bien el precio sombra es una referencia, la mejor solución es la constitución de mercados de agua que determinen el valor social marginal del vital recurso.

### 5. CONCLUSIONES

El agua en el mundo es un recurso que presenta un agudo problema de escasez, que se ha agravado año tras año tanto por el aumento de la población mundial como por el desarrollo de diferentes actividades económicas, sobre todo la agrícola que absorbe casi el 80% de agua y sólo aprovecha el 46%.

México, a pesar de ser una de las regiones a nivel mundial con mayor recarga de agua y de contar una amplia hidrografía, presenta problemas de escasez principalmente en la zona norte del país; lo cual se ha agravado con el paso del tiempo debido al desperdicio asociado a la producción agrícola. Tal es el caso, del tomate fresco cuya producción en los estados de Sinaloa, Baja California, San Luis Potosí, Baja California Sur y Sonora equivale alrededor del 60% nacional. Las entidades federativas con mayor escasez hídrica son las que exportan implícitamente el vital recurso, generando un costo social elevado.

Durante el periodo estudiado, el 38% del valor de la producción agrícola nacional se exporta, principalmente a través de hortalizas y frutales, pero en esencia son agua, ya que su materia seca no

supera el 10%; es decir, el equivalente una vez deshidratado. La investigación consideró los productos agrícolas de mayor exportación y de elevado contenido hídrico, estos son: tomate verde, repolladas, cebollas, pepinos, coliflor, brócoli, apio, berenjena; sandía, papaya limones, fresa, entre otras. En promedio, estos productos contienen 90% de humedad.

Para cuantificar el volumen de exportación virtual de agua en los productos agrícolas, primero se identificó el volumen de exportación de los principales productos agrícolas y posteriormente se calculó su contenido de agua por producto para obtener el volumen de contenido hídrico total. Posteriormente se multiplicó por el precio del agua en tres escenarios, lo que generó el mismo número de cuantificaciones del costo de la exportación virtual de agua, con los siguientes resultados: entre 2004 y 2013 se exportó virtualmente en promedio casi 6 mil millones de litros de agua por año. Cantidad que asciende a más de 200 mil millones de litros en promedio anual durante el periodo al incorporar el requerimiento total de agua para la producción agrícola de exportación, conocida como la huella hídrica.

Los resultados en particular fueron los siguientes:

Escenario 1, agotamiento del recurso: utilizando el precio sombra estimado por Ávila de 0.025 pesos por litro (en 2004), actualizado por inflación, tan solo en el año 2013 el costo social de la exportación virtual de agua representó 260 millones de pesos, equivalentes a 0.18% del valor de la exportación de productos agrícolas, el 0.07% del PIB agropecuario y 0.0016% del PIB.

Escenario 2, a precio de agua embotellada: en este escenario se sustituyó el precio sombra por el precio de un litro de agua embotellada, calculando una magnitud considerablemente mayor. Bajo este escenario, en el año 2013, el costo social de la exportación virtual de agua representó 39 mil millones de pesos equivalentes al 28% de la exportación de productos agrícolas, el 11% del PIB agropecuario y 0.24% del PIB. Este resultado es elevado, pero da cuenta de un costo en condiciones de aguda escasez de agua.

Escenario 3, requerimiento de agua por producto: En este escenario se sustituyó la cantidad de agua exportada virtualmente por la cantidad requerida de agua para producir un kilo de producto durante el periodo de cosecha (huella hídrica), tomando como referencia el caso del tomate fresco por constituirse como el productor líder. Para producir un kilo de tomate fresco se requiere durante su cosecha 37.5 veces su contenido hídrico. Así, el costo social de la exportación virtual de agua representa 10 mil millones de pesos, equivalentes al 6.8% de la exportación agrícola, al 2.8% del PIB agropecuario y el 0.06% del PIB.

La estimación estadística del costo de exportación de agua implícita en los productos agrícolas en el primer escenario no es significativo, porque su costo social es de 0.18% del valor de las exportaciones agrícolas; en contraste, en el escenario tres, cuando se ocupa el agua empleada para la producción, indica un costo de social relevante equivalente al 2.8% del PIB agrícola.

La externalidad negativa de las tarifas subsidiadas y su costo social asociado se pueden resolver por medio de la internalización del costo de la externalidad. La solución es simple, se le debe cobrar al sector agrícola precios de mercado por el uso del agua, sin discriminar a ningún productor, ya que el subsidio no es para el campesino sino para el consumidor, básicamente norteamericano; precios que eliminan el subsidio y que reflejen el costo social marginal del recurso hídrico. La creación de mercados de agua, a su vez, inducirá a los agricultores a abatir el desperdicio del vital líquido.

Con los ingresos generados la Comisión Nacional del Agua tendría recursos para sustituir y ampliar la infraestructura hídrica.

### BIBLIOGRAFÍA

Allan, J.A. (2003). "Virtual water eliminates water wars? A case study from the Middle East". Value of Water Research Report Series No. 12. Holanda, Febrero.

Arreguín, F., Marengo, H., Tejeda, C. (2007). "Agua virtual en México. Ingeniería hidráulica en México", Ingeniería hidráulica en México, vol. XXII, núm. 4, pp. 121-132, Octubre-Diciembre.

Ávila, S.; Muñoz, C., Jaramillo, L., Martínez, A. (2005). "Un Análisis del subsidio a la tarifa 09", Gaceta Ecológica, No. 75, pp. 65-76, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México, D.F.

Bernal, N.A. y Cervantes, M. (2007), Exportación implícita de agua en productos agrícolas en México, 1995-2005. Tesis de licenciatura, México, Facultad de Economía, UNAM.

Berrittella, M. & Hoekstra, A.Y. (2007) "The economic impact of restricted water: A computable general equilibrium analysis". Water Research, Volume 41, Issue 8, April, Pages 1799-1813.

Cervantes, M. (2013). Microeconomía, teoría, simuladores computacionales y retos, México D.F., Laboratorio de Análisis Económico y Social, A.C.

Cervera, Pilar (2003). Tablas de composición de alimentos del CESNID, 2ª edición, España, Ed. McGraw-Hill.

Comisión Nacional del Agua (CNA) (2004). Estadísticas del agua en México 2004, Disponible en <https://www.gob.mx/conagua/acciones-y-programas/publicaciones-estadisticas-y-geograficas-60692>; <http://www.conamexphi.com/wp-content/uploads/2017/09/2004EAM2004.pdf>

Comisión Nacional del Agua (CNA) (2016). Estadísticas del agua en México 2016, Disponible en <https://www.gob.mx/conagua/acciones-y-programas/publicaciones-estadisticas-y-geograficas-60692>; <http://files.conagua.gob.mx/conagua/publicaciones/Publicaciones/EAM2016.pdf>

Comisión Nacional del Agua (CNA) (2002). Programa Nacional Hidráulico 2001-2006, Disponible en: [http://www.paot.org.mx/centro/programas/federal/pnd-semamat/PNH\\_sinergias.pdf](http://www.paot.org.mx/centro/programas/federal/pnd-semamat/PNH_sinergias.pdf)

Earle A. y Turton A. (2003). "The virtual water trade amongst countries of the SADC". Value of Water Research Report Series, No. 12. UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands.

Fereres, E. (2000). El agua, fuente de tensiones, Recuperado el día 12 de junio de 2017 de: <http://www.el-mundo.es/2000resumen/agua.html>

Haddadin M.J. (2003). "Exogenous water: A conduit to globalization of water resources". Value of Water Research Report Series, No. 12, UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands.

Hoekstra, A.Y; Chapagain, A. (2007a). "Water footprints of nations: Water use by people as a function of their consumption pattern", Water Resources Management, Volume 21, Issue 1, pp 35-48, DOI <https://doi.org/10.1007/s11269-006-9039-x>

Hoekstra, A.Y; Chapagain, A. (2007b). "The water footprint of coffee and tea consumption in the Netherlands", Ecological Economic, No. 64, pp. 109-118, Recuperado de <http://waterfootprint.org/media/downloads/ChapagainHoekstra2007waterforcoffeetea.pdf>

Hoekstra, A.Y; Chapagain, A. (2007c). "The water footprints of Morocco and the Netherlands: Global water use as a result of domestic consumption of agricultural commodities", Ecological Economic, No. 64, pp. 143-151, DOI <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolecon.2007.02.023>

Hoekstra, A.Y; Chapagain, A. (2003). "Virtual water trade: A quantification of virtual water flows between nations in relation to international trade of livestock and livestock products," Value of Water Research Report Series, No. 12, UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands.

Hoekstra, A.Y; Hung, P. (2002). "A quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade", Value of Water Research Report Series No. 11. UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands.

Hoekstra, A.Y. (2006). "The global dimension of water governance: nine reasons for global arrangements in order to cope with local water problems". Value of Water Research Report Series, No. 20, UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2017). Sistema de Cuentas Económicas y Ecológicas de México, El agua en México y el mundo, Disponible en <http://www.inegi.org.mx/>

Meissner, R. (2003). "Regional food security and virtual water: Some environmental, political, and economic consideration". Value of Water Research Report Series No. 12, UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands.

Oki, T y Sato, M. (2003). "Virtual water trade to Japan and in the world", Value of Water Research Report Series, No. 12, UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands.

Renault, D y Zimmer, D. (2003). "Virtual water in food production and global trade : Review of methodological issues and preliminary results", Value of Water Research Report Series, No. 12, UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands.

Renault, D. (2003). "Value of virtual water in food: Principles and virtues", Value of Water Research Report Series. No. 12, UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands.

Seguí Amórtegui, Luis Alberto; Vega, et al (diciembre de 2016). "Huella hídrica: análisis como instrumento estratégico de gestión para el aprovechamiento eficiente de los recursos hídricos". Ciencia Nicolaita, No. 69, México, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, pp. 76-101.

Van Der, Z. y Savenije H. (julio de 2006). "Water as an economic good: The value of pricing and the failure of markets", Value of Water Research Report Series, No.19, UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands.

Vázquez del Mercado, R. y Buenfil, M. (2012). "Huella hídrica de América Latina, retos y oportunidades", Aqua-LAC, Vol. 4, N° 1, pp. 41-48.

Warner, J. (2003). "Virtual water - virtual benefits? Scarcity, distribution, security and conflict reconsidered", Value of Water Research Report Series, No. 12, UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands.

World Bank (2017). "Freshwater", World Development Indicators, Disponible en: <https://data.worldbank.org/indicator/ER.H2O.INTR.PC>

Yang, H; Reichert, P. (2003). "A water resources threshold and its implications for food security". Value of Water Research Report Series, No. 12, UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands.

## CALIDAD DE VIDA Y CALIDAD DEL AGUA: NEXO CON LAS ENFERMEDADES DIARREICAS AGUDAS Y SU COSTO ASOCIADO EN MÉXICO

### QUALITY OF LIFE AND WATER QUALITY: NEXUS WITH SEVERAL DIARRHEAL DISEASES AND THEIR ASSOCIATED COST IN MEXICO

Moeller-Chávez Gabriela E. <sup>(1)\*</sup>, Ferat Toscano Catalina <sup>(2)</sup>, Lizama Bahena Cristina <sup>(1)</sup>, Treviño Quintanilla Luis <sup>(1)</sup>, Guillen Garcés Angélica <sup>(1)</sup> y Peña Miranda Josué <sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Universidad Politécnica del Estado de Morelos

<sup>(2)</sup> Facultad de Ingeniería. Ing. Ambiental Posgrado de Ingeniería

<sup>(1)\*</sup> Autor de correspondencia. [gmoeller@upemor.edu.mx](mailto:gmoeller@upemor.edu.mx)

#### RESUMEN

Se presenta el análisis realizado en seis estados de la República Mexicana entre la Calidad de Vida medida a través del Índice de Desarrollo Humano (IDH) y la Calidad del Agua (CA) y Saneamiento (S), y su relación con las Enfermedades Diarreicas Agudas (EDAs) identificando los costos asociados a estas. La metodología seguida fue analizar los componentes que integran el IDH elaborado por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y clasificar los estados de acuerdo a ello buscando cómo se relacionan con la calidad del agua y el saneamiento del sitio y la incidencia de EDAs. Se seleccionaron los tres estados calificados con el mayor IDH (Ciudad de México, Nuevo León y Sonora) y los tres con menor IDH (Oaxaca, Guerrero y Chiapas). Las estadísticas e información fueron tomadas de diferentes fuentes oficiales y de estudios realizados relacionados con los temas analizados.

Se encuentra que a mayor IDH, hay una mejor CA y S y menor incidencia de EDAs. Hay una correlación indirecta entre EDAs e IDH y CA y S (menor incidencia de enfermedades diarreicas a mayor IDH y mejor CA y S existen). Las propuestas para la disminución de los costos que las instituciones de salud en el país erogan para resolver este problema van encaminadas a invertir en el nivel de educación ya que esto directamente generará un mejor hábito y medidas de higiene en los habitantes y mayores ingresos que mejorarán las viviendas y la recepción de agua entubada y desinfectada así como el desalojo de las aguas residuales, que por ende disminuirán la frecuencia de enfermedades relacionadas con el consumo de agua microbiológicamente contaminada y el contacto con las aguas residuales y/o con el mal manejo de los alimentos en la vivienda.

Palabras clave: Índice de Desarrollo Humano, Calidad del Agua, Patógenos y Enfermedades Diarreicas Agudas

#### ABSTRACT

An analysis is presented for six states in the Mexican Republic between the Quality of life measured by the Human Development Index (HDI), Water Quality (WQ) and Sanitation (S) and their relationship to intestinal infectious diseases, identifying the associated costs of these diseases. The methodology followed was to analyze the factors that integrate the HDI elaborated by the United Nations Development Program (UNDP) and classifying the states according to this Index, looking for how they are related to Water Quality and Sanitation of the site and also related to the incidence of intestinal infectious diseases. The three states graded as the best with the highest HDI (Mexico City, Nuevo León and Sonora) and the worst graded states with the lowest HDI (Oaxaca, Guerrero and Chiapas) were selected. Statistics and information were taken from different official sources and from articles and reports related to the topics analyzed. It was found that the greater the HDI is, there is a better WQ and S and less incidence of infectious diseases (there is an indirect correlation between infectious diseases and HDI and WQ and S (less incidence of these diseases as HDI is greater and better WQ and S exist).

The proposals to diminish the expenses that health institutions responsible to solve these problems have to incurred are focused in invest to obtain a better educational level, because this action will directly be reflected in better habits and improvement in hygienic measurements in the population and greater incomes will improve living style and housing and the reception of piped and disinfected water that will improve water quality. Also to properly evacuate wastewater from housing that will diminish the frequency of infectious diseases related to drink water that is microbiologically polluted and to avoid the contact with wastewater and the inadequate food handling.

## INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso vital para todos los seres vivos, pero si está contaminada puede ser el vehículo portador de microorganismos patógenos que generarán enfermedades de todo tipo y principalmente por su ingestión darán como origen a las enfermedades de tipo gastrointestinal, denominadas EDAs. Este líquido es uno de los recursos más preciados en el planeta que directamente está relacionado con el IDH. Proveer a los habitantes de comunidades rurales y núcleos urbanos de agua de buena calidad y en cantidad suficiente para los diversos usos y del saneamiento respectivo se encuentran entre las prioridades más importantes de los gobiernos en todo el mundo. Así lo señala el objetivo seis de los Objetivos de Desarrollo Sostenible. ODS: agua limpia y saneamiento. El deterioro de la calidad del agua ocurre por procesos tanto naturales como antropogénicos y el acceso a un agua libre de contaminantes físico-químicos o microbiológicos que causen enfermedades y afecten a la salud pública es imprescindible. Existe una relación directa entre “pobreza” y “mala calidad del agua”, como con el “saneamiento deficiente”. Lamentablemente en este siglo todavía son muchas las personas que carecen del derecho humano al agua y a disfrutar de una fuente de agua que les provea la seguridad hídrica necesaria, la sostenibilidad del recuso y un mejor desarrollo humano.

Datos reportados por la Organización Mundial de la salud indican que:

- ===== 844 millones de personas carecen incluso de un servicio básico de suministro de agua potable, cifra que incluye a 159 millones de personas que dependen de aguas superficiales.
- ===== En todo el mundo, al menos 2000 millones de personas se abastecen de una fuente de agua potable que está contaminada por heces.
- ===== El agua contaminada puede transmitir enfermedades como la diarrea, el cólera, la disentería, la fiebre tifoidea y la poliomielitis (contaminantes microbiológicos) por mencionar sólo algunos. Se calcula que la contaminación del agua potable provoca más de 502 000 muertes por diarrea al año.

De aquí a 2025, la mitad de la población mundial vivirá en zonas con escasez de agua. (WHO, 2015 op. cit. Moeller 2017).

El hecho que el agua sea indispensable para la vida en el planeta, para la calidad de vida de las personas y para el desarrollo de los individuos y comunidades, la convierte en un recurso estratégico que repercute directamente en el bienestar humano. El saneamiento adecuado es indispensable para mantener una buena salud y la dignidad humana (UNICEF, 2015).

Se ha demostrado que existe una relación entre el incremento en la cobertura de agua potable y la disminución de la tasa de mortalidad en menores de cinco años. El porcentaje en México entre 1990 y 2006 aumentó de 77% a 89%, mientras que la tasa de mortalidad por enfermedades diarreicas en menores de cinco años disminuyó considerablemente de 122 a 14 por cada 100,000 habitantes. \*(Sepúlveda, et al. 2007, op. Cit. Peña Miranda 2015).

## CALIDAD DEL AGUA Y SU CONTAMINACIÓN POR AGENTES MICROBIOLÓGICOS

El agua es parte esencial de nuestra propia vida y de otros seres vivos, y además,\* contribuye al desarrollo general en todas las actividades que se realizan. Es uno de los pocos elementos sin los cuales no podría mantenerse la vida por lo que ofrece grandes beneficios al hombre, pero a la vez puede ser transmisor de enfermedades. La inadecuada disposición de excretas y alcantarillado deficiente contamina el agua potable, originando numerosas enfermedades diarreicas y gastrointestinales. (OPS, 1999, Op. cit. Ferat, 2013), situación que se agrava por el bajo volumen de tratamiento que se tiene para las aguas residuales que a 2016 era tan sólo del 50% (CONAGUA, 2016).

La carencia de agua, de saneamiento básico y el inadecuado manejo de las aguas residuales son factores determinantes en la incidencia de enfermedades de origen hídrico, entre las cuáles las más comunes son las enfermedades infecciosas intestinales (Rojas et al, 2010; op. cit. Ferat, 2013). A nivel mundial ocurren 1700 millones de casos de enfermedades diarreicas infantiles cada año, son la segunda mayor causa de muerte de niños menores de cinco años y ocasionan la muerte de 525 000 niños cada año. En países de ingresos bajos, los niños menores de tres años sufren, en promedio, tres episodios de diarrea en un año, y en cada episodio el niño se priva de los nutrientes necesarios para su crecimiento siendo la diarrea una importante causa de malnutrición (OMS, 2017).

En México, las enfermedades infecciosas intestinales (EII), se encuentran entre las primeras 20 causas de mortalidad general, es la cuarta causa de mortalidad infantil (SINAIS, 2005) y ocupa el segundo lugar dentro de las principales causas de enfermedad, tanto en la población en general, como en los menores de cinco años (SSA, 2009, op. cit. Ferat, 2013).

Está demostrado que los factores ambientales están relacionados con enfermedades infecciosas intestinales, principalmente en niños menores de cinco años (Rojas Horacio et al, 2010; op. cit. Ferat, 2013). Se ha establecido un vínculo entre la presencia de diarrea con la falta de agua o el acceso limitado de agua potable, así como con la posición socioeconómica que presentan las personas o con la

región geográfica en que habitan. De esta manera se ha visto que los pobres presentan altas tasas de incidencia de diarrea, así como los niños que vivían en zonas rurales. El acceso al agua potable por sí solo no logra reducir la prevalencia de diarreas si no se consideran medidas complementarias en el ámbito social.

Los efectos adversos en la salud humana ocasionados por el agua pueden dividirse en cuatro categorías:

- A.** Enfermedades transmitidas por el agua: son aquellas causadas por el agua contaminada por desechos humanos, animales o químicos. Entre ellas se encuentra el cólera, la fiebre tifoidea, la shigelosis\*, la diarrea (todas en el grupo A00-09) y la poliomielitis, meningitis, hepatitis A y E que son enfermedades producidas por contaminación con aguas residuales. Las muertes por diarrea se pueden evitar con simples medidas de higiene, como lavarse las manos antes de preparar la comida o después de ir al baño.
- B.** Enfermedades con base en agua: que son las causadas por organismos acuáticos que pasan una parte de su ciclo vital en el agua y otra como parásitos animales. Los causantes de estas enfermedades son una variedad de gusanos trematodos\*, tenias, lombrices intestinales y nematodos\*, denominados helmintos.
- C.** Enfermedades de origen vectorial relacionados con el agua: son enfermedades transmitidas por vectores como los mosquitos causantes del dengue, zika y la mosca tse-tsé, que se crían y viven cerca de aguas contaminadas y no contaminadas.
- D.** Enfermedades vinculadas a la escasez de agua: que incluye el tracoma, la tuberculosis, que se propagan en condiciones de escasez de agua dulce y sanidad deficiente.

Estas enfermedades avanzan sin parar, sin embargo pueden controlarse fácilmente con una mejor higiene, para lo cual es imprescindible disponer de suministros adecuados de agua potable y el adecuado desalojo de las aguas residuales generadas.

## CLASIFICACIÓN DE ENFERMEDADES DE ACUERDO A LA ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (OMS).

En 1853 se creó la “Nomenclatura uniforme de causas de defunción aplicable a todos los países” y que posteriormente dio lugar a la Clasificación Internacional de Enfermedades (CIE), ha sido la referencia para informar de la mortalidad y morbilidad en el ámbito nacional e internacional. Desde su 6ª revisión en 1946, la Organización Mundial de la Salud ha sido responsable de la misma, siendo la 10ª revisión la que actualmente está en vigor (CIE 10).

En el capítulo correspondiente a Ciertas Enfermedades infecciosas y parasitarias (A00-B99), están comprendidas las transmitidas por el agua e incluye enfermedades reconocidas como contagiosas o transmisibles. Este capítulo contiene varios subgrupos. La mayor parte de las enfermedades transmitidas por el agua se encuentran en el subgrupo de las Enfermedades infecciosas intestinales (A00-A09), constituidas por:

- ===== A00-Cólera
- ===== A01 Fiebre tifoidea y paratifoidea
- ===== A02 otras infecciones debidas a Salmonella
- ===== A03 Shigelosis
- ===== A04 Otras infecciones intestinales bacterianas
- ===== A05 Otras intoxicaciones alimentarias bacterianas
- ===== A06 Amebiasis
- ===== A07 otras enfermedades intestinales debidas a protozoarios
- ===== A08 Infecciones intestinales debidas a virus y otros organismos específicos
- ===== A09 Diarrea y gastroenteritis de presunto origen infeccioso

La tabla 1 presenta los principales microorganismos patógenos responsables de causar enfermedades a través del agua, separados por tipo de organismo: Bacterias, protozoarios y virus indicando el tipo de padecimiento de causan. La principal contaminación por la cual se transmiten es debido al contacto con aguas residuales o a través de contaminación de fuentes de abastecimiento con heces de humanos o animales.

Tabla 1. Patógenos transmitidos a través del agua y padecimientos causados por ellos.

	PATÓGENOS	PADECIMIENTOS
<b>BACTERIAS</b>	Escherichia coli entero-patogénica	Gastroenteritis
	Campylobacter jejuni	Gastroenteritis
	Salmonella sp.	Tifoidea, salmonelosis
	Legionella pneumophila	Enfermedad respiratoria aguda
	Shigella sp	Disentería
	Yersinia enterocolitica	Gastroenteritis
<b>PROTOZOARIOS</b>	Vibrio cholerae	Cólera
	Cryptosporidium sp.	Diarrea
	Entamoeba histolytica	Disentería Amebiana
	Giardia lamblia	Diarrea
<b>ENTEROVIRUS</b>	Naegleria fowleri	Meningoencefalitis
	Adenovirus	Males respiratorios y de ojos
	Astrovirus	Gastroenteritis
	Calicivirus	Gastroenteritis
	Coxsackievirus A	Meningitis
Coxsackievirus B	Miocarditis, meningitis, males respiratorios	

Fuente: Moeller (2016)

## EL ÍNDICE DE DESARROLLO HUMANO, IDH

El índice fue diseñado por el PNUD con el objeto de medir el logro general de un país y clasificarlo de acuerdo a tres dimensiones básicas del desarrollo humano: larga vida y saludable, disponer de educación y tener un nivel digno de vida. A nivel nacional se mide a través de la esperanza de vida al nacer, el nivel educativo incluyendo la tasa de alfabetización de adultos y la matriculación de la población en edad escolar, y el producto por habitante a paridad de poder de compra. Cada dimensión es medida a través de un índice que considera las desviaciones o “rezagos” con respecto a algún valor de referencia, que en general es el logro deseable, una vez obtenidos los índices en cada dimensión, éstos se agregan con ponderaciones iguales (López Calva y otros, 2003).

Buscando como se relacionan con la calidad del agua del sitio y la incidencia de EDAs para los sitios en que se mide, el IDH es una herramienta clave para este enfoque, pues resume los logros en salud, educación e ingreso de las personas y ofrece un panorama multidimensional del desarrollo. El IDH simplifica y refleja sólo una parte de lo que entraña el desarrollo humano, ya que no contempla las desigualdades, la pobreza, la seguridad humana ni el empoderamiento (PNUD, 2015).

El IDH es integrado por el índice de salud (IS) que mide la capacidad básica de contar con una vida larga y saludable, el Índice de Educación (IE), que mide el progreso relativo de la entidad federativa en materia de años promedio de escolaridad para personas mayores de 24 años, y años esperados de escolaridad para personas entre 6 y 24 años y el Índice de Ingreso (II), el cual se refleja en el acceso a recursos que permiten gozar de una vida digna, calculado a partir del Ingreso Nacional Bruto (INB) como indicador de los recursos disponibles (PNUD, 2014), como se muestra en la tabla 2 con los valores máximos y mínimos para el cálculo de los índices componentes.

Otra definición del Desarrollo Humano es la forma de medir la calidad de vida del ser humano en el medio en que se desenvuelve; de estos factores depende la calificación otorgada a un país o región; asimismo, el proceso por el que una sociedad mejora las condiciones de vida de sus habitantes a través de un incremento de los bienes con los que puede cubrir sus necesidades básicas y complementarias, y de la creación de un entorno en el que se respeten los derechos humanos de todos ellos y que se traduce en la cantidad de opciones que tiene un individuo en su propio medio, para ser o hacer lo que él desea. A mayor cantidad de opciones mayor desarrollo humano, a menor cantidad de opciones, menor desarrollo humano. (Informe de Desarrollo Humano 2016: PNUD, 2017).

TANTALUS 29

El IDH mundial no puede ser separado de la provisión del recurso agua que debido a los problemas ocasionados por el mal uso del recurso y su escasez en zonas específicas, la atención y esfuerzos del gobierno suelen dirigirse principalmente al abasto hídrico y en menor parte a los aspectos sanitarios relacionados con la calidad de la misma.

México, a pesar de que ha redoblado esfuerzos durante las dos últimas décadas para ampliar la cobertura de los servicios de agua y saneamiento, aún persisten enormes contrastes al comparar su acceso entre entidades federativas, como también en localidades rurales y urbanas. (Haro, et al.2012, Conagua 2016).

Una forma indirecta de estimar el daño a la salud, resultado de la mala calidad microbiológica del agua, lo constituyen ciertos indicadores de morbilidad y mortalidad, como la tasa de enfermedades diarreicas agudas (EDA) cuya etiología con frecuencia es infecciosa, aunque no siempre de origen bacteriano. Estadísticas reportan que su incidencia suele ser mayor en menores de cinco años y sus consecuencias son más severas en menores de un año quienes son más susceptibles de morir por esta causa. (WHO 2015 y SSA 2014). La tabla 2 presenta los indicadores empleados para el cálculo del IDH estatal y en la tabla 3 se presenta la escala de valor para el IDH.

Tabla 2. Indicadores empleados para el cálculo del IDH estatal

DIMENSIÓN	INDICADOR	VALORES DE REFERENCIA		FUENTE
		MÁXIMO	MÍNIMO	
SALUD	Esperanza de vida al nacer	85	20	CONAPO
EDUCACIÓN	Años promedio de escolaridad	15	0	SEP
	Años esperados de escolaridad	18	0	SEP
INGRESO	INB per cápita en dólares estadounidenses PPC	75,000	100	INEGI y Banco Mundial

Fuente: (PNUD, 2015)

Para calcular el IDH de las entidades federativas, primero se construyen los índices normalizados correspondientes a cada dimensión es decir el Índice de Salud, el Índice de Educación y el Índice de Ingreso, luego se les combina utilizando la media geométrica:

$$IDH = (IS^{\frac{1}{3}})(IE^{\frac{1}{3}})(II^{\frac{1}{3}})$$

El IDH resultante da cuenta del nivel de desarrollo humano experimentado por las personas en las entidades federativas en el año de referencia. Los valores del IDH oscilan entre cero y uno (Tabla 3). Cuanto más cercano a uno sea el valor del IDH mayor será el avance obtenido por la entidad federativa en relación con los parámetros definidos en el ámbito internacional. En el anexo 1 se presenta la metodología para el cálculo de los índices de salud, IS, Educación IE y de Ingreso, II.

Tabla 3. Escala de valor para el IDH

ÍNDICE DE DESARROLLO HUMANO	INTERVALO DE VALOR
Muy alto	0.760 a 0.830
Alto	0.745 a 0.760
Medio	0.723 a 0.742
Bajo	0.667 a 0.720

Fuente: elaborado a partir de PNUD 2015

## ENFERMEDADES DIARREICAS AGUDAS Y EL ÍNDICE DE DESARROLLO HUMANO

Las EDA son un problema de salud pública asociado con el consumo de agua y alimentos contaminados. Las personas afectadas pueden ser de cualquier edad y condición social, aunque los grupos más vulnerable son los niños menores de cinco años y los ancianos además de los habitantes en países en desarrollo. Por lo cual se analizará en este trabajo a las tres entidades federativas con mayor y menor IDH y su relación con las EDAs en menores de cinco años en México.

### Objetivo General

Analizar la relación que existe entre el Índice de Desarrollo Humano, IDH y Calidad del Agua con las EDAs

### Objetivos específicos

- ===== Analizar los valores del IDH de los estados seleccionados con mayor y menor índice
- ===== Correlacionar estos valores con la incidencia de EDAs
- ===== Determinar el costo asociado a las EDAs en los seis estados seleccionados
- ===== Proponer medidas de prevención para disminuir las EDAs en los lugares analizados

### Metodología

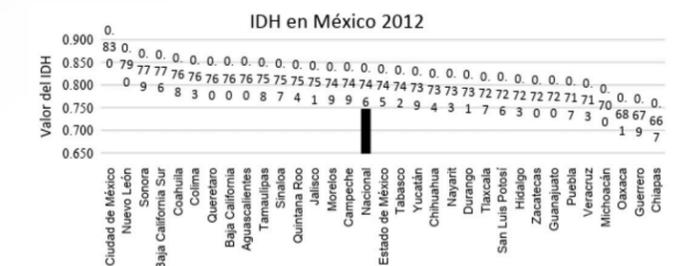
La metodología seguida fue el analizar los factores considerados por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, PNUD para elaborar el índice y clasificar un país de acuerdo con estos

factores, buscando cómo se relacionan con la calidad del agua y el saneamiento del sitio y la incidencia de EDAs para los estados seleccionados, que fueron escogidos usando la información de los tres estados calificados con el mayor IDH (Ciudad de México, Nuevo León y Sonora) y los tres con menor IDH (Oaxaca, Guerrero y Chiapas). Las estadísticas e información fueron tomadas de fuentes oficiales: Secretaría de Salud (SSA), Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), Organización Mundial de la Salud (OMS), Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), (Instituto Nacional de Salud Pública (INSP), Secretaría de Economía (SE), Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental (AIDIS) y a partir de varios estudios realizados relacionados con los temas analizados).

## Resultados y discusión

### Índice de Desarrollo Humano en México

México se encuentra dentro del grupo de países con desarrollo humano alto con un IDH de 0.746, calificación que le fue otorgada en 2012. Sin embargo, ninguna entidad federativa obtiene el nivel de desarrollo humano muy alto, aunque todas se encuentran por encima de los límites internacionales de desarrollo medio y bajo. Aunado a lo anterior, en 2012, 29 de las 32 entidades federativas se encontraban por encima del promedio mundial del IDH (0.700). Únicamente Chiapas, Guerrero y Oaxaca obtuvieron un nivel inferior. En términos regionales, 18 de las entidades federativas igualan o superan el valor del IDH de América Latina y el Caribe (0.739), como se muestra en la Figura 1. (Op. cit. Peña Miranda, 2015)



Fuente: PNUD, 2015 tomado de Peña Miranda, 2015

Figura 1. Índice de Desarrollo Humano México 2012.

De acuerdo con la figura 1 el mayor nivel de desarrollo humano estuvo en el Distrito Federal, ahora CDMX,\* con un IDH de 0.830, seguidos del estado de Nuevo León con 0.790 y el de Sonora con 0.779. El IDH del Distrito Federal fue 11.3% más elevado que el valor nacional (0.746). En cambio Chiapas con 0.667, Guerrero con 0.679 y Oaxaca con 0.681 presentaron los menores niveles de desarrollo en el país. El valor del IDH de Chiapas fue 10.5% menor al nacional y 19.6% menor al del Distrito Federal (CDMX).

TANTALUS 30

Con base en el Índice de Desarrollo Humano para las entidades federativas México 2015, las entidades federativas con mayor posición nacional en el año 2012 fueron Ciudad de México, Nuevo León y Sonora y con menor posición Guerrero, Oaxaca y Chiapas como se muestra en la tabla 4:

**Tabla 4.** IDH de las entidades federativas 2012

POSICIÓN NACIONAL SEGÚN EL IDH	ENTIDAD FEDERATIVA	VALOR DEL IDH	CLASIFICACIÓN
1	Ciudad de México	0.830	Muy alto
2	Nuevo León	0.790	Muy alto
3	Sonora	0.779	Muy alto
30	Oaxaca	0.681	Bajo
31	Guerrero	0.679	Bajo
32	Chiapas	0.667	Bajo

Fuente: Peña Miranda 2015.

## ENFERMEDADES DIARREICAS AGUDAS Y SU RELACIÓN CON EL IDH EN MÉXICO

El INEGI en 2014 reporta que los resultados de las principales causas de mortalidad en menores de cinco años son las EDAs, en donde Chiapas ocupa el primer lugar con el mayor número de muertes, y para Oaxaca y Guerrero dichas muertes ocupan el cuarto lugar. Las entidades federativas arriba mencionadas son las que califican a nivel nacional con el valor más bajo para el IDH; mientras que las entidades federativas con mayor IDH como la CDMX (antes Distrito Federal), Nuevo León y Sonora ocupan el 8°, 9°, y 7° lugar de importancia respectivamente. Esto se puede ver más claramente en la Tabla 5.

**Tabla 5.** IDH y principales causas de mortalidad por EDAs de seis entidades federativas en México

POSICIÓN NACIONAL SEGÚN EL IDH	ENTIDAD FEDERATIVA	CLASIFICACIÓN POR EL VALOR DEL IDH	LUGAR CAUSAS DE MORTALIDAD INFANTIL EN 5 AÑOS POR EDAS
1	Ciudad de México	0.830	8
2	Nuevo León	0.790	9
3	Sonora	0.779	7
30	Oaxaca	0.681	4
31	Guerrero	0.679	4
32	Chiapas	0.667	1

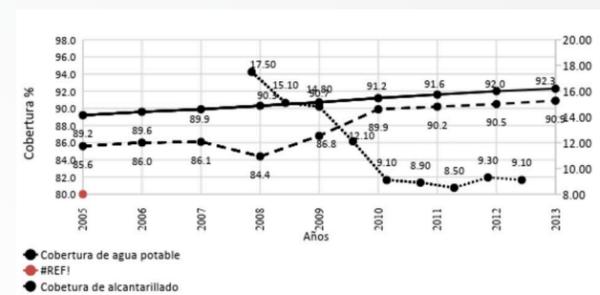
Fuente: INEGI, 2014

## COBERTURA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO Y TASA DE MORTALIDAD POR EDAS

Como se puede observar, a nivel nacional en la figura 2, a partir del 2005 ha habido un incremento considerable en la cobertura de agua potable y alcantarillado con la consecuente disminución de la tasa de mortalidad por EDAs.

A nivel estatal, se puede observar (tabla 6) que la cobertura de agua potable en los tres estados de menor IDH es muy similar, presentando un ligero mayor porcentaje Chiapas; sin embargo con respecto a la cobertura de alcantarillado y saneamiento básico, las diferencias porcentuales entre los estados son mayores. Chiapas presenta la mayor cobertura en ambos servicios y sin embargo presenta el mayor número de casos de muerte por defunciones, como se verá más adelante. Se debe aclarar que para las estadísticas presentadas en CONAGUA a través del SINA, se considera agua potable la cobertura de agua entubada que se tiene en la población y saneamiento básico se refiere a las instalaciones mínimas, normalmente de bajo costo que permiten disponer de manera segura e higiénica las excretas y aguas residuales, para evitar que los usuarios y su entorno inmediato se contaminen.

**Figura 2.** Relación de coberturas de agua potable y alcantarillado con las EDAs



De acuerdo a los resultados de la encuesta intercensal de 2015, falta proveer de agua potable a aproximadamente un 13 % de la población que habita en viviendas particulares y entre un 13 y 26 % de cobertura de alcantarillado y saneamiento; a diferencia de los estados con mayor índice que les falta un 2 % y un 9 % respectivamente.

La falta de cobertura en los servicios puede verse reflejada en el porcentaje de mortalidad ocasionado por las EDAs. Del total de decesos en menores de cinco años en las entidades federativas con menor IDH, registran mayor porcentaje comparadas con las de mayor IDH, es decir en la CDMX y Nuevo León donde sólo se presentaron un 2.46% de muertes por EDAs y para Sonora con 3.23%, mientras que para Oaxaca, Guerrero y Chiapas los porcentajes calculados son 10.50%, 7.64% y 20.50% respectivamente.

Las figuras 3 a la 8 corresponden respectivamente a cada uno de los estados analizados y consideran los valores del IDH reportados (tabla 5) y la contribución de los índices que lo integran (salud, IS; educación, IE e ingreso, II) para cada uno de ellos, relacionándolo con la calidad de agua (número de defunciones totales reportadas por Ciertas Enfermedades Infecciosas y Parasitaria

(CIE)), las CIE correspondientes a defunciones en menores de 5 años, el estatus en educación y servicios de salud (tabla 7) y gasto realizado por los hogares de forma anual en vivienda, salud y educación (tabla 8).

**Tabla 6.** Cobertura de agua potable y alcantarillado por estados de mayor y menor IDH

ESTADO	CENSO	CENSO	CENSO	CENSO	CENSO	ENCUESTA INTERCENSAL
	1990	1995	2000	2005	2010	2015
<b>Porcentaje de población con acceso a los servicios de alcantarillado y saneamiento básico</b>						
CHIAPAS	38.4	52.6	59.3	74.7	81.0	86.9
GUERRERO	34.8	46.3	49.7	64.2	74.0	81.7
OAXACA	28.5	42.0	42.9	60.0	69.2	73.4
CIUDAD DE MÉXICO	93.3	97.7	98.1	98.6	99.1	98.8
NUEVO LEÓN	80.8	88.6	91.1	95.3	96.0	97.6
SONORA	64.9	73.5	78.2	85.4	89.2	91.9
<b>Porcentaje de población con acceso a servicios de agua entubada</b>						
CHIAPAS	57.3	65.6	73.5	73.5	77.3	88.3
GUERRERO	57.2	67.0	72.0	73.7	76.1	86.9
OAXACA	55.1	64.7	69.1	68.0	69.8	86.3
CIUDAD DE MÉXICO	96.1	97.7	97.9	97.6	97.7	98.9
NUEVO LEÓN	92.9	94.5	95.6	95.6	96.6	98.8
SONORA	91.0	94.0	95.7	95.2	96.6	97.6

Fuente: Elaboración propia basado en SINA

**Tabla 7.** Encuesta Nacional de Gastos de los Hogares

AÑO 2012	TOTAL DE INTEGRANTES EN HOGARES	% SALUD DERECHO-HABIENCIA		% EDUCACIÓN				
		SIN	CON	PRIMARIA INCOMPLETA	PRIMARIA COMPLETA	SECUNDARIA COMPLETA	EDUCACION MEDIA SUPERIOR Y SUPERIOR	NO APLICA MENORES DE 3 AÑOS
CHIAPAS	5,038,221	23.50	76.50	48.01	17.92	13.7	13.49	6.88
GUERRERO	3,497,074	24.43	75.57	41.2	19.38	18	15.45	5.97
OAXACA	3,931,915	24.49	75.51	35.84	20.43	19.28	19.26	5.19
SONORA	2,803,303	20.67	79.33	27.56	17.99	29.28	20.42	4.75
NUEVO LEÓN	4,848,917	17.82	82.18	25.05	19.67	29.72	21.23	4.33
CIUDAD DE MEXICO	8,865,169	24.20	75.80	20.17	18.38	26.01	31.82	3.62

El estado de Chiapas (figura 3), dentro de los que presentan menor IDH, es el que tiene mayor número de defunciones por enfermedades infecciosas y parasitarias. En 2008 se presentaron 1184 (el 50% de los casos reportados en la Ciudad de México), número que se redujo a tan solo 1170 en 2012 y de este valor el 23% se presentó en niños menores de 5 años, aún cuanto el incremento en suministro de agua potable y cobertura en saneamiento fue por arriba del 5%. Aunque ligeramente el índice de ingreso, el de educación bajó, en 2012. Casi la mitad del grupo de personas que integraron la muestra de la Encuesta Nacional de Gastos en los Hogares (tabla 7), muestran que no terminaron la primaria (48 %) y se identifican un 7% aproximado de menores de 3

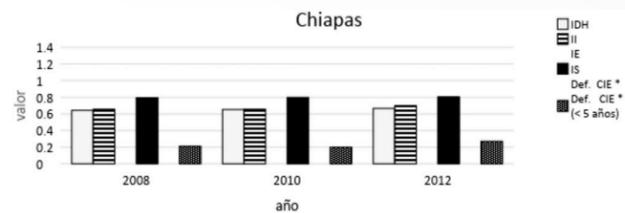
años. La brecha entre el primer lugar en IDH que corresponde a la Ciudad de México, es de 48.3% superior al de Chiapas en el índice de educación. Esta gran diferencia también se refleja en el Gasto Promedio Anual por Hogar (tabla 8), el gasto anual por Hogar en Chiapas corresponde al 41% del consumo de los hogares de la Cd. de México, sin embargo se destina un mayor % en gastos en salud, educación y vivienda que Oaxaca y Guerrero.

**Tabla 8.** Gasto promedio anual por hogar

AÑO 2012	TOTAL GASTO PROMEDIO ANUAL-HOGAR	% VIVIENDA AGUA, ELECTRICIDAD, GAS Y OTROS COMBUSTIBLES	%SALUD	% EDUCACIÓN
Promedio nacional	146,681.92	19.76	3.03	3.61
Chiapas	84,606.75	16.57	3.70	3.01
Guerrero	92,730.62	16.15	3.62	2.40
Oaxaca	116,424.74	16.04	3.58	2.74
Sonora	147,397.08	20.72	1.89	3.33
Nuevo León	176,670.16	23.05	2.26	3.81
Distrito Federal	206,470.30	24.68	3.04	4.75

Fuente: INEGI. Encuesta Nacional de Gastos de los Hogares.

**Figura 3.** Relación entre el IDH y los índices que lo integran con las defunciones en el estado de Chiapas

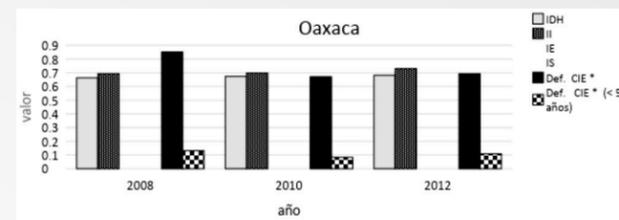


Unidades por 1000 \* Fuente: PNUD, 2015; INEGI, 2014; INEGI, 2017.

El segundo lugar referente al número de defunciones, es el estado de Oaxaca (figura 4), con un 38 % menos de valor que los reportados en Chiapas. En 2008 se presentaron 851 reportes, cifra que disminuyó en 2012 a 693, correspondiendo el 15.6 % de ésta cifra a niños menores de 5 años. La cobertura de agua potable fue aumentando de la misma manera que los otros dos estados de menor IDH, sin embargo ocupa el tercer lugar en cobertura de saneamiento (18% menor que Chiapas). En 2012 se presenta un mayor Índice de Ingreso que los otros dos estados que se refleja en un gasto anual de consumo por hogar superior a Chiapas y Guerrero. El porcentaje\*(%) de gasto en educación y salud tiene un nivel medio con respecto a los otros dos estados así como el índice de educación que presenta tiene un valor intermedio, sin embargo, los datos en la encuesta Nacional de Gastos en los hogares (tabla 7), muestran un menor % de personas que no terminaron la primaria, y en el resto de los niveles de educación el % es superior a los otros dos estados, lo que hace suponer que el estado proporciona mayor presupuesto a este rubro y que tiene un mayor beneficio

para la población, reportando un menor deceso por EDAs, un 5.2% se presenta en menores de 3 años que fallecieron por esta causa.

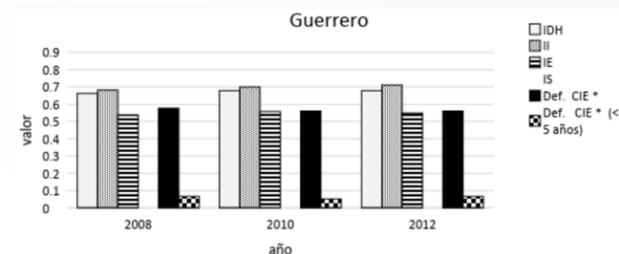
**Figura 4.** Relación entre el IDH y los índices que lo integran con las defunciones en el estado de Oaxaca



Unidades por 1000 \* Fuente: PNUD, 2015; INEGI, 2014; INEGI, 2017.

El estado de Guerrero (figura 5) presenta el menor número de defunciones, 560 casos en 2012, que representa el 48 % de los reportados en Chiapas y le corresponde a esta cifra el 11.6 % a niños menores de 5 años. Tercer lugar en el suministro de agua potable y segundo en saneamiento. El índice de Ingreso se encuentra en un nivel intermedio así como el valor del consumo anual por hogar y los % de gastos en vivienda, salud y educación (tabla 8). De igual manera el índice de educación presenta valores intermedios con respecto a los otros dos estados (tabla 7). Se observa la presencia de un 5.97 % de menores de 3 años fallecidos por esta causa.

**Figura 5.** Relación entre el IDH y los índices que lo integran con las defunciones en el estado de Guerrero



Unidades por 1000 \* Fuente: PNUD, 2015; INEGI, 2014; INEGI, 2017.

De los tres estados con menor IDH, el que menor incidencia en defunciones presenta es Guerrero cuyo % en niños menores de 5 años fue el menor.

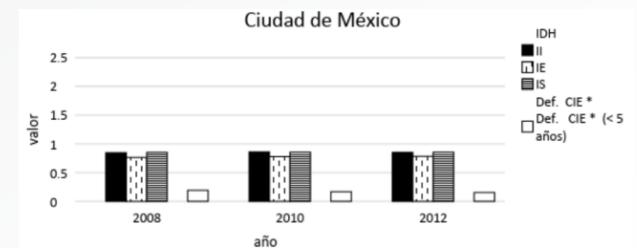
Con respecto a los estados con mayor IDH, la Ciudad de México se encuentra en primer lugar, seguido por Nuevo León y después Sonora. La cobertura de agua potable es superior al 97.6 %, valor que corresponde al estado de Sonora y con respecto al saneamiento, el intervalo va entre 91.9 y 98.9%, el primero para Sonora y el último para la CDMX.

El índice de Salud, IS para cada estado se encuentra muy cercano entre los tres, siendo mayor para el estado de Nuevo León en 2008 y 2010, y para el 2012, el mayor lo presenta la Cd. de México. Con respecto al índice de educación se presenta el mayor valor

en la ciudad de México para los tres años, seguido con un valor intermedio Nuevo León y después Sonora; sin embargo para el índice de ingreso, aunque sigue el mismo comportamiento descrito anteriormente para los años 2008 y 2010, en 2012 el mayor índice lo tiene Nuevo León, seguido de la Ciudad de México y muy cercano se encuentra Sonora.

Con respecto al número de defunciones por enfermedades infecciosas y parasitarias, la Ciudad de México (figura 6) presenta tres veces más la cantidad (2028 promedio) que la que se presenta en Nuevo León y cinco veces la de Sonora. De la cifra reportada en defunciones para la Ciudad de México, 8.5% de los casos se presenta en niños menores de 5 años. Presenta el mayor índice de ingreso que se traduce en un mayor % de gasto en vivienda, salud y educación que Nuevo León y Sonora. Esto se refleja en el índice de educación que es el más alto de los tres estados. De la muestra que conformó la Encuesta Nacional de Gastos de los Hogares se observa que es el estado con menor porcentaje de primaria incompleta (20%) y mayor en educación media superior y superior (32%) como se observa en la tabla 4 y 5. Y el alto número de decesos puede deberse a la alta densidad de población que presenta la CDMX.

**Figura 6.** Relación entre el IDH y los índices que lo integran con las defunciones en la Ciudad de México (antes Distrito Federal)



Unidades por 1000 \* Fuente: PNUD, 2015; INEGI, 2014; INEGI, 2017.

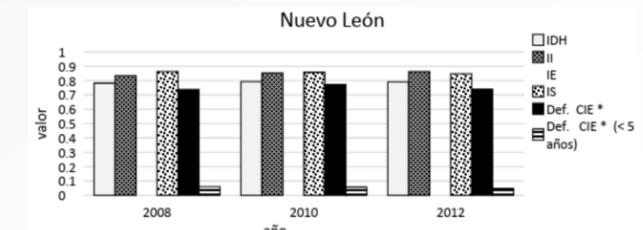
La figura 7 muestra los resultados del IDH en el estado de Nuevo León, que presenta un valor bajo con respecto al reportado en la Cd. de México (737) de los cuáles el 8% se presentó en niños menores de 5 años. El índice de salud es cercano en los tres estados, sin embargo es el estado que presenta el mayor % de personas que gozan con la prestación de un servicio médico (derechohabientes) que podría esperarse en un menor número de casos de defunciones por EDAs. En 2012 presenta el mayor índice de ingreso con respecto a la Cd. de México y Sonora, sin embargo el gasto anual por hogar tiene un valor intermedio, así como en los % de gasto en vivienda, salud y educación. Con respecto al índice en educación, se encuentra en condiciones intermedias, entre los dos estados sobre el porcentaje en el nivel educativo (tabla 4 y 5).

Y finalmente en la figura 8 se presentan los resultados para el estado de Sonora, que presenta el menor número de defunciones.

Sin embargo esta cantidad ha ido en aumento. Se presentaron en 2008, 467 casos y para 2012 se reportan 636, de los cuáles, con 467 casos, de los cuáles el 9.3 % son de niños menores de 5 años. Los índices de salud, educación e ingreso son ligeramente menores que los que presenta Nuevo León. Del gasto anual de los hogares, es el estado que menor porcentaje gasta en salud, vivienda y educación.

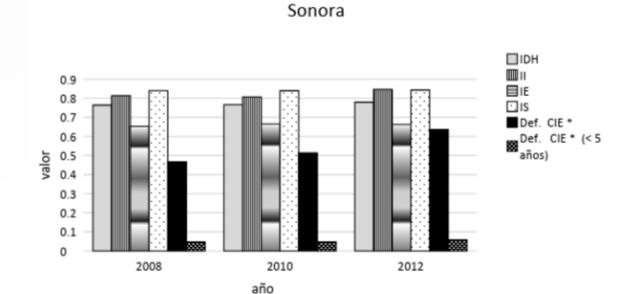
Aunque la cobertura en saneamiento se ha ido incrementando, no ha sido lo suficiente ya que han aumentado los decesos por EDAs, aunque el número puede considerarse bajo y puede deberse a las condiciones ambientales y la situación de escasez de agua que puede sufrir el estado en algunas épocas del año.

**Figura 7.** Relación entre el IDH y los índices que lo integran con las defunciones en el Estado\* de Nuevo León.



Unidades por 1000 \* Fuente: PNUD, 2015; INEGI, 2014; INEGI, 2017.

**Figura 8.** Relación entre el IDH y los índices que lo integran con las defunciones en el Estado de Sonora



Unidades por 1000 \* Fuente: PNUD, 2015; INEGI, 2014; INEGI, 2017.

## DETERMINACIÓN DEL COSTO DE LAS EDAS

Antes de mencionar los costos encontrados sobre la atención de las enfermedades que dan origen a las EDAS, es importante mencionar algunos puntos importantes en cuanto al registro de información:

- Las estadísticas epidemiológicas han registrado una mejora en su calidad en la última década, a través de la constitución de un Sistema Nacional de Información de Salud, por lo que hay mayor cobertura (tanto en zonas rurales como urbanas).
- Existe la Cuenta Satélite del Sistema de Salud en México (INEGI, OMS, Secretaría de Salud, Instituciones Públicas y Privadas).

Sin embargo los problemas presentados con las enfermedades diarreicas son: (Marañón, B. 2008).

- Atribuir correctamente el caso atendido a una enfermedad específica (el diagnóstico y tratamiento es con base en el criterio médico en el momento de la consulta, sin exámenes de laboratorio).
- No existe información a nivel Municipal y por zona de residencia (rural y urbana), por lo que se requiere desagregar la información.
- A nivel de subregistro, la falta de información oportuna y confiable por parte de instituciones hospitalarias privadas.
- Se considera una enfermedad autocontrolable y el paciente recurre a la automedicación, no hay registro

Comparando información de la encuesta Nacional de Salud y las Estadísticas Epidemiológicas publicadas por la Secretaría de Salud, en el año 2000, se determinó que cada año ocurren en promedio 1.35 casos de diarrea per cápita y que el subregistro estimado de enfermedades diarreicas es de 1 por 19, sólo se reporta uno de los 19 casos en las estadísticas oficiales del Sistema Salud.

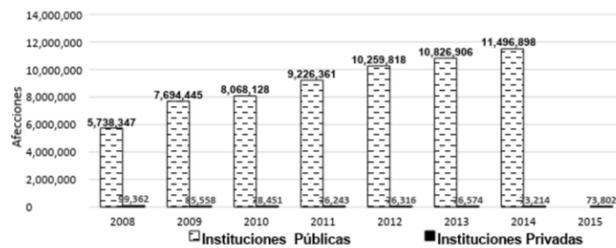
Las razones principales:

- El paciente se auto-medica sin acudir al médico.
- Deficiencia en el llenado de la ficha de reporte de la Secretaría de Salud cuando se atiende la enfermedad con médicos particulares. (Vega, 2002; op.cit. Marañón, B.2008).
- Actualizando la incidencia de las CIE (tabla 7), a nivel nacional se observa que los casos se incrementaron a mayo de 2017.

En la determinación del costo de enfermedades, son tres conceptos los que conforman el costo por una intervención, considerando tanto los gastos del propio sector salud y la población (tabla 8).

La diferencia en registros de información es posible observarla en la figura 9.

**Figura 9.** Código CIE-10: Atención en Urgencias (Sector Público) comparados con la Morbilidad. (Sector Privado)



Elaboración propia de las fuentes: [https://datos.gob.mx/busca/dataset/descriptor-base-de-datos-urgencias\\_2008-2014](https://datos.gob.mx/busca/dataset/descriptor-base-de-datos-urgencias_2008-2014) y [http://www.inegi.org.mx/Sistemas/Olap/Proyectos/bd/continuas/salud/MobHospital.asp?s=est&c=33422&pry=esep\\_mobhospit](http://www.inegi.org.mx/Sistemas/Olap/Proyectos/bd/continuas/salud/MobHospital.asp?s=est&c=33422&pry=esep_mobhospit)

**Sector Público: cat CatCIE10**

Cólera debido a Vibrio cholerae O1, biotipo cholerae  
Cólera debido a Vibrio cholerae O1, biotipo el Tor  
Cólera no especificado

Fiebres, tifoidea y paratifoidea  
Fiebre tifoidea

**Sector privado: Algunas enfermedades de origen intestinal**

Cólera

Fiebres, tifoidea y paratifoidea  
Diarrea y gastroenteritis de presunto origen infeccioso

Amebiasis  
Shingelosis  
Otras enfermedades infecciosas intestinales

Y sobre la evaluación de padecimientos diarreicos en México son escasos ya que los esfuerzos institucionales para realizar evaluaciones parciales o totales se han orientado hacia otras enfermedades que requieren tratamientos muy costosos y son causas más importantes de mortalidad. Esto debido a que las enfermedades diarreicas han experimentado una marcada disminución en cuanto a mortalidad y morbilidad a nivel nacional, aunque sigue siendo un problema relevante en ciertas zonas del país, especialmente las rurales (Marañón, 2008).

**Tabla 9.** Casos de Enfermedades Infecciosas y Parasitarias del Aparato Digestivo, por entidad federativa y hasta la semana epidemiológica 19 del 2017.

Enfermedades infecciosas intestinales. CIE-10* REV. A01-A03, A04, A05, A06.0-A06.3, A06.9, A07.0-A07.2, A07.9, A08-A09		
	Casos presentados	
Organismo/año	2016	2017*
Fiebre tifoidea	14324	17521
Fiebre paratifoidea	3579	4488
Salmonelosis	28822	34504
Shigelosis	1388	1959
Intoxicación alimentaria	10288	13574
Amebiasis	81109	88590
Infecciones intestinales debidas a otros organismos especificados	1590836	2263940
Giardiasis	3928	5477
Enfermedades víricas	571	700
Rickettsias y protozoarios	23423	30900
Total	1758268	2461653

2017\* Valor acumulado al 20 de mayo de 2017

Fuente: Boletín Epidemiológico. Número 20 | Volumen 34 | Semana 20 | Del 14 al 20 de mayo del 2017

**Tabla 10.** Costos de los recursos utilizados a considerar en una evaluación económica

Costos Tipo I	Recursos del Servicio de Salud		
Recursos hospitalarios	- Laborales.	- Suministros.	- Capital.
	- Equipamiento.	- Servicios.	
Servicios comunitarios	Servicios de ambulancia, visitas de enfermeras.		
Costos Tipo II	Costos incurridos por los usuarios y sus familiares		
Directos:	Aportes al tratamiento		
	Pagos directos		
Indirectos:	Tiempo no trabajado		
	Costos psicológicos		
Costos Tipo III	Costos incurridos fuera de los Servicios de Salud y de los usuarios (Costos de visitantes y trabajadores sociales)		

Fuente: Drummond et al (2001) en Marañón, 2008.

De acuerdo al análisis presentado anteriormente del IDH, los estados que presentaron menor valor y más alta incidencia en mortalidad por enfermedades de tipo diarreicas fueron Chiapas, Oaxaca y Guerrero. La tabla 8 muestra el costo que tiene para el Sector Salud la atención de estos padecimientos en la región sureste del país que incluye a estos tres estados.

Las estimaciones realizadas respecto a los costos de las diarreas son parciales, de diverso rigor metodológico, procedentes de variadas instituciones, con objetivos también disímiles. Las evaluaciones realizadas son mayormente de los costos Tipo I, como se muestra en la tabla 9, así como los costos del Seguro Popular (tabla 10), es decir, gastos del sector salud; y excepcionalmente de los costos Tipo II de particulares (tabla 11).

**Tabla 11.** Costos directos de atención de enfermedades de origen hídrico, en nueve estados del Sureste mexicano (\*).

	Costos diferenciados por tipo de tratamientos y tipo de paciente		Costo promedio simple, niño y adulto
	N\$/caso/niño	N\$/caso/adulto	
Consulta externa	368.4	384.11	376.25
Hospitalización	2,789.64	3,010.05	2,899.85

\*): Campeche, Chiapas, Guerrero, Oaxaca, Puebla, Quintana Roo, Tabasco, Veracruz y Yucatán Fuente. COFEPRIS, 2006b op. Cit Marañón, 2008.

**Tabla 12.** Costo promedio real de tratamiento público de diarrea/paciente, según autor e institución de tratamiento (Pesos de diciembre de 2006/paciente).

AUTOR	VILLAREAL		ARREDONDO	
	IMSS	IMSS	ISSSTE	SSA
<b>AÑO</b>	1996	1997	1997	1997
<b>VALOR REAL</b>	2	13.9	12.8	7

Fuente: Villarreal et al (1996), Arredondo A. y T. Damián (2011), op. Cit. Marañón Boris, 2008.

**Tabla 13.** Costo Tipo I al nivel nacional de enfermedades diarreicas, según estimación de costos promedio del Seguro Popular, para pacientes niños y adultos, en México.

**Costo Tipo I :**

Costo promedio por caso Seguro Popular (pesos)	\$348
Número de casos:	4,765,600
Costo directo total (millones):	\$1,658.40
Fracción atribuible (*)	0.5
Costo directo total tratamiento diarreas (millones)	829.0

(\*): La fracción atribuible es la proporción de la cantidad de enfermedades diarreicas que se atribuye al deficiente servicio de agua potable y saneamiento determinado por COFEPRIS. 2006 Fuente: Seguro Popular (2005) y DGEPI, 2005. Op cit Marañón, 2008.

Cómo puede observarse, los costos asociados entre instituciones difieren por lo que es difícil determinar los costos I, como bien se menciona en el estudio realizado por Marañón, sin embargo es posible presentar una aproximación, basada en la fracción otorgada por la COFEPRIS (0.5) de los costos incurridos que se le atribuyen al deficiente servicio de agua potable y saneamiento (tabla 11).

**Tabla 14.** Estimado de costos de tratamiento de diarreas en México, 2005. (Millones de pesos y porcentaje)

Costos	Millones de pesos	%
Costos Tipo I (Tratamiento público diarreas) con base en el Seguro Popular	829.9	31.5
Costos Tipo II (De los pacientes)	1,804.10	68.5
Medicamentos, ENIGH (0.5, fracción atribuible) (*)	1,654.10	62.8
Días perdidos (**)	150	5.7
<b>TOTAL</b>	<b>2,634.00</b>	<b>100</b>

Nota: (\*) Se considera la fracción atribuible determinada por COFEPRIS (2006). (\*\*): Número de casos de morbilidad en pacientes mayores a 14 años, considerando una fracción atribuible de 0.5 (cantidad de enfermedades diarreicas que se atribuyen al deficiente servicio de agua potable y saneamiento; y un salario promedio nominal de 45.4 pesos diarios en 2005).

Los costos estimados para 2005 debida al deficiente servicio de agua potable y saneamiento son considerables, que pueden disminuirse por un sistema combinado de buenas prácticas de higiene, educación a la población y mejores servicios.

## CONCLUSIONES

Los resultados observados muestran que sigue siendo necesario invertir en infraestructura para dotar de mayor cobertura en servicios a la población y una mejora en la calidad de las viviendas, sobre todo en el área rural.

El 10% que hace la diferencia en coberturas entre los estados de mayor y menor índice se traduce en un mayor número de decesos por EDAs. El estado de Chiapas, con menor índice de ingreso, es el que reporta mayor gasto en salud y en educación, y desgraciadamente no es lo suficiente para disminuir la incidencia de EDAs y los decesos por consecuencia de éstas.

Se requiere incluir en estos análisis comparativos no sólo las coberturas de agua potable (que es en realidad agua entubada y desinfectada), sino los parámetros de calidad del agua, tanto microbiológicos para poder asociarlos correctamente con la incidencia de EDAs, como los parámetros fisicoquímicos si se desea hacer un estudio sobre la incidencia de un cierto padecimiento asociado a la calidad del agua.

El determinar el costo de lo que implica el tratamiento para el Sector Salud (público y privado) es muy difícil por las dificultades en el registro de información así como en la valoración que hace el propio médico y el mismo paciente (automedicable), sin embargo los costos presentados dan muestra de una aproximación que hace necesario actualizar y homogeneizar los criterios para la obtención

de información y que puedan ser comparables entre las instituciones y un mejor referente para otro tipo de estudios. 

## REFERENCIAS

Arredondo Armando y Teresa Damián (1997). Costos económicos en la producción de servicios de salud: del costo de los insumos al costo de manejo de caso. *Salud Pública, México*, 39:117-124,1997.

CONAGUA, (2016). Estadísticas del Agua en México. Edición 2016. México: Comisión Nacional del Agua. Recuperado el 27 de septiembre de 2017, de [https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2017/03/Estadisticas-del-Agua-en-Mexico\\_2016.pdf](https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2017/03/Estadisticas-del-Agua-en-Mexico_2016.pdf).

CONAGUA, (2017). Sistema Nacional de información del Agua (SINA). Porcentaje de población con acceso a servicios de agua entubada. Recuperado 8 de enero 2018. <http://sina.conagua.gob.mx/sina/tema.php?tema=aguaSalud&ver=reporte&o=0&n=nacional>

Ferat, Catalina. (2013) “Efectos de inversión en la infraestructura hidráulica en la prevalencia de enfermedades de tipo hídrico”. Ensayo para obtener el grado de Especialista en Economía Ambiental y Ecológica. UNAM. Junio de 2013.

Haro, Jesús; Nubes, Gerardina y Calderón, Rubén. (2012). Riesgos sanitarios en calidad bacteriológica del agua. Una evaluación en diez Estados de la República Mexicana. *Hermosillo : Scientific Electronic Library Online*, 2012. Vol. 24, 3. 1870-3925.

Hernández, C. et al. (2011) Situación de las enfermedades gastrointestinales en México. *ENF INF MICROBIOL* 2011 31 (4): 137-151.

INEGI, 2012. Encuesta Nacional de Gastos de los Hogares. Consulta de: Gasto promedio anual por hogar Por: Entidad federativa Según: Divisiones de gasto. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. [http://www.inegi.org.mx/sistemas/olap/proyectos/bd/encuestas/hogares/engasto/hogviv2012.asp?s=est&c=31803&proy=engasto\\_hogviv12](http://www.inegi.org.mx/sistemas/olap/proyectos/bd/encuestas/hogares/engasto/hogviv2012.asp?s=est&c=31803&proy=engasto_hogviv12)

INEGI, 2012. Encuesta Nacional de Gastos de los Hogares. Consulta de: Integrantes totales Por: Nivel educativo y Acceso a servicios médicos Según: Periodo de la encuesta [http://www.inegi.org.mx/sistemas/olap/proyectos/bd/encuestas/hogares/engasto/hogviv2012.asp?s=est&c=31803&proy=engasto\\_hogviv12](http://www.inegi.org.mx/sistemas/olap/proyectos/bd/encuestas/hogares/engasto/hogviv2012.asp?s=est&c=31803&proy=engasto_hogviv12)

INEGI. Estadísticas de mortalidad. Lista de tabulación 1 para mortalidad de la CIE: Ciertas enfermedades infecciosas y parasitarias. [http://www.inegi.org.mx/sistemas/olap/Proyectos/bd/continuas/mortalidad/MortalidadGeneral.asp?s=est&c=11144&proy=mortal\\_mg](http://www.inegi.org.mx/sistemas/olap/Proyectos/bd/continuas/mortalidad/MortalidadGeneral.asp?s=est&c=11144&proy=mortal_mg)

López Calva, F. y Vélez Grajales, Roberto. (2003). El concepto de desarrollo humano, su importancia y aplicación en México. México : Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, 2003.

Marañón Pimentel Boris (2008). Los costos económicos en salud asociados al deficiente servicio de agua potable: El caso de las enfermedades diarreicas en México. Con la colaboración del Centro del Tercer Mundo para Manejo de Agua, A.C. [www.Thirdworldcentre.org](http://www.Thirdworldcentre.org)

Moeller, Ch. Gabriela, R.A., Guillén, L.G.Treviño, C. Lizama.(2016) | “Reúso de aguas residuales tratadas como fuente directa e indirecta de agua potable”. En *Uso Seguro del Agua para el Reúso*. P. Tello, P. Mijaylova / R. Chamy Eds.AIDIS, UNESCO-PHI.

Moeller Chávez Gabriela E. (2017). Calidad del Agua para diversos usos y su importancia. En documento de México para presentación en el 8 Foro Mundial del Agua 2018. Consejo Mundial del AGUA y ANEAS. Noviembre del 2017.

OMS, 2017. Enfermedades diarreicas. Notas descriptiva. Organización Mundial de la Salud. Mayo de 2017. <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs330/es/>

Peña Miranda, Josué. (2015). Relación Calidad del Agua Potable y Enfermedades Diarreicas Agudas (EDA) en el contexto del índice de Desarrollo Humano (IDH). Reporte Técnico para obtener el título de Ingeniero en Tecnología Ambiental. Universidad Politécnica del Estado de Morelos.

PNUD, (2016). Informe de Desarrollo Humano en México 2016: Desigualdad y Movilidad. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, 2016.

PNUD, (2015). Índice de Desarrollo Humano para las entidades federativas, México. 2015. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. <http://www.mx.undp.org/>

PNUD, (2015). Panorama general del Informe sobre el Desarrollo Humano 2015. Nueva York: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, 2015. 978-92-1-326063-0.

PNUD (2017). Informe de Desarrollo Humano 2016: Panorama general. Desarrollo humano para todos. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, 2017.

UNICEF. 2015. Agua, saneamiento e higiene. Fondo Internacional de Emergencia de las Naciones Unidas para la Infancia. [En línea] 2015. [Citado el: 8 de Junio de 2016.] <http://goo.gl/jnQqrV>.

Villarreal et al (1996). “Costo en el primer nivel de atención”, *Salud Pública México*, 1996; 38:332-340.

## ANEXO 1: METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DE LOS ÍNDICES DE SALUD, IS, EDUCACIÓN IE Y DE INGRESO, II.

El índice de salud se estima utilizando la esperanza de vida al nacer por entidad federativa que reporta el Consejo Nacional de Población (CONAPO) y se calcula de la siguiente forma:

$$\text{Índice de Salud (IS)} = \frac{\text{esperanza de vida} - \text{valor mínimo}}{\text{valor máximo} - \text{valor mínimo}}$$

El Índice de Educación utiliza los años promedio de escolaridad para personas mayores de 25 años de edad, así como los años esperados de escolarización para personas entre 6 y 24 años. La información para estos indicadores fue proporcionada por la Secretaría Educación (SEP). Se calculan de la siguiente forma:

Años promedio de escolaridad. Se utiliza el número de años de educación de personas con 25 años o más para el año en cuestión.

$$I \text{ años prom esc} = \frac{\text{Años promedio de escolaridad}}{\text{valor máximo}}$$

Años esperados de escolarización. Se crea sumando la tasa de matriculación por edades (número de alumnos/población) desde 6 a 24 años para el ciclo escolar que empieza el año anterior al considerado.

$$I \text{ años esp esc} = \frac{\text{Años esperados de escolaridad}}{\text{valor máximo}}$$

Para obtener el Índice de Educación, se calcula la media aritmética del índice de años promedio de educación e índice de años esperados de educación:

$$\text{Índice de Educación (IE)} = \frac{I \text{ años prom esc} + I \text{ años esp esc}}{2}$$

Para el cálculo del Índice de Ingreso se calcula con base en el ingreso personal disponible, estimado a partir de la información de ingresos por estado del Módulo de Condiciones Socioeconómicas de la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares (MCS-ENIGH) del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Posteriormente, se ajusta al Ingreso Nacional Bruto (INB) de Cuentas Nacionales y se expresa en términos per cápita y en dólares estadounidenses PPC (Paridad de Poder de Compra).

Para calcular el Índice de Ingreso, se aplica la siguiente fórmula:

$$\text{Índice de Ingreso (II)} = \frac{\ln(\text{Ingreso anual ajustado en dólares PPC}) - \ln(\text{valor mínimo})}{\ln(\text{valor máximo}) - \ln(\text{valor mínimo})}$$

## ECONOMÍA DEL AGUA DE USO DOMÉSTICO

### WATER ECONOMY FOR DOMESTIC USE

Dra. Margarita Ferat Toscano  
Profesor-Investigadora. Posgrado de Economía. UNAM  
mago.ftos@gmail.com

### RESUMEN

Este artículo trata con una pregunta de economía de los recursos naturales que suscita álgido debate: ¿Qué precio debería fijarse al agua de uso doméstico? En esta perspectiva, discute la economía del agua tanto desde el lado de oferta como del lado de la demanda y el rol de los precios en su equilibrio e inicia clasificando a la industria del agua como un monopolio natural debido a que su estructura se caracteriza por la existencia de grandes costos fijos, en relación a los costos variables, que actúan como una infranqueable barrera a la entrada de nuevas compañías al mercado del agua. Por ejemplo, los costos fijos de establecer una red de distribución de agua son enormes, pero los costos marginales de suministrar una unidad adicional de agua, serían muy bajos.

En este contexto, la regulación gubernamental es un imperativo para que el monopolista no abuse de su poder de mercado y sobre cobre a los usuarios. De manera que las políticas públicas hídricas deben internalizar el concepto de eficiencia asignativa la cual ocurre cuando el valor que un consumidor otorga a un bien o servicio, es igual costo de los insumos utilizados en la producción de ese bien o servicio más una fracción para ampliación y modernización del servicio. Después de revisar diversos mecanismos de precios, el paper pondera favorablemente a un esquema creciente de tarifas debido a que los consumidores pagan diferentes cantidades por diferentes niveles de consumo. Conforme aumenta el consumo, la tarifa hídrica se desplaza a aquella compatible con un nuevo block de consumo, y así sucesivamente hasta alcanzar la tarifa más alta posible.

### ABSTRACT

This paper deals with a vexatious question in natural resource economics: what price would you put on water? In that endeavour it discusses the economics of water focusing on demand, supply and prices and set off by classifying the water industry as a natural monopoly given that meet the basic features of this market structure such as the existence of substantial fixed costs, relative to variable costs, which acts as an unsurmountable barrier to entry of new firms. For example, the fixed costs of stablishing a national or regional distribution network for water would be enormous, but the marginal cost of supplying extra units of water are too small.

In this circumstances the government regulation is an imperative to ensure that the monopolist does not abuse its market power and overcharge consumers. So that, the public policies must to embed the allocative efficiency concept, which takes place when the value of consumer place on a good or service (reflected un the price they are willing to pay) equals the cost of the resources used up in the production of that good or service plus a mark up to finance infrastructure improvement. After reviewing several payment schemes for the water served at the housing sector, the paper advocates how an increasing block tariff scheme is the most convenient given that consumers pay different amounts for different consumption levels. As consumption increases, the tariff shifts to the next block of consumption and so on for each block of consumption until the highest one.

## INTRODUCCIÓN

A raíz de una serie de eventos meteorológicos extremos y conflictos sociales como resultado de la gradual escasez de agua, se reanima el debate —particularmente desde que se iniciaron los procesos de privatización las compañías de agua—, sobre la posibilidad de una crisis hídrica y sobre las formas correctas de administrar el problema de la escasez del agua de uso doméstico.

Desde la óptica económica, más que ver la configuración de la crisis hídrica como un imperativo de más agua y a favor de que en el corto plazo se incremente la oferta hídrica mediante la construcción de más reservorios, la trasportación del recurso desde aquellas regiones relativamente mejor dotadas hacia aquellas menos favorecidas, o reduciendo el desperdicio de agua a nivel de tubería; debiéramos incidir sobre el lado de la demanda para preguntarnos cómo se vende el agua y sobre cómo la estructura de precios se relaciona a los costos privados y a los costos sociales.

Lo anterior es relevante porque si el agua se paga mediante un pago fijo anual, lo más probable es que no haya relación entre el agua utilizada y el precio total que paga derivando todo ello en dos consecuencias graves: a) que el agua servida fuera esencialmente gratis y, b) que involuntariamente se incubara en el usuario el incentivo a usar agua hasta un punto donde el beneficio marginal descienda a cero. El hecho es que el problema anterior puede subsistir aun en un contexto donde los pagos fijos realizados por un usuario residencial cubran los costos medios de las compañías de agua.

De hecho allí donde éstas han sido privatizadas, se han reportado grandes beneficios, sugiriendo que, en promedio, sus ingresos exceden significativamente los costos de producción del servicio y esta situación revela que la génesis del problema es que no hay relación entre el precio marginal y el costo marginal en el mercado del agua dulce.

Existen diferentes métodos para fortalecer la oferta del agua, desde la reducción drástica de fugas en tuberías hasta el tratamiento del agua que puede ser utilizada en la agricultura, jardines y en actividades industriales. Pero, en la medida que la mayoría de estos procesos requieren una cuantiosa inversión en infraestructura, las medidas de política pública orientadas a la reducción del uso de agua potable por el lado de la demanda tienen que concebirse como el complemento necesario de las políticas públicas orientadas a robustecer el lado de la oferta hídrica.

Esta última es la óptica a la que se adscribe el presente trabajo no obstante la ausencia de un consenso generalizado entre academia y autoridades competentes del sector sobre una mayor efectividad en la reducción de la demanda hídrica de los hogares. Mientras algunos expertos consideran que los precios son un instrumento efectivo para reducir la demanda durante periodos de limitada oferta hídrica, otros argumentan que debido a que la demanda del agua es precio-inelástica los precios son una forma poco efectiva de incidir en el nivel de consumo y que, por lo tanto, los mecanismos apropiados para regular el consumo de agua potable residencial deberían ser estrategias no-precios, incluyendo campaña de educación pública y restricciones en el volumen del recurso.

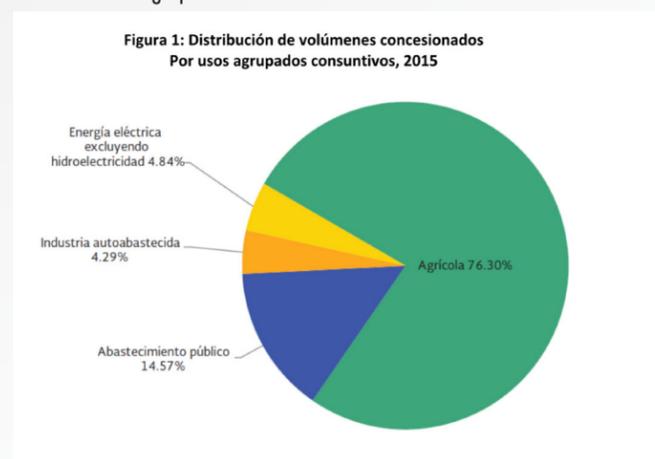
La primera parte presenta las políticas de cobro particularizando en el suministro de agua potable en la zona metropolitana de la ciudad de México (CDMX). Posteriormente se tratan las diferentes opciones discutidas en los procesos de cambio del régimen de cobro frente la ineficiente cuota de recuperación general. La tercera parte explica el funcionamiento del mercado hídrico una vez que la autoridad opte por el cobro medido del agua. La cuarta parte investiga en qué medida los precios pueden ser un mecanismo efectivo en la resolución de problemáticas tales como la reducción del consumo durante periodos de estiaje o asegurar un apropiado acceso al agua en periodos de sequía.

## I POLÍTICAS DE COBRO DE AGUA

### 1. Demandas de agua

La gestión del agua en nuestro país es inequitativa: en la porción norte, centro y noroeste, la relativa baja disponibilidad del agua implica su uso eficiente, conservación y reúso. En la porción sureste, por el contrario, la relativa abundancia de agua acentúa la necesidad de protección a centros de población contra inundaciones, la gestión del drenaje para la producción agrícola en distritos de temporal tecnificado, y la combinación en la operación de las presas de los grandes complejos hidroeléctricos del sureste de la generación de energía eléctrica con el control de avenidas en épocas de lluvia.

Para poder aprovechar las aguas nacionales, los usuarios requieren de títulos de concesión o asignación que especifican el volumen de agua y el uso al que se destinará. La figura 1 muestra la forma en la que al 2015 se han concesionado los volúmenes de agua para usos agrupados consuntivos



Fuente: CONAGUA., 2016.

En 2015 se presentaba la siguiente situación: (INEGI, 2016):

- ===== En México se registraron un total de 122 798 personas ocupadas en actividades de administración y distribución de agua<sup>1</sup>
- ===== El valor de agua consumida a nivel nacional fue de 35 mil millones MX\$
- ===== El porcentaje de viviendas particulares habitadas que contaban con servicio de agua entubada fue de 94.6% y, con relación al servicio de drenaje, el 92.8%.
- ===== De un total de 29 048 251 hogares que cuentan con servicio de dotación de agua, 21.2 millones reciben agua diariamente, 4.4 cada tercer día, 1.6 dos veces por semana y 1.08 millones de hogares reciben agua sólo una vez por semana

En el caso específico de la ciudad de México y zona conurbada, la crisis ambiental por la que actualmente atraviesan tiene su origen no sólo en el acelerado crecimiento demográfico sino principalmente en un insuficiente conocimiento del funcionamiento del ecosistema natural, y del ciclo del agua en particular, lo que pone en riesgo la satisfacción de las necesidades básicas de su población presente y futura. Actualmente su disponibilidad de agua media anual es de - 969 582 526 m<sup>3</sup>/año (CONAGUA, 2015).

El acuífero Zona Metropolitana de la Ciudad de México se encuentra ubicada en el sur poniente de la Cuenca del Valle de México, ocupa el 17 % de la superficie de la cuenca endorreica. La Ciudad de México (CDMX) y su área conurbada dependen fundamentalmente para abastecimiento de agua potable del suministro del acuífero. Dentro del acuífero de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México se consideran trece Delegaciones de la CDMX y siete municipios del Estado de México (CONAGUA, 2015):

**Tabla 1.** Zonas que demandan al acuífero de la Zona Metropolitana de la CDMX

#### CDMX DELEGACIONES

Coyoacán  
Tlalpan  
Xochimilco  
Álvaro Obregón  
Benito Juárez  
La Magdalena Contreras  
Azcapotzalco  
Cuajimalpa de Morelos  
Cuauhtémoc  
Gustavo A. Madero  
Iztacalco  
Miguel Hidalgo  
Venustiano Carranza

#### EDO. DE MÉXICO MUNICIPIOS

Atizapán de Zaragoza  
Huixquilucan  
Jilotzingo  
Lerma  
Naucalpan de Juárez  
Tlalnepantla de Baz  
Xonacatlán

<sup>1</sup> Los Organismos Operadores de Agua son unidades económicas que administran y operan los sistemas además de que prestan el servicio de agua potable, alcantarillado y saneamiento. Los servicios se circunscriben al ámbito de las localidades urbanas que conforman los municipios y áreas rurales.

El índice de población más elevado se localiza en las Delegaciones de la CDMX siendo la de Gustavo A. Madero la que reporta el mayor índice mientras que para el Estado de México, el índice más alto se localiza en el Municipio de Naucalpan de Juárez. Las trece delegaciones incluidas dentro de este acuífero se encuentran vedadas<sup>2</sup> de manera total desde 1954.

Según el decreto de la Veda de la Cuenca del Valle de México publicado en el Diario Oficial de 19 de agosto de 1954, los municipios que se encuentran vedados de manera total son: Atizapán de Zaragoza y Tlalnepantla, parcialmente vedado el Municipio de Huixquilucan.

Según el Decreto de Veda en el Valle de Toluca desde el 23 de septiembre de 1965, los Municipios de Jilotzingo y Lerma están vedados totalmente y los Municipios de Naucalpan (antes Naucalpan de Juárez) y Xonacatlán (antes San Francisco Xonacatlán) se encuentran vedados parcialmente.

La solución a la crisis no puede limitarse a la explotación creciente del acuífero de la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) y a la importación de agua de cuencas cada vez más lejanas, sino que requiere el concurso de soluciones sociales, económicas, políticas y culturales que promuevan un uso más eficiente y un manejo más racional del recurso (Izazola, 2001).

Cerca de 20 millones de personas (INEGI, 2014) están\* asentadas\* en la ZMVM en una superficie de alrededor de 1 400 km<sup>2</sup>, lo que significa que aproximadamente 18% de la población total del país se encuentra concentrada en un área inferior a 1% del territorio nacional, cuya superficie es de casi 2 millones de kilómetros cuadrados. Fenómenos de elevada inmigración y disminución de la mortalidad, junto con una elevada fecundidad, dieron lugar a una de las más altas tasas de crecimiento demográfico que se hayan registrado en la historia de la población.

Por casi cinco siglos el hombre ha luchado en contra del agua en la Ciudad de México, invirtiendo cuantiosos recursos para secar los lagos que originalmente le daban su sustento. Los recursos destinados a este fin lograron que la antes autosuficiente Ciudad de México se convirtiera, a partir de la década de los cincuenta, en importadora de agua proveniente de otras cuencas, además de que se ha sobreexplotado el agua del subsuelo con graves efectos para el medio ambiente natural y construido. El agua, un recurso antes abundante, se ha convertido en escaso y caro, lo que pone en riesgo la supervivencia de la ciudad y sus habitantes.

Considerando que la disponibilidad de instalaciones para contar con el servicio de agua son\* independientes a la dotación de la misma, se tiene que de un total de 31, 374,724 hogares en México, 29, 048,251 cuentan con dotación de agua. Además, de esos 29 millones de hogares, 21.2 millones reciben agua diariamente, 4.4 la reciben cada tercer día, 1.6 dos veces por semana y 1.0 millones de hogares reciben agua una vez por semana (INEGI, 2016).

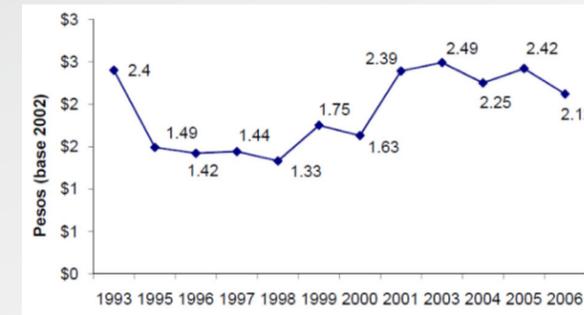
Cada metro cúbico de agua obtenido del sistema Cutzamala “requirió de una inversión de 23 millones de dólares, y se calcula que los costos se cuadruplicarían si fuera necesario explotar otras cuencas, como la del río Amacuzac”, al sur de la ciudad. Actualmente se estima que el subsidio que se otorga a los consumidores representa entre 66% y 90% del costo real del abastecimiento de agua. Una medida que ayudaría a racionalizar la demanda consistiría precisamente en cobrar precios que reflejen el costo real; sin embargo, ante el cada vez mayor deterioro del poder de compra de la población capitalina, difícilmente se podrá lograr este objetivo en el corto plazo (Izazola, 2001)

## 2. ADMINISTRACIÓN DE LOS SISTEMAS HÍDRICOS E HIDRÁULICOS

En enero de 1989 se creó la Comisión Nacional del Agua (CNA) con el encargo de diseñar unapolítica de agua más consistente y adecuada con los lineamientos del redimensionamiento del Estado e impulsar los mecanismos regulatorios propios del libre mercado. Los lineamientos de la CNA inducían a los gobiernos estatales a actualizar sus leyes de agua potable y a establecer formas de organización y sistemas financieros adecuados a la nueva política. Entre las propuestas de la CNA dirigidas a los estados se menciona el de autonomía tarifaria, con lo que se proponía que fueran los consejos administrativos y no las legislaturas estatales quienes debían aprobar las tarifas urbanas de agua potable. También se mencionaba la autosuficiencia financiera de los organismos operadores a través de los ingresos provenientes de la prestación del servicio para el mejoramiento del propio servicio.

Para 2006, ahora bajo el nombre de Conagua (Comisión Nacional de Agua) no se contaba con un índice de eficiencia comercial pero si podía estimarse la recaudación promedio por metro cúbico de agua suministrada. La figura 1 muestra el costo promedio de la tarifa por metro cúbico de 1993 a 2006. No todas las ciudades tienen un comportamiento similar y unas ciudades mostraron un mejor desempeño mientras que otras parecieron estar estancadas o en franco rezago.

**Figura 2.** Promedio de recaudación por m<sup>3</sup> en ciudades mexicanas.



Fuente: Olivares, S. Sandoval, R., 2008.

Toda vez que los costos generados para brindar el servicio se desconocen se hizo una estimación sobre la salud financiera y el manejo administrativo de los servicios de agua potable evidenciándose que el esquema utilizado no era el adecuado pues el nivel de recaudación estaba significativamente por debajo del nivel de costos consiguiendo una recuperación de la mitad o menos de los costos operativos de servicio. Los resultados así obtenidos llevaron a la conclusión de que no se tenía un conocimiento y convicción del verdadero valor del agua en las áreas de gobierno y tampoco por parte de los usuarios, situación que prevalece hoy en día. (Olivares, S. Sandoval, R, 2008).

La Ley de Aguas Nacionales (LAN) en su reforma publicada en el Diario Oficial de 24 de marzo de 2016, establece en el Artículo 112, que “la prestación de los distintos servicios administrativos por parte de la Comisión, motivará el pago por parte del usuario de las cuotas que establezca la Ley Federal de Derechos”. En el Artículo 12Bis, se establece que “Las cuotas de los derechos y otras contribuciones federales y demás cuotas y tarifas que se establezcan por uso o aprovechamiento de agua, o por la prestación de los servicios relacionado con las obras de infraestructura hidráulica deberán estar diseñadas en concordancia con las disposiciones que dicte la Autoridad en la materia para:

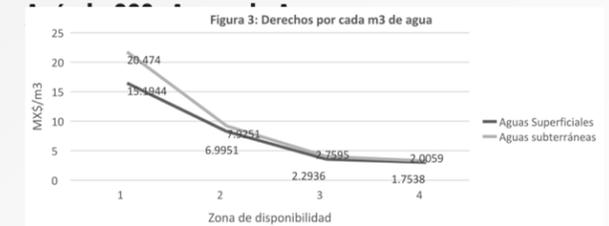
II. Prever los ajustes necesarios en función de los costos variables correspondientes conforme a los indicadores conocidos que puedan ser medidos y que establezcan las propias bases de las contribuciones, cuotas y tarifas”.

## DERECHOS DE AGUA

En lo que se refiere a la Ley Federal de Derechos conforme al Anexo

19 de la Resolución Miscelánea Fiscal para 2017 publicada en el DO de 23 diciembre de 2016 en el Artículo 223 establece el pago de derecho sobre agua de acuerdo a la zona de disponibilidad para:

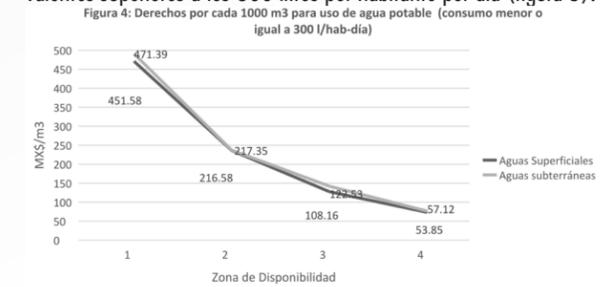
(A) las aguas provenientes de fuentes superficiales o extraídas del subsuelo, por cada metro cúbico (figura 3); y



Fuente primaria: LFD. Miscelánea Fiscal, 2016.

Fuente: Elaboración propia

(B) las aguas provenientes de fuentes superficiales o extraídas del subsuelo por cada mil metros cúbicos destinados a agua potable para (a) consumos inferiores o igual a un volumen equivalente a 300 litros por habitante por día (figura 4) y (b) para volúmenes equivalentes superiores a los 300 litros por habitante por día (figura 5).



Fuente primaria: LFD. Miscelánea Fiscal, 2016.

Fuente: Elaboración propia



Fuente primaria: LFD. Miscelánea Fiscal, 2016.

Fuente: Elaboración propia

<sup>2</sup> Zona de veda: Aquellas áreas específicas de las regiones hidrológicas, cuencas hidrológicas o acuíferos, en las cuales no se autorizan aprovechamientos de agua adicionales a los establecidos legalmente y éstos se controlan mediante reglamentos específicos, en virtud del deterioro del agua en cantidad o calidad, por la afectación a la sustentabilidad hidrológica, o por el daño a cuerpos de agua superficiales o subterráneos

<sup>3</sup> La Ley Federal de Derechos identifica las zonas de disponibilidad de las cuencas sobre las cuales se determina el derecho sobre la misma, y su capacidad de explotación o aprovechamiento de aguas nacionales.

## DERECHOS DE TRASVASE

“El derecho de trasvase establece que las personas físicas y morales a que se refieren los artículos 222 y 223 de la Ley Federal de Derechos, que trasvasen directamente las aguas nacionales, así como aquéllas que se beneficien del trasvase indirecto, pagarán adicionalmente a las cuotas previstas en el artículo 223 citado, las comprendidas en el diverso 223-Bis de dicho ordenamiento, atendiendo a los usos establecidos en el referido derecho, así como a las zonas de disponibilidad de donde se efectúa la exportación del agua trasvasada y la de importación. Lo anterior, considerando que dichas aguas trasvasadas tienen un valor superior por el impacto ambiental y costo de oportunidad social que ocasiona su extracción.

Que el referido numeral 223-Bis de la Ley Federal de Derechos señala que los contribuyentes podrán optar por pagar la cuota aplicable al trasvase de aguas nacionales de acuerdo con la fórmula que se precisa en el propio artículo 223-Bis y que como una facilidad administrativa, la Secretaría de Hacienda y Crédito Público publicará en el Diario Oficial de la Federación, a más tardar el último día del segundo mes del ejercicio fiscal que corresponda”.

**Tabla 2.** Cuota de trasvase Artículo 223-Bis Apartado A del artículo 223.

		ZONA DE DISPONIBILIDAD IMPORTADORA				
		ZD	1	2	3	4
ZONA DE DISPONIBILIDAD EXPORTADORA	1		MX\$2.7573			
	2		MX\$1.5122	MX\$1.2695		
	3		MX\$1.0172	MX\$0.5895	MX\$0.4162	
	4		MX\$0.9705	MX\$0.5338	MX\$0.3252	MX\$0.3183

Fuente: LFD. Miscelánea Fiscal, 2016.

**Tabla 3.** Cuota de trasvase Artículo 223-Bis Apartado B, fracción I (uso de agua potable) del artículo 223

		ZONA DE DISPONIBILIDAD IMPORTADORA				
		ZD	1	2	3	4
ZONA DE DISPONIBILIDAD EXPORTADORA	1		MX\$81.96			
	2		MX\$46.01	MX\$39.31		
	3		MX\$33.95	MX\$22.61	MX\$19.63	
	4		MX\$29.00	MX\$16.48	MX\$11.28	MX\$9.76

Fuente: LFD. Miscelánea Fiscal, 2016.

En 2004 la extracción de los cuerpos de agua ubicados dentro de la cuenca del Vale de México alcanzó una cifra de 1 943 hectómetros cúbicos en promedio al año que incluyó cuerpos de agua superficiales (12%) y subterráneos (88%). La extracción rebasa el volumen que proporciona la recarga natural anual, que es de 751 hectómetros cúbicos, ello muestra que los cuerpos de agua subterráneos están sobreexplotados en 951 hectómetros cúbicos. Esta sobreexplotación, además, causa el hundimiento del suelo en zonas urbanas del Área Metropolitana de la Ciudad de México debido a la formación de grandes cavernas en los acuíferos (Morales, J. Rodríguez, L., 2008)

## II PRINCIPIOS DE VALUACIÓN ECONÓMICA

En retrospectiva, el esquema de recomendaciones para abandonar las tasas de agua y drenaje en el sector de las familias, incluyeron: el cobro de una tasa fija donde todas las familias pagaban lo mismo; un cobro relacionado al número de personas que habitan una casa; y el de metrificación del agua mediante el cual los cargos varían en función del monto de agua utilizada por cada uno de los hogares. Sin embargo, la interrogante natural que surge es ¿Cuál mecanismo económico es mejor?

En el diseño de un nuevo sistema de cobro, la elección debiera cumplir con las siguientes características deseables.

**Eficiencia Asignativa:** cuando la unidad extra de agua consumida sea igual al costo marginal de suplirla. Este enfoque de precios se conoce como la regla de costos marginales. Una objeción del sistema actual de cobro es que la factura hídrica no varía conforme el monto de agua usado, de esta manera el precio de usar una unidad extra de agua, es cero. Este sistema de cobro no es eficiente toda vez que incentivan a los usuarios a que usen agua a un nivel en que el valor para ellos es mayor que los costos reales de su abastecimiento, alentando así el sobreconsumo del recurso. Otra variante de este mismo esquema de cobro es el que se sujeta a una cuota fija y conducen a la misma ineficiencia asignativa. Así que solo la metrificación, promoverá la eficiencia en asignación pues alentaría el ahorro de agua por parte del consumidor y cancelaría las posibilidades del potencial de sobreconsumo inherente a otros esquemas de cobro.

**Eficiencia Administrativa:** *ceteris paribus\**, un sistema de cobro de agua con bajos costos administrativos es preferible a otros sistemas con altos costos de gestión y control. Desafortuna-

damente, es común que se haga una especie de intercambio entre eficiencia administrativa y eficiencia de asignación pues aunque la instalación de la metrificación hídrica conduce a ganancias por eficiencia, los costos administrativos asociados a una estricta adherencia a la regla de precios costos marginales pudieran ser relativamente muy altos debido a que el principio de costos marginales postula que las tarifas debieran establecerse de manera que varíen tanto a través del tiempo como entre áreas geográficas y tal escala diferencial sería muy onerosa de administrar.

**Equidad:** finalmente, sería deseable que el esquema de cobro del agua fuera equitativo, es decir, que dejará de ser una especie de impuesto a las necesidades sociales y evaluara los costos distribucionales que precios incorrectos pueden infligir a las familias. El consumo de agua no es una opción. En la medida que el pago de tasas fijas por consumo de agua y drenaje es regresivo<sup>4</sup> y de que el patrón de pagos derivado de la instalación de medidores de agua se paraleliza a aquel resultante de la fijación de un cobro por persona y de que los efectos distributivos de un cargo por agua varían de acuerdo al tipo de vivienda; la opción socialmente más aceptable parece ser el sistema de metrificación<sup>5</sup>.

Considerando que dos grandes factores ambientales se interconectan con la industria del agua: por un lado, funciones de drenaje que la han llevado a configurarse en un agente contaminante significativo de ríos y aguas costeras y, por otro lado, la degradación de la calidad del agua suplida en un factor importante de deterioro de la salud humana dado el fracaso del sistema de control de descargas; el sistema de cobro elegido debiera tener dos componentes adicionales:

**Sustentabilidad:** la satisfacción de estándares tiene que asegurarse con un componente en las tarifas o con un impuesto específico sobre efluentes de descarga de drenajes a un nivel tal que las compañías voluntariamente restrinjan sus descargas a las tasas requeridas para satisfacer estándares deseables.

**Pro-vida:** en la medida que las concentraciones de sustancias tales como plomo en descargas industriales y nitratos provenientes de fertilizantes agrícolas en el agua entubada, se han convertido en una amenaza para la salud humana, éstas deberían concebirse como des-economías externas que tienen que ser internalizadas mediante un mecanismo que incorpore una provisión de ajuste a la tarifa que cubra costos no anticipados (cost-pass-through) que le permita a los organismos operadores de agua hacer todas las inversiones necesarias para elevar los estándares ambientales.<sup>6</sup>

<sup>4</sup> Regresivo en términos de que las familias pobres destinan una mayor proporción de su ingreso total, que aquella dedicada por las familias de altos ingresos.

<sup>5</sup> Lo único seguro en el cotejo de opciones de cobro es que cualquier selección está sujeta a controversia.

<sup>6</sup> La intención de este mecanismo de fijación de precios:  $RPI + K$ , en vez de la fórmula propuesta por Littlechild,  $RPI - X$ ; pretende asegurar una ganancia aceptable para la compañía de agua sobre todas las inversiones realizadas para elevar los estándares ambientales.

### III EL MERCADO DEL AGUA

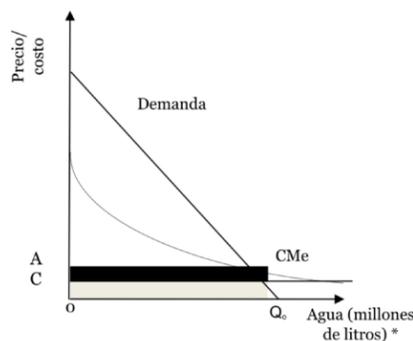
Aproximadamente dos terceras partes del agua que se consume en los países de la región latinoamericana proviene de la superficie (es decir, de fuentes tales como reservorios, lagos y ríos, etcétera) mientras que el resto del agua viene de aguas subterráneas (formaciones geológicas que acumulan agua pluvial).

En América Latina las empresas de agua potable y alcantarillado son públicas y su administración ha sido delegada a las municipalidades y prácticamente operan en forma monopólica dentro de un área territorial determinada. La creación virtual de monopolios se genera por decreto o porque existe una sola red de ductos que conducen el agua y, en algunos casos, colectan aguas negras, situación que vuelve muy oneroso el intento por parte de una compañía privada de instalar una nueva red y así competir con la compañía existente. En Economía, una industria donde los costos de construir una red alternativa son muy altos, actúa como una infranqueable barrera de entrada al mercado y se define como un monopolio natural.

#### 3.1 La estructura de costos

Considérese con mayor detalle la estructura de costos de una empresa de agua potable representativa (figura 6). La gran inversión inicial en la red de agua potable representa los costos fijos de producción,  $CF$ . Los costos marginales de proveer un litro de agua son muy bajos. Asuma también que este costo marginal,  $c$ , es constante para cualquier cantidad de agua suplida,  $Q_0$ . Esta estructura de costos implica que los costos promedios de producción  $CM_e$  decrecen conforme la cantidad  $Q_0$  se eleva, de suerte que  $CM_e = CF/Q + CM_g$ . Advierta que  $CM_g$  no necesita estar dividido por  $Q$  debido a que refiere al costo unitario de agua suplida

Figura 6: El mercado del agua



Dos aspectos sobresalen a esta altura del análisis:

i) Los costos promedios,  $CM_e$ , siempre exceden los costos marginales,  $CM_g$ . Conforme la cantidad se incrementa, los costos fijos se distribuyen en un volumen más grande. De manera análoga, la parte de los  $CM_e$  representados por  $CF/Q$ , se vuelve cada vez más pequeña y los  $CM_e$  convergen hacia los costos marginales,  $CM_g$ ; y

ii) La eficiencia por asignación requiere que la cantidad de agua utilizada sea  $Q_0$ . De hecho, este es el monto al cual la voluntad de pagar por parte de los hogares, es igual al costo marginal de suministrar la última unidad de agua.

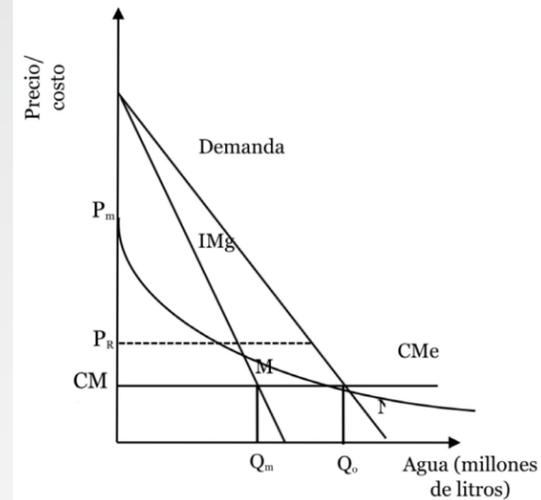
#### 3.2 Pérdida "deliberada"

A fin de asegurar que la cantidad óptima de agua sea suplida y utilizada en el mercado, la empresa de agua necesita incurrir en una pérdida. De hecho, si la compañía del agua establece un precio igual al costo marginal,  $P = CM_g$ , y, en correspondencia, la familia demanda la cantidad de agua  $Q_0$ , entonces el ingreso de la compañía será igual a:  $CM_g \cdot Q_0$ . Simultáneamente, se puede observar en la figura 6 que el costo promedio de suministrar la cantidad de  $Q_0$  es  $CM_e$ , lo cual implica un costo total de  $CM_e \cdot Q_0$ . Dado que el costo promedio ( $CM_e$ ) está por arriba del precio,  $P = CM_g$ , entonces la empresa del agua incurrirá en una pérdida igual a la superficie azul (a, en el diagrama).

Por supuesto, la compañía no estará de acuerdo en incurrir en tal pérdida. Siendo un monopolista local, la compañía estará inclinada a establecer un precio por encima del costo marginal, lo cual supondría una reducción en el agua utilizada por el sector residencial por debajo de la cantidad óptima  $Q_0$ . El monopolista elegirá la cantidad de oferta  $Q_m$  para la cual el ingreso marginal es igual al costo marginal,  $IM_g = CM_g$  (punto M) y cargar el correspondiente precio monopolístico  $P_m$  tal como se muestra en figura 7. Advierta que con una demanda lineal, como aquella ilustrada en este ejemplo, el  $IM_g$  será definido por una línea con el mismo intercepto que la curva de la demanda pero con una pendiente doble.

La situación monopolista no es eficiente porque el  $CM_g$  del agua está todavía por abajo del precio que los consumidores están deseando pagar. Pero, al mismo tiempo, la consecuencia competitiva (punto N) no es aceptable para empresas privadas debido a que ello supone pérdidas. La solución es que el precio del agua sea establecido por el gobierno.

Figura 7: El precio del agua



#### 3.3 Precios regulados

Hay varias experiencias internacionales en las que el precio del agua se establece por regulación económica del sector hídrico. El objetivo del ente regulador es elegir un precio  $P_R$  que sea tan cercano como posible al precio competitivo pero lo suficientemente alto que asegure que las compañías operadoras obtengan ganancias. El esquema de precios tiene que permitir una tasa de beneficio razonable sobre la inversión de capital de la compañía. Este rendimiento tiene que ser lo suficientemente robusto para que la compañía atraiga financiamiento para sufragar los programas de inversión y de re-inversión. Asimismo, los sectores hídricos y de drenaje tienen una considerable infraestructura que mantener y es necesario invertir para cumplir con directivas ambientales, nacionales y extranjeras; estándares de calidad y para mejorar el equilibrio entre oferta y demanda.

Es difícil lograr el balance correcto entre el hecho de que el agua sea financiable por las familias y que la infraestructura hídrica reciba una tasa razonable de rendimiento sobre sus inversiones. Una compañía de agua potable bien administrada, pública o privada, puede llegar a ser un negocio rentable.

#### 3.4 El precio correcto

En algunos países muchos hogares no tienen medidor así que la factura hídrica para esos hogares se determina por parámetros no relacionados con el consumo, por ejemplo, el valor de mercado de la casa. Estos hogares pagan un precio fijo por el uso del agua potable y pueden consumir cualquier cantidad que quieran sin incurrir en un costo extra.

Los economistas estamos de acuerdo que "gratuidad" es el precio incorrecto para el agua. Los recursos gratis tienden a ser desperdiciados, en la medida que no hay incentivos para la frugalidad. Aquellos hogares que no tienen un medidor instalado en sus casas es menos probable que cierren la llave mientras se cepillan los dientes, y más probable que dejen a los sistemas de riego de sus jardines, que aquellos que tienen un medidor. Si es gratis, el mensaje es que es ilimitado. "Pago por lo que usas" es un paso importante en domeñar el problema del sobreconsumo, mal uso y desperdicio.

#### 3.6. Uso inequitativo

Sin embargo, si todos los usuarios tuvieran que pagar el mismo precio por el agua, esto puede propiciar un uso inequitativo del recurso entre pobres y ricos. Hay evidencia de que cuando los medidores se instalan, los hogares de altos ingresos usan más agua que sus pares ubicados en un nivel de ingresos inferior. Un hogar clasificado como de bajos ingresos puede usar su "agua marginal" para lavar ropa, pero un hogar de altos ingresos puede usar su "agua marginal" para lavar el automóvil. Dado que la elasticidad del precio del agua decrece conforme el nivel de ingresos se eleva, incrementos uniformes en el precio marginal del agua puede agravar desigualdades en el uso del agua debido a que los hogares de ingresos inferiores tienden a reducir su consumo proporcionalmente más que los hogares de altos ingresos. Familias de bajos ingresos pueden dejar de usar el agua para actividades que son consideradas generalmente como socialmente más benéficas.

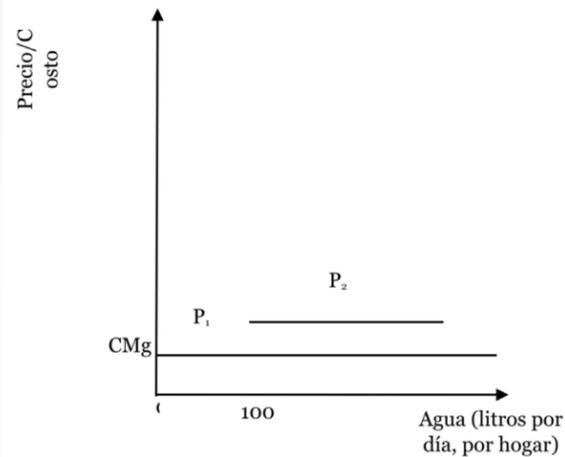
#### 3.7 Aumentando block de tarifas

La fijación del precio correcto al agua puede ayudar a superar el problema de distribución desigual y acceso justo al agua.

Por ejemplo, asuma que las necesidades familiares de cada uno de los hogares es de 100 litros por día para actividades vitales básicas, tales como agua para beber o potable, limpieza personal y lavandería. Un regulador puede decidir poner un precio muy bajo sobre los primeros 100 litros de agua consumida diariamente (posiblemente un precio igual al costo marginal  $CM_g$ ) y un precio relativamente más alto para cualquier cantidad por encima de los 100 litros. Esta estructura de precios, generalmente conocida como tarifa de bloques crecientes, se muestra en gráfica 8. Advierta el hecho de que el precio por arriba del costo marginal para cualquier cantidad por encima de los 100 litros es importante por dos razones:

<sup>7</sup> En estricto sentido el manejo del término gratuidad constituye una falacia. Algún o algunos miembros de la sociedad, o ésta en su conjunto, tienen que financiar los costos de administración (producción, transportación, distribución y cobro) del agua.

Figura 8: Aumento de la tarifa de los precios



1. Asegura que la empresa de agua y alcantarillado obtenga ganancias positivas; y
2. Que los hogares paguen precios más altos por consumos no vitales, por ejemplo, limpiar el automóvil o irrigar el jardín.

En los Estados Unidos y Australia, por ejemplo, las compañías de agua frecuentemente utilizan una tasa de precios crecientes con el objetivo dual de lograr una cierta reducción en el uso total del agua y en la mejora de la equidad entre consumidores.

## IV ELEMENTOS DE POLÍTICA HÍDRICA

México atraviesa en la actualidad por una fase de escasez relativa de recursos hídricos, luego de haber mantenido una fase prolongada de disponibilidad de agua y otra más de sobreexplotación que aún se traslapa con la escasez, acentuada por una progresiva contaminación de los cuerpos de agua, superficiales y subterráneos, que han derivado en un rezago y abatimiento de la disponibilidad natural del agua.

En el marco de políticas públicas correctivas y preventivas de la crisis general de agua se requieren dos elementos de primer orden: evaluar el grado de la denominada Responsabilidad Social de Empresa (RSE) de aquellas que descargan sustancias perniciosas al cauce del río e identificar y evaluar el valor económico de un programa de inversiones para la remediación y prevención de contaminantes antropogénicos en el agua.

Recuerde que tratar con esos problemas ambientales requiere inversión de capital por parte de la industria hídrica en el reemplazo o modernización de la vieja infraestructura de drenaje y el remplazo de redes de distribución decadente. El tamaño de estas inversiones es muy costoso. En términos económicos esos efectos ambientales constituyen des-economías externas: son costos impuestos a la sociedad por las actividades de la industria hídrica. De esta manera,

ríos contaminados por descarga de aguas negras alteran la composición química del agua y, por ese medio, dañan al stock de peces y otras flora y fauna acuática. La bacteria presente en el agua puede poner en riesgo la salud humana y el agua contaminada puede ser ofensiva tanto en apariencia como en olor. Pescadores, naturistas, bañistas y aquellos viviendo en contacto con cauces de agua contaminada sufren pérdidas de utilidad de las actividades de las compañías de agua en descargar aguas no tratadas. Las sustancias presentes en el agua de beber son frecuentemente no detectadas por los consumidores pero de cualquier manera constituyen una amenaza para su salud. Estas imponen un costo a la comunidad para tratar aquellos afectados, así como también la pérdida de su contribución a la actividad productiva. Las compañías de agua por sí mismas también sufren de la actividad contaminante de otros (polución de nitratos de la agricultura tiene que ser eliminada del agua potable por plantas de tratamiento muy caras).

El mejoramiento de la calidad de los ríos y aguas costeras y la reducción de los niveles de sustancias indeseables en agua potable impone costos en la industria del agua pero no genera ingresos extras, en otras palabras, cumplir con los estándares ambientales reduce los márgenes de una ganancia aceptable por parte de la industria y preservarlos es función también del sistema de cobro.

Las tarifas son un elemento fundamental en los programas de uso eficiente del agua. Las tarifas pueden ayudar a ahorrar agua si se observan en su estructura los siguientes componentes básicos: (Morales, J. Rodríguez, L., 2008).

1. Recuperación de costos o la relación directa entre los gastos y los ingresos obtenidos. Dicha recuperación deberá considerar la distribución, el desecho y los costos de tratamiento, así como otros gastos como los provocados por el hundimiento del suelo a causa de la sobreexplotación de los acuíferos que por lo general no son considerados como gastos del sistema.
2. Capacidad de pago de los usuarios. Este es un elemento fundamental en el diseño de una política de derechos sobre uso de agua.
3. La necesidad de establecer un equilibrio en la distribución de los costos del agua entre hogares con ingresos diferentes.

Históricamente, los precios del agua han sido subsidiados en gran parte por los gobiernos de los países. Sin embargo, dese el punto de vista fiscal y de la RSE, resulta cada vez más difícil continuar con estos esquemas de financiamiento, por lo cual se establecen políticas tarifarias que involucren más al usuario.

En el caso de México, estos subsidios han permitido el acceso a grandes volúmenes de agua a un precio bajo lo que ha contribuido al uso ineficiente de agua, así como a agudizar su escasez.

La política de abastecimiento de agua, basada en un modelo de gestión extractiva dio como resultado el surgimiento de una cultura del agua poco precavida y dispendiosa, tanto entre los usuarios domésticos como entre las empresas. También generó desequilibrios sociales notables debido, debido a que se privilegió el suministro en algunas zonas de la ciudad.

Los ritmos de crecimiento de los sectores industriales responden al comportamiento de sus respectivas demandas y en consecuencia, el incremento de las descargas de agua residual y afectación de otros aspectos ambientales. En el caso del estado de México, la tendencia de crecimiento industrial le favorece, por lo que la demanda de los recursos hídricos de agua potable ha sido preferencial para la industria. La principal fuente de abastecimiento para la industria manufacturera la constituyen los cuerpos de agua subterránea cuya explotación se obtiene mediante el otorgamiento de derechos y pago de tarifas acorde al volumen consumido; hoy en día se le exige a la industria contar con una planta de tratamiento de agua residual para favorecer el reúso. La estructura de tarifas del agua potable para la industria es la más elevada comparada con del resto de los usuarios y se incrementan a medida que los rangos de consumo se incrementan. En cuanto a las descargas de agua residual, las Normas Oficiales Mexicanas, regulan las descargas a cuerpos de agua nacionales y a sistemas de drenaje.

En el Valle de México, cuatro sectores industriales son los mayores consumidores de agua potable, necesaria para sus procesos: elaboración de refrescos y otras bebidas no alcohólicas, fabricación de papel, industria cervecera y elaboración de harina de maíz. (Morales, J. Rodríguez, L., 2008)

## CONCLUSIONES

El agua, como un recurso natural, constituye una necesidad básica para todas las personas en el planeta, sin embargo aún en muchas regiones el suministro de agua potable es escasa.

El acceso limitado a agua potable y segura es una pesada carga sobre salud pública, oferta alimentaria, educación, economía y abasto energético en muchas áreas del mundo. Por lo tanto, la gestión responsable y sostenible resulta esencial para satisfacer las crecientes demandas de agua fresca para 2050 tal como se admite en el reporte sobre desarrollo hídrico de las Naciones Unidas.

En verdad, la buena administración de los recursos hídricos es la clave para prevenir y minimizar el riesgo del hambre, la pobreza, la salud precaria y la muerte de millones de personas en el mundo. El modelo hidráulico del área metropolitana del Valle de México es

insostenible a largo plazo. Se requiere realizar cambios radicales en las políticas hídricas pero también una fuerte culturización en la sociedad en general sobre el cuidado del agua. Las prácticas de reúso de agua deben incrementarse y superar el incipiente porcentaje de 12% sobre la extracción total que se ha contabilizado. El respecto al uso de suelo, detener la acelerada urbanización y propiciar mayores extensiones de áreas verdes, fuentes que favorecen la recarga de acuíferos, contribuirían a mejorar las condiciones del subsuelo. Adicionalmente el control de las fugas en las redes de abastecimiento requiere de manera urgente ir reemplazando gradualmente la obsoleta infraestructura hidráulica y de alcantarillado y mejorar la eficiencia de las plantas de tratamiento de agua residual.

En materia social el gobierno debe darle una alta prioridad a equilibrar la inequidad en el suministro de agua potable a la población y adicionalmente limitar el suministro a quienes no cumplan con el pago de sus consumos; ya se ha comprobado que los subsidios que otorga el gobierno a quienes se retrasan en sus pagos ha sido contraproducentes.

La definición de un valor comercial al agua potable que se abastece en base a los costos de producción para la entrega de la misma, es una medida conveniente no solamente para generar ingresos para las obras hidráulicas de mejoramiento que son urgentes sino también para generar una cultura en el patrón de consumo de los usuarios domésticos e industriales.

Se necesita nuevas políticas para el establecimiento de derechos que contribuyan a reorientar la demanda. La calidad de vida de los seres humanos e inclusive su supervivencia depende de los procesos ecológicos y económicos que emprenda. La satisfacción de las necesidades urbanas debe ser compatibles con la protección de los recursos naturales, acción que requiere atención prioritaria para frenar el desequilibrio ambiental existente.

## BIBLIOGRAFÍA

Cámara de Diputados el H. Congreso de la Unión. *Ley de Aguas Nacionales*. Diario Oficial (DO) de 1º de diciembre de 1992. Reforma de 24 de marzo de 2016.

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). *Actualización de la disposición media anual en el acuífero zona metropolitana de la ciudad de México (0901) Distrito Federal*. Diario Oficial 20 abril de 2015.

CONAGUA, (2016), *Atlas del agua en México, 2016*.

CONAGUA, (2016). *Ley Federal de Derechos (LFD). Disposiciones aplicables en materia de aguas nacionales*.

CONAGUA, (2016). *Ley Federal de Derechos. Disposiciones aplicables en materia de aguas nacionales*. Conforme al Anexo 19 de la Resolución Miscelánea Fiscal para 2017 publicada en el DO el 23 de diciembre de 2016.

CONAGUA, (2016). *Ley Federal de Derechos. Acuerdo por el que se dan a conocer las zonas de disponibilidad que corresponden a las cuencas y acuíferos del país para el ejercicio fiscal 2017, en términos del último párrafo del artículo 231 de la LFD*.

FE-UNAM, CDMX, Septiembre 2017

Gobierno de la República- SEMARNAT- CONAGUA. *Atlas del agua en México 2016*.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2014. *Las zonas metropolitanas en México*. Censos Económicos.

INEGI. (2016). *Estadísticas a propósito del Día Mundial del Agua*. Marzo.

Izazola, H. *Agua y sustentabilidad en la ciudad de México*. El colegio de México, A.C. Estudios Demográficos y Urbanos, núm. 47, mayo-agosto, 2001. México, D.F.

Morales, J. Rodríguez, L. 2007. *Economía del agua. Escasez del agua y su demanda doméstica e industrial en áreas urbanas*. Universidad Autónoma Metropolitana.

Olivares, S. Sandoval, R. (2008). *El agua potable en México*.

## INDICE DE DESEMPEÑO DE LOS SERVICIOS DE SUMINISTRO DE AGUA POTABLE EN MÉXICO

## INDEX OF PERFORMANCE OF THE SERVICES OF SUPPLY OF DRINKING WATER IN MEXICO

Maribel Adriana Caballero-Castrillo\*

Doctorante en economía por la UNAM | adrianaaballeroc@yahoo.com.mx | mago.ftos@gmail.com

### RESUMEN

Se propone una metodología para evaluar la eficiencia de los organismos operadores del servicio de agua en México a través de un índice de desempeño, para ello se utilizan técnicas de análisis multivariado; específicamente, análisis de componentes, análisis de clúster\* y análisis discriminante.

Se estima la eficiencia del servicio de agua en México. Se generan conclusiones interesantes, la eficiencia de las operadoras de agua dependen de factores económico-administrativos, factores institucionales y de variables medio ambientales para explicar la eficiencia o ineficiencia en el servicio.<sup>1\*</sup>

### ABSTRACT

The proposal for a methodology to evaluate Mexican water systems; operating efficiency based in a "performance index", which is built by multivariate analysis (MVA); specifically using principal component analysis (PCA), cluster analysis (clustering) and discriminant function analysis.

In the estimation of water companies efficiency in Mexico. Among other interesting conclusions, water companies efficiency is highly dependent and well explained by itseconomic, administrative, institutional and environmental factors.

**Key words and phases:** Metodología para evaluar el desempeño, Eficiencia del servicio de agua, análisis multivariado, estimación de la eficiencia de las empresas operadoras de agua.

### INTRODUCCIÓN

En México el servicio de agua potable y alcantarillado se realiza a través de una concesión, ya sea estatal, municipal o local, la cual es conocida como Organismo Operador (OO). La actividad económica que realiza no está regulada por ninguna Secretaría Federal, Estatal ni por la ciudadanía, lo que incentiva a los directivos de estos organismos a trabajar con ineficiencias administrativas. Lo anterior provoca: deudas económicas con entidades bancarias, letargo municipal o local ya que se utilizan recursos económicos etiquetados para otra actividad y baja calidad del servicio de agua.

Por otro lado, este tipo de manejos anárquicos también puede provocar el rezago de la localidad, llevando a la empresa del agua y, en algunos casos, a la localidad a una insostenibilidad financiera que se refleja en bajos niveles de coberturas de agua potable y/o alcantarillado, insuficiencias para atender fugas o proporcionar mantenimiento a la red del servicio.

La importancia del recurso agua como un recurso vital y estratégico para la economía y para cualquier tipo de actividades, incentivó al presente trabajo para construir un índice que evalúe el desempeño de las empresas que ofrecen el servicio de agua en México. La idea central es otorgar a los tomadores de decisiones una herramienta que les ayude a focalizar la aplicación de las políticas públicas para el uso eficiente del recurso agua; así como señalar a empresas calificadoras e inversionistas a través de un semáforo que caracterice en: eficiencia baja, eficiencia media e ineficiencia a las empresas que ofrecen el servicio de agua en el país.

<sup>1</sup> Doctorante en economía por la UNAM | adrianaaballeroc@yahoo.com.mx

Hasta ahora existe sólo\* un trabajo para México\* en este tema, y fue realizado por el Consejo Consultivo del Agua, en ese estudio se creó un indicador utilizando promedios simples de 12 variables para 50 empresas operadoras. A pesar de ser un buen acercamiento al tema, aún no contiene el rigor estadístico necesario para evaluar el desempeño en los servicios del agua.

A diferencia del indicador propuesto por el Consejo Consultivo del Agua, (Consejo Consultivo del Agua, 2011) el índice que propongo se construyó con diversas fuentes de información oficiales como; el Programa de Indicadores de Gestión de Organismos Operadores PIGOO del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua IMTA, la Comisión Nacional del Agua CNA y del Instituto Nacional de Ecología INE, ahora Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, INECC. Cabe mencionar que la información recopilada no proviene de un muestreo aleatorio, sino de un sondeo realizado a más 1000 empresas operadoras de agua y de donde sólo\* contestaron de manera puntual 46.

El objetivo de este trabajo es crear una metodología para construir un índice de desempeño de los servicios de agua en México, ya que dada la falta de interés por parte de los organismos operadores no fue posible recopilar más información, para aplicar un muestreo. A pesar de esto, el trabajo metodológico y el análisis estadístico, aquí presentado, no cambiaría con más cuestionarios, por el contrario, se enriquecerían las conclusiones y se reagruparían empresas.

## LA EFICIENCIA DEL SERVICIOS DE AGUA EN MÉXICO

Para este trabajo se entenderá como desempeño de una empresa operadora de agua al resultado de la eficiencia física, comercial y de cobranza. Esto es la eficiencia enfocada a las fugas de agua, a la correcta y total facturación del servicio y a la recuperación monetaria del cargo facturado.

El bajo desempeño de las empresas genera rezagos importantes en el desarrollo social, económico y ambiental del país, el correcto funcionamiento del servicio es primordial para subsanar las finanzas y como parte del aprovechamiento racional de los recursos naturales, sin embargo, las condiciones de funcionamiento intrínsecas de estas empresas generan endeudamientos municipales, competencia por recursos y un desperdicio importante del líquido. Además de un actuar oportunista por parte de los directivos de las empresas que se

aprovechan de los programas de subsidios y préstamos para fines distintos a mejorar la eficiencia.

Según los datos reportados por CNA (2016) en ese año se invirtieron \$5,416.1 millones de pesos para mejorar la eficiencia de los organismos operadores de agua estos recursos son un subsidio que palea la ineficiencia de las empresas operadoras del agua, a pesar de que parece una cantidad pequeña para los problemas de eficiencia del país este monto es mayor al presupuesto de ingresos de Ecatepec (Ley de ingresos, 2016), que fue de \$4,396 millones de pesos. Esta inversión es un apoyo transferido a las empresas de agua que deberían de trabajar de manera con recursos propios, sin embargo, por tratarse de un recurso vital para la población el Estado participa activamente para subsanar las finanzas y los desajustes técnicos.

Los directivos de las empresas se encuentran en posiciones ventajosas porque son autónomas en la toma de decisiones del servicio que ofrecen y la transparencia con que manejan sus finanzas, además de utilizar su cargo como trampolín político de su estado o municipio. Por si fuera poco, existen programas que apoyan con préstamos a las empresas operadoras de agua para mejorar la eficiencia como es Programa de Mejoramiento de Eficiencias de Organismos Operadores PROME. Programa de devolución de derechos PRODDER, Programa para la modernización de organismos operadores de agua PROMAGUA.

A pesar de los esfuerzos\* que se han hecho por mejorar la eficiencia de los servicios de agua en México,\* el desempeño de los servicios es lamentable, hasta ahora, sólo\* existe un intento por evaluar el desempeño de dichas empresas que trabajan con toda impunidad legal y se ven beneficiadas de subsidios y préstamos.

Por lo anterior, se presenta en este trabajo la metodología que deberían de seguir los tomadores de decisiones para tener un semáforo que les indique si las empresas son o no sujetos de crédito antes de otorgar subsidios o préstamos que podrían darle un uso inadecuado.

## DESCRIPCIÓN DE LOS DATOS

El ejercicio del análisis de las empresas operadoras de agua se realizó en dos pasos; primero, se creó un índice de eficiencia de las empresas de agua para lo que se utilizó una base de datos de las características operativas de la empresa. Segundo, se realizó un análisis de regresión, en donde se pretende encontrar los elementos políticos, legales y administrativos que expliquen la eficiencia de las mis-

mas empresas de agua, y para ello se utilizaron ocho variables explicativas. Las variables que se usaron para la construcción del índice de eficiencia son razones que oscilan entre cero y uno, en donde cero es la calificación más baja y uno la más alta. La información es resultado de una encuesta telefónica y/o vía correo electrónico que realizó el Instituto Nacional de Ecología (INE), ahora INECC, y de la cual sólo se recopiló información válida para 46 empresas operadoras de agua en 24 estados del país.

La encuesta consistió en preguntas contextualizadas en tres rubros; características políticas del estado o municipio en donde se encuentra la empresa, características administrativo-financieras y características institucionales de la empresa. Para el resto de las variables se utilizaron datos estadísticos públicos del Consejo Nacional de Población CONAPO, de la Comisión Nacional del Agua CNA y de la página electrónica de la Cámara de diputados, en los Institutos Estatales Electorales y en el Instituto Nacional de Estadística y Geografía INEGI.

En la Tabla 1 se observa en la primera sección las variables con las que se construirá el índice de eficiencia y en la segunda sección, la descripción de las variables que construirán el modelo de eficiencia.

**Tabla 1.** Descripción de las variables que conforman el índice y el modelo de eficiencia

VARIABLE	DESCRIPCIÓN	DESCRIPCIÓN
<i>punt_pgo</i>	Puntualidad en el pago	Es la razón de los usuarios que pagan a tiempo <sup>2</sup> y los usuarios totales.
<i>v_fact</i>	Volumen de facturación	Es la razón del volumen de agua facturado y el total de agua producido.
<i>Rentdad</i>	Rentabilidad	Es la razón <sup>3</sup> de ingresos por la venta de agua y los costos de operación, mantenimiento y administración.
<i>Corrup</i>	Corrupción	Es el índice nacional de corrupción y buen gobierno, 2007.
<i>c_aguap</i>	Cobertura de agua potable	Porcentaje <sup>4</sup> de viviendas con servicios de agua potable, 2007.
<i>c_alcant</i>	Cobertura de alcantarillado	Porcentaje de viviendas con servicios de saneamiento, 2007. Cercano a 1, representa apreciables niveles en la extensión del alcantarillado en la población.
<i>c_clora</i>	Eficiencia de cloración	Porcentaje de agua clorada que evalúa la calidad del agua para el uso y consumo humano distribuida por los sistemas de abastecimiento público.
<i>Reg</i>	Reglamento	Variable dicotómica que refleja la existencia de un reglamento administrativo, en donde 0= falta de reglamento y 1=existencia del mismo.
<i>prep_dir</i>	Preparación del director de la empresa	Es una variable continua, se mide como el número de años estudiados por el directivo de la empresa.
<i>Cont</i>	Continuidad	Cont Continuidad Variable dicotómica. En donde 0= a la falta de continuidad de objetivos directivos y 1= continuidad.
<i>Certificado</i>	Certificado	Variable dicotómica en donde 0= sin certificado administrativo y 1= con certificado administrativo.
<i>tip_tarif</i>	Tipo de tarifa	Variable <sup>5</sup> dicotómica en donde 0 = tarifa fija y 1= tarifa volumétrica
<i>tarifa_dom</i>	Tarifa doméstica	Es una variable continua, medida en pesos (\$).
<i>Zd</i>	Zona de disponibilidad	Variable dicotómica en donde 0= zonas con poca disponibilidad y 1= zonas con alta disponibilidad.
<i>Prec_mfluv</i>	Precipitación media fluvial	Variable continua, medida en milímetros cúbicos de agua.

Fuente: Elaboración Propia, 2015. En la Tabla 2 presenta el estado y municipio de las 46 empresas que se incluyeron en el análisis de este trabajo, se encuentra también la abreviatura que se utilizará.

<sup>2</sup> La puntualidad se determinó, como el pago oportuno de la factura de agua, hasta por dos periodos de facturación, si a la tercera factura no se ha cumplido con el pago se considera un usuario moroso.

<sup>3</sup> Lo deseable es que las empresas cuenten con un indicador igual o mayor a uno, lo que implica que los ingresos por el pago del servicio son del mismo monto o mayor que los costos en los que incurren para ofrecer el servicio.

<sup>4</sup> Es importante resaltar que este porcentaje no muestra la distancia a la que se encuentra la llave o el hidrante, la calidad del agua que abastece o la frecuencia o tandeo con la que se ofrece el servicio.

<sup>5</sup> Tarifa fija. precio constante independientemente del consumo. Tarifa volumétrica. el precio depende del consumo.

<sup>1</sup> Los Organismos Operadores de Agua son unidades económicas que administran y operan los sistemas además de que prestan el servicio de agua potable, alcantarillado y saneamiento. Los servicios se circunscriben al ámbito de las localidades urbanas que conforman los municipios y áreas rurales.

**Tabla 2.** Empresas de agua utilizadas en el estudio

ESTADO	MUNICIPIO	ABREVIATURA	ESTADO	MUNICIPIO	ABREVIATURA
AGUASCALIENTES	Aguascalientes	agu	NAYARIT	Bahía de Banderas	b_b
	Calvillo	cal		Tepic	Tep
	Cosío	cos		Xalisco	Xal
	S.J. Gracia	sig		Monterrey	Mon
BAJA CALIFORNIA	Mexicali	mex	PUEBLA	Puebla	Pue
	Tijuana	tij	QUERÉTARO	Querétaro	Que
BAJA CALIFORNIA SUR	La Paz	Paz		San Juan del Río	Sjr
CAMPECHE	Chamotón	cha	QUINTANA ROO	Chetumal	Che
	Campeche	cam	SAN LUIS	Santa María del Río	Smr
CHIAPAS	Tapachula	tap	POTOSÍ	Villa de Arista	v_a
	Tuxtla Gutiérrez	t_g		Villa de Reyes	v_r
COAHUILA	Torreón	tor	SINALOA	Culiacán	Cul
	Saltillo	sti	SONORA	Hermosillo	Her
DURANGO	Gómez Palacio	g_p		Puerto Peñasco	p_p
	Rodeo	rod	TLAXCALA	TLAXCALA	tlx
GUANAJUATO	Guanajuato	gun	VERACRUZ	Córdoba	cor
JALISCO	Guadalajara	gud		Veracruz	ver
	Puerto Vallarta	p_v		Coatzacoalcos	coa
MÉXICO	El Salto	sto	YUCATÁN	Mérida	mer
	Toluca	tol	ZACATECAS	Fresnillo	fre
MICHOACÁN	Tlanepantla	tla		Zacatecas	zac
	Morelia	mor		Ojocaliente	ojo
MORELOS	Cuernavaca	cue		Sain Alto	s_a

Fuente: Elaboración Propia, 2015.

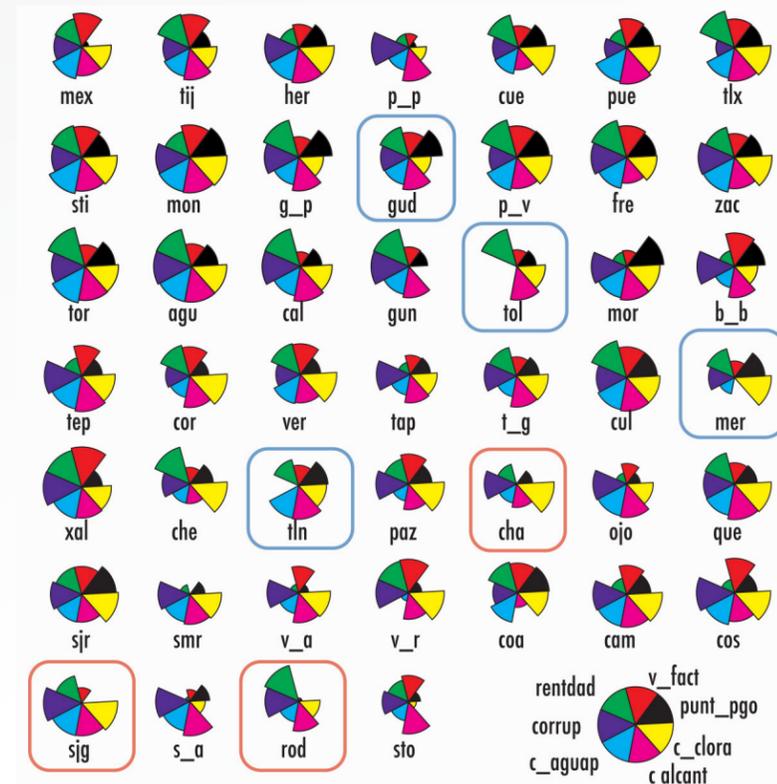
## ANÁLISIS DESCRIPTIVO Y GRÁFICO

En el análisis gráfico de los datos cada empresa está representada por un pastel y cada trozo representa una característica del desempeño de la empresa, se espera que todos los pasteles estén completos y que el tamaño de los lados sea similar.

Llaman la atención por la disparidad entre sus características de algunas empresas como es el caso de Toluca (tol) que tiene ausentes dos elementos corrupción y cobertura de agua potable, Guanajuato (gun) que carece de cobertura de cloración, Mérida (mer) sin cobertura de alcantarillado y Tlanepantla (tln) en donde no aparece en corrupción. Para en el caso de Toluca la cobertura

de agua potable es tan baja y la corrupción alta, en comparación con las otras empresas, que no pinta en el gráfico, para Guanajuato es el mismo caso en la cobertura de cloración, Mérida (mer) tiene problemas en el suelo cavernoso así que su cobertura de alcantarillado es muy baja y Tlanepantla, que reporta en el índice de corrupción una baja calificación.

Por otro lado, resaltan las empresas con datos extraordinarios, como es Champoton (cha) que declara cero en la para el volumen de facturación, esto es no se cobra el servicio de agua que ofrece esta empresa, para San José de Gracia (sig) el problema es más grave, declara rentabilidad y puntualidad de pago cero, esto es que nadie paga a tiempo y que la empresa trabaja con números rojos y Rodeo (rod) declara que no le cobra a nadie por el servicio y que la puntualidad de pago es muy baja y sin embargo, tienen una rentabilidad perfecta (de uno). Estas últimas tres empresas están enmarcadas de rojo porque dada la imposibilidad de los datos reportados, se decidió imputarlos. Tabla 3



Fuente: Elaboración Propia, 2015.

Debido a inconsistencias surgidas se transformó el valor de los datos de tres empresas de agua ubicadas en: San José de Gracia, Chamotón y Rodeo. Para la primera empresa se imputó el valor mínimo (después del cero) de la variable punt\_pgo, para la empresa ubicada en el municipio de Chamotón también se tomó valor mínimo (después del cero) de v\_fact y finalmente para la empresa de Rodeo se sustituyó con el valor máximo (antes del uno) de rentdad. Las medidas de tendencia central de la imputación se muestran en la Tabla 3.

**Tabla 3.** Medidas de tendencia central después de la imputación.

	punt_pgo	v_fact	Rentdad	Corrup	c_aguap	c_alcant	c_clora
Min.	0.02	0.08	0.06	0.81	0.74	0.05	0.60
Median	0.57	0.60	0.78	0.93	0.95	0.88	0.97
Mean	0.56	0.56	0.69	0.92	0.94	0.84	0.94
Max.	0.93	0.90	1.00	0.95	1.00	1.00	1.00

Fuente: Elaboración Propia, 2015.

## CONSTRUCCIÓN DEL ÍNDICE DE DESEMPEÑO

El índice (I\_1) se define como una función lineal de las características del desempeño de las empresas operadoras de agua. Se conformará del primer componente principal debido a que tiene la mayor capacidad de explicación de los datos, que en este caso alcanza el 44.4% del total. Por otro lado, las variables que conforman el índice reflejan las sanas finanzas de una empresa.

**Tabla 4.** Varianza explicada y proporción acumulada por componente principal.

	Comp 1	Comp 2	Comp 3	Comp 4	Comp 5	Comp 6	Comp 7
Desviación estándar	0.300	0.212	0.181	0.162	0.079	0.046	0.025
Proporción de varianza	0.444	0.222	0.160	0.129	0.031	0.010	0.003
Proporción acumulada	0.444	0.666	0.827	0.956	0.987	0.997	1.000

Fuente: Elaboración Propia, 2015.

En los vectores propios se observa que el primer componente, que se tomará como índice, se compone de 3 variables; puntualidad de pago, volumen facturado y rentabilidad. Llama la atención que los signos de todas las cargas son negativos, lo que implica que índice será negativo, esto es, que las empresas con mejores puntuaciones en la escala tendrán valores negativos altos.

**Tabla 5.** Cuadro de Cargas por componente principal.

	Comp 1	Comp 2	Comp 3	Comp 4	Comp 5	Comp 6	Comp 7
punt_pgo	-0.48	-0.371	0.774	-0.103	-0.13		
v_fact	-0.383	-0.658	-0.514	0.388			
Rentdad	-0.786	0.553	-0.232	-0.136			
Corrup						0.318	0.947
c_aguap		-0.114		-0.103	0.11	0.93	-0.313
c_alcant		-0.32	-0.272	-0.896		-0.125	
c_clora					0.981	-0.106	
SS loadings	1	1	1	1	1	1	1
Proportion Var	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143
Cumulative Var	0.143	0.286	0.429	0.571	0.714	0.857	1

Fuente: Elaboración Propia, 2015.

El resultado es el índice I\_1, tiene un rango de entre -0.419 y 0.846, en donde el primer valor está representado por la empresa ubicada en Puerto Vallarta y el último la empresa de San José Gracia en Aguascalientes. Debido a los signos de las cargas del primer componente principal Puerto Vallarta es la empresa, de nuestro estudio, con mayor desempeño en el servicio de agua. En contraparte, San José de Gracia representa a la empresa con el peor desempeño.

**Tabla 6.** Municipios con mayor y menor índice de desempeño del servicio de agua

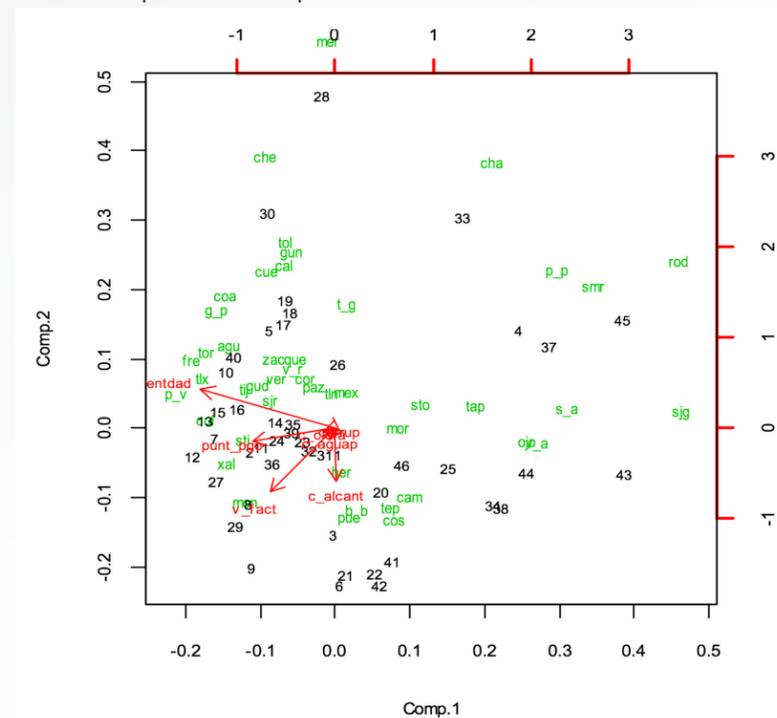
MUNICIPIOS	ÍNDICE ALTO	MUNICIPIOS	ÍNDICE BAJO
Puerto Vallarta	-0.419	San José de Gracia	0.534
Fresnillo	-0.382	San María del Río	0.561
Tlaxcala	-0.352	Sain Alto	0.626
Culiacán	-0.348	Puerto Peñasco	0.55
Torreón	-0.344	Villa de Arista	0.50

Fuente: Elaboración Propia, 2015.

Nota, el resultado del Score\* se ordenó, obteniendo las mejores eficiencias, convalores negativos y los peores.

En el Biplot mostrado en la Gráfica 2 se observa que las variables rentabilidad (rentdad), puntualidad de pago (punt\_pg) y volumen de facturación (v\_fact) son las variables con mayor longitud de vector, lo que representa la importancia de estas variables en la construcción del índice, siendo rentdad el componente con mayor peso, ubica a la izquierda de la gráfica a las empresas más rentables y a la derecha a las menos rentables.

**Gráfica 2.** Biplot de las 46 empresas



Fuente: Elaboración Propia, 2015.

Una vez obtenido el score\* o índice de eficiencia se ordenó de mayor a menor, recordando que las mayores eficiencias son negativas. Se identificaron los saltos más representativos de las tasas de crecimiento del indicador, dado esto los siguientes cortes entre las empresas con eficiencias altas, medias y bajas.

RANGO DE EMPRESAS  
CON EFICIENCIA ALTA

-0.42 a -0.03

RANGO DE EMPRESAS  
CON EFICIENCIA MEDIA

-0.01 a 0.33

RANGO DE EMPRESAS  
CON EFICIENCIA BAJA

0.37 a 0.85

## CLASIFICACIÓN DE LAS EMPRESAS

Después de la construcción del índice se clasificará por grupos de eficiencia a las empresas. La idea de las categorías es conservar la mayor homogeneidad posible dentro del grupo y a su vez resaltar la heterogeneidad entre grupos.

El análisis de conglomerados consideró agrupar las 7 variables utilizadas en la construcción del índice\* en tres y cinco grupos de eficiencia aplicado los métodos: *Average*, *Centroide*, *Single*, *Complete*, *Ward* y *K-Means*.

Los mejores resultados de las agrupaciones clúster\*, son los métodos de *Ward* y *K-mean*, para elegir entre estos dos, se realizó un nuevo análisis de clúster\*, pero ahora, se consideraron los tres primeros vectores de los componentes principales, con tres grupos.

Los resultados de la comparación entre ambos métodos se observan en la Tabla 7, en donde se unificaron los grupos y se contrastó con el score que se usará como índice de eficiencia. En el primer grupo se aglomera a las empresas de agua con niveles de eficiencia alta, el grupo dos nos muestra a aquellas empresas con un mediano nivel de eficiencia y finalmente el grupo tres conglomerar a las empresas con niveles de ineficiencia.

**Tabla 7.** Resultados de algunos métodos del análisis de Clúster.

Índice de eficiencia	7 var 3 CP'S		Índice de eficiencia	7 var 3 CP'S	
	Ward	K-mean		Ward	K-mean
-0.419	p_v	p_v	-0.097	Cor	cor
-0.382	Fre	Fre	-0.075	Paz	paz
-0.352	Tlx	Tlx	-0.039	Mer	mer
-0.348	Cul	Cul	-0.031	Tln	tln
-0.344	Tor	Tor	-0.006	Her	her
-0.319	g_p	g_p	0.007	Mex	mex
-0.297	Coa	Coa	0.008	t_g	t_g
-0.293	Xal	Xal	0.014	Pue	pue
-0.287	Agu	Agu	0.033	b_b	b_b
-0.253	Sti	Sti	0.117	Tep	tep
-0.249	Tij	Tij	0.128	Cos	cos
-0.247	Mon	Mon	0.136	Mor	mor
-0.215	Gud	Gud	0.165	Cam	cam
-0.197	Che	Che	0.193	Sto	sto
-0.192	Cue	Cue	0.331	Tap	tap
-0.184	Sjr	Sjr	0.37	Cha	cha
-0.176	Zac	Zac	0.46	Ojo	ojo
-0.17	Ver	Ver	0.483	v_a	v_a
-0.151	Cal	Cal	0.534	p_p	p_p
-0.145	Tol	Tol	0.561	s_a	s_a
-0.131	Gun	Gun	0.626	Smr	smr
-0.128	v_r	v_r	0.838	Rod	rod
-0.122	Que	Que	0.846	Sig	sig

GRUPO 1
  GRUPO 2
  GRUPO 3

Fuente: Elaboración Propia, 2015.

Existen algunas empresas que no terminan por definir el grupo al que pertenecen, si comparamos el resultado del clúster (segunda y tercera columna) con el índice de eficiencia (primera columna) podemos encontrar saltos en algunas empresas del grupo 1 y 2 que se encuentra mal clasificadas, al menos a tres empresas Monterrey (mon), Tlanepantla (tln) y Hermosillo (her), sin embargo, una coincidencia entre ambos métodos es la correcta agrupación entre las empresas ineficientes o del grupo 3. Aparentemente, el método de *K-mean* agrupa mejor que el método de *Ward*, sin embargo, para asegurar una correcta clasificación de las empresas se realizará un Análisis Discriminante.

## ANÁLISIS DISCRIMINANTE

El Análisis Discriminante se puede considerar como un análisis de regresión donde la variable dependiente es categórica y tiene como categorías a los grupos formados en el análisis de Clúster, y las variables independientes son continuas y determinan a qué grupos pertenecen los objetos, para ello se utilizaron las siete variables que conforman el índice de eficiencia. El objetivo es encontrar relaciones lineales entre las variables continuas que mejor discriminen a los grupos.

Para realizar este ejercicio se tomaron las siete variables del índice de eficiencia y se caracterizó con los grupos formados por el método de Ward y el método de K-means, en donde el grupo 1 representa a las empresas con más altos grados de eficiencia, el grupo 2 es aquel en donde las empresas tienen una mediana eficiencia y finalmente el grupo 3 muestra a aquellas empresas con ineficiencia.

Los resultados de la Tabla 8 muestran el número de casos correctamente clasificados en la diagonal principal, y los mal clasificados fuera de ella, para ambos métodos. El método de Ward tiene 4 observaciones mal clasificadas, una menos que con el método de *K-means*.

**Tabla 8.** Comparación de casos correctamente clasificados.

GRUPOS	WARD			K-MEANS		
	EFICIENTES	REGULARES	INEFICIENTES	EFICIENTES	REGULARES	INEFICIENTES
EFICIENTES	25	1	0	26	0	0
REGULARES	2	9	0	2	7	1
INEFICIENTES	0	1	8	2	0	8

De los resultados obtenidos en el Análisis Discriminantes, Tabla 9, se puede concluir que ambos métodos tienen datos mal clasificados que van a dar a grupos contiguos, como se observa en el análisis mostrado en este trabajo. Por otro lado, la aglomeración de *Ward* tiene una mejor clasificación en el porcentaje correcto total, que fue de 91%, en comparación a la aglomeración de *K-means*, en donde su porcentaje correcto total fue de 89%, esto es, que *K-means* tienen más datos mal clasificados. Tabla 9.

**Tabla 9.** Comparación de la Validación Cruzada.

WARD Niveles			K-MEANS Niveles		
1º	2º	3º	1º	2º	3º
0.962	0.818	0.889	1	0.7	0.8
Porcentaje correcto total			Porcentaje correcto total		
0.9130435			0.8913043		

## MODELO DE EFICIENCIA DE LAS EMPRESAS

La variable que representa al sistema legal del agua se llama *Reg*, es binaria y busca capturar las empresas que cuentan con un reglamento interno.

Las variables del sector administrativo son cuatro y muestran las características más representativas de la administración de las empresas de agua, la variable *tarifa\_dom*, que es el precio del servicio de agua consumiendo 30m<sup>3</sup> (consumo promedio de una familia de cuatro personas). Una variable complementaria a anterior es *tip\_tarif*, que se construyó de forma binaria y en donde la unidad representa a la tarifa que cobra dependiendo del número de metros cúbicos consumidos. La variable *cont* es binaria y la unidad representa la continuidad de los objetivos en la administración. Por otro lado, la variable *certificado* es una variable binaria que caracteriza a las empresas que han invertido para obtener por alguna entidad calificadora dicha distinción y finalmente la variable *prep\_dir* nos permite observar si hay una relación entre los años estudiados del director de la empresa y la eficiencia de la misma.

Las variables exógenas utilizadas en este estudio fueron de tipo medio ambiental y tienen el objetivo de mostrar la relación que existe entre las características geográficas en donde se localiza la empresa y la eficiencia de en el servicio de agua de la misma. La variable *zd* caracteriza la zona de disponibilidad y se construyó como una variable dicotómica que divide al país en dos zonas geográficas; la zona 1 que caracteriza a la zona de escasos. Así mismo la variable *prec\_mfluv*, es una variable continua que mide la cantidad de agua de lluvia que cae en el municipio en donde se encuentra ubicada la empresa. De manera que el modelo de regresión por ajustar es el siguiente:

En la Tabla 10 se muestran los resultados del análisis de la regresión, en general se observa que el modelo que explica la eficiencia es un modelo adecuado, el coeficiente R<sup>2</sup> es de 0.74. También, se confirma la relación lineal entre la eficiencia de las empresas y las variables explicativas del modelo, dada la prueba de significancia conjunta *p-value*: 1.257e-07.

De manera particular, la variable *Reg* es significativa, esto es, que las reglas formales de una empresa son importantes para mejorar la eficiencia del servicio ofrecido.

Por el lado de las variables administrativas, la variable preparación del director, *prep\_dir*, indica que, a mayor estudio por parte del director de la empresa, mayor será la eficiencia de empresa que ofrece el servicio.

Otro de los problemas administrativos importantes es la rápida rotación del personal directivo de las empresas de agua, lo anterior se debe, a que cada tres años existe cambio de administración sin considerar el plan de trabajo previo. La variable *cont* desea capturar ese efecto de continuidad y el modelo estimado indica que las empresas con un seguimiento administrativo han tenido eficiencias más altas que las empresas sin continuidad.

*Certificado*, es la variable que muestra el efecto de una inversión administrativa por parte de la empresa y el modelo indica que las empresas con algún tipo de certificado tienen eficiencias mayores que aquellas empresas que no invierten en una certificación. Para la variable *tarifa\_dom* el signo es el esperado lo que implica que, a precios altos por el servicio de agua, la eficiencia de empresa mejorará. En el caso de la variable *tip\_tarif*, se lee que una tarifa volumétrica, en donde el precio por metro cúbico consumido de agua es diferenciado, es decir, depende de la cantidad de agua consumida por el usuario, incrementa la eficiencia administrativa de la empresa.

Finalmente, las variables de tipo ambientales expresan el comportamiento subjetivo del consumidor ante la escasez, así la variable zona de disponibilidad, *zd*, expresa que la ubicación en donde se encuentra la empresa que abastece el servicio influye en la eficiencia del servicio, si la empresa se ubica en una zona de disponibilidad de agua baja, la eficiencia será mayor que las empresas ubicadas en zonas disponibilidad alta.

Así mismo, si la precipitación media fluvial, *prec\_mfluv*, si llueve poco, la eficiencia de la empresa mejora, como es el caso del Norte de la República Mexicana.

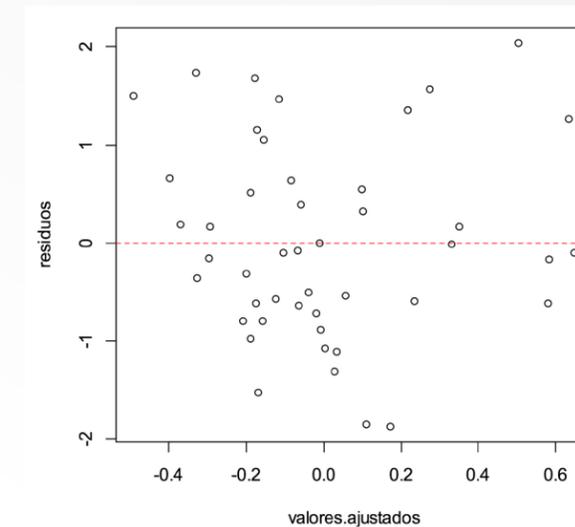
**Tabla 10.** Resultados de modelo

COEFICIENTE	ESTIMADOR	ERROR ESTÁNDAR	t VALUE	Pr(> t )	
(Intercept)	1.75E+00	2.55E - 01	6.856	5.87E-08	***
Reg	-4.02E - 01	7.65E - 02	5.255	7.42E-06	***
prep_dir	-3.82E - 02	1.20E - 02	3.173	0.003135	**
Cont	-1.60E - 01	6.28E - 02	2.545	0.015503	*
Certificado	-2.75E - 01	7.53E - 02	3.656	0.000833	***
tip_tarif	-4.73E - 01	1.73E - 01	2.736	0.009691	**
tarifa_dom	-2.44E - 01	8.13E - 02	2.999	0.004958	**
Zd	-4.70E - 01	1.91E - 01	2.46	0.018957	*
prec_mfluv	-1.27E - 04	7.19E - 05	1.762	0.086774	.
tip_tarif* tarifa_dom	2.30E - 01	8.22E - 02	2.796	0.008354	**
Zd*prec_mfluv	3.71E - 04	1.57E - 04	2.365	0.023719	*

Nota: Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1  
 Residual standard error: 0.1885 on 35 degrees of freedom  
 Multiple R-squared: 0.7398, Adjusted R-squared: 0.6654  
 F-statistic: 9.95 on 10 and 35 D, p-value: 1.257e-07  
 Fuente: Elaboración Propia, 2015.

El análisis de los valores ajustados y los residuos estandarizados, arrojan que no existe ningún patrón especial, las observaciones se encuentran entre el -2 y el 2 y no tienen ninguna tendencia, por lo tanto, se puede afirmar que la homocedasticidad\* y la linealidad resultan con\* hipótesis razonables en este trabajo. La Gráfica 3.

**Gráfica 3.** Valores ajustados y Residuos



Fuente: Elaboración Propia, 2015.

Se asegura el supuesto de normalidad en los datos, según la prueba *jarque.bera.test* del paquete *t-series*.

**Tabla 11.** Prueba Jarque-Bera

X-squared	Df	p-value
1.3574	2	0.5073

## CONCLUSIONES

La prestación del servicio de agua potable y saneamiento es un tema importante para la salud pública, la equidad social, el desarrollo económico y la sustentabilidad ambiental en cualquier nación.

Debido a la carencia de un parámetro que evalúe la eficiencia de las empresas que ofrecen el servicio de agua en México, el objetivo de este trabajo fue construir un índice que refleje esa eficiencia. Para ello se utilizó una base de datos que contenía 46 empresas operadoras de agua y 15 variables, siete de estas variables se usaron para la construcción del índice ya que éstas caracterizan el servicio de agua y el resto de las variables explicó el comportamiento de las empresas.

La construcción del índice se llevó a cabo, a través de un\* Análisis de Componentes Principales, los resultados del análisis consideran que las variables clave fueron: la puntualidad de pago, la rentabilidad de

una empresa y el volumen de facturación de la misma, estas variables conforman el primer componente y éste explica el 44% de la variabilidad total de la base de datos.

El índice tiene un rango que va de -0.419 a 0.846, en donde el primer valor lo representa la empresa con mayor nivel de eficiencia y el último valor representa a la empresa menos eficiente. Los resultados del índice ubican como a las cinco empresas más eficientes a Puerto Vallarta, Fresnillo, Tlaxcala, Culiacán y Torreón; en contra parte las empresas con eficiencias más bajas son: San José de Gracia, Santa María del Río, Saín\* Alto, Puerto Peñasco y Villa Arista.

Una vez construido el índice de eficiencia se realizó un Análisis de Clúster con las siete variables que caracterizan a las empresas, con el objetivo de que nos ayudara a generar grupos de empresas homogéneas, esto es, que se pudieran separar a las empresas con altas eficiencias de las de eficiencias medias y de las empresas ineficientes. Para ello se usaron seis métodos: *Average*, *Centroid*, *Single*, *Complete*, *Ward* y *K-Means* y los resultados muestran que los mejores métodos para conglomerar fueron *Ward* y *K-Means*, ya que, a pesar de tener claras diferencias entre los grupos eran los métodos que mejor agruparon. Finalmente se efectuó un nuevo análisis de clúster\* para los mejores métodos, *Ward* y *K-Means*, pero esta vez se utilizaron los primeros tres componentes principales para construir los grupos, los resultados entre estos dos métodos fueron parecidos.

Debido a lo anterior, se hizo un Análisis Discriminante lineal que nos ayudó a definir al mejor método de conglomeración. Los resultados del análisis muestran que el método de aglomeración de *Ward* tiene una mejor clasificación (0.91% correcto total), que la aglomeración de *K-means* (0.89% correcto total), es decir, que *K-means* tiene más datos mal clasificados. Por lo tanto, se optó por agrupar a las empresas de agua a través del método *Ward*, en donde se clasifica a las empresas como eficientes, regulares e ineficientes.

Finalmente, el modelo de regresión mostró que las variables que inciden en la eficiencia administrativa de una empresa de agua en México son:

- La variable legal, reglamento interno *Reg*
- Las variables administrativas, preparación del director *prep\_dir*, continuidad *cont*, certificado *certificado*, tarifa de agua *tarifa\_dom*, tipo de tarifa *tip\_tarif*
- Las variables exógenas, zona de disponibilidad *zd* y precipitación media fluvial *prec\_mfluv*

Dados los resultados encontrados podemos concluir que la eficiencia de las empresas que ofrecen el servicio de agua en México no sólo depende de la naturaleza de la organización económico-administrativa de la empresa, también depende de factores legales tales como un reglamento interno de la empresa; de factores administrativos tales como son el costo de la tarifa del agua y la estructura de la tarifa (precio fijo o precio por volumen) y la inversión de la empresa en certificar su proceso de manera externa, de la continuidad directiva de la empresa y de la preparación académica del director; depende también de las variables de entorno ambiental, esto es de la zona en donde se ubique la empresa y de la precipitación media.

El uso de la interacción de las variables tipo de tarifa y costo de tarifa nos ayuda a explicar de qué forma el precio del agua y la manera de cobrar el líquido\* definen la eficiencia en una empresa de agua. Así mismo, la interacción de las variables zona de disponibilidad de agua y precipitación fluvial, miden el comportamiento de la empresa ante la escasez o abundancia del líquido y cómo afecta esto la eficiencia de una empresa. 

## BIBLIOGRAFÍA

Andrei, Jouravlev (2004) /Los servicios de agua potable y saneamiento en el umbral del siglo XXI. CEPAL- Naciones Unidas, Santiago de Chile. Cámara de Diputados <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/index.htm>

Comisión Federal para la Protección contra los Riesgos Sanitarios COFEPRIS [http://www.cofepris.gob.mx/wb/cfp/agua\\_de\\_calidad\\_bacteriologica/\\_rid/1947?page=3](http://www.cofepris.gob.mx/wb/cfp/agua_de_calidad_bacteriologica/_rid/1947?page=3)  
[http://10.0.253.229/wb/cfp/agua\\_de\\_calidad\\_bacteriologica](http://10.0.253.229/wb/cfp/agua_de_calidad_bacteriologica)

Comisión Estatal del Agua de Guanajuato (2009)/*Diagnóstico Sectorial de Agua Potable y Saneamiento 2008*, Ed. CEAG, México, Guanajuato.

Comisión Nacional del Agua (2011)/*Programa de seguimiento de indicadores de gestión para el cumplimiento de meta de eficiencia global. Manual de indicadores de gestión*, Ed. CNA, México. <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/SGAPDS-11-11.pdf>

Comisión Nacional del Agua (2006)/*Situación del subsector Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento*, Ed. CNA, México. <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/Subsector2006.pdf>

Comisión Nacional del Agua (2007)/*Situación del subsector Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento*, Ed. CNA, México. <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/Subsector2007.pdf>

Comisión Nacional del Agua (2008)/*Situación del subsector Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento*, Ed. CNA, México. <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/Subsector2008.pdf>

Comisión Nacional del Agua (2009) /*Situación del Subsector de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento*, en <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/LibroAnexosYTablas-Situaci%C3%B3nSAPAS.pdf>

Consejo Consultivo del Agua, (2010) /*La gestión del agua en las ciudades de México: Indicadores de desempeño de Organismos Operadores* <http://www.imta.gob.mx/compaps/images/stories/pdf/indicadorescca2010.pdf>

Consejo Consultivo del Agua, (2011) /*Gestión del agua en las ciudades de México: Indicadores de desempeño de los sistemas de Agua potable, alcantarillado y saneamiento* <https://agua.org.mx/biblioteca/gestion-del-agua-en-las-ciudades-de-mexico-indicadores-de-desempeno-2011/>

Institutos Estatales Electorales <http://www.marketingpolitico.com.mx/Institutoselectorales.htm>

Instituto Nacional de Ecología, Dirección de Economía Ambiental (2010)/*Estudio de la Eficiencia de los Organismos Operadores de Agua en México*.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2004) /*Panorama censal de los organismos operadores de agua en México. Censos económicos 2004*. INEGI

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua IMTA, Programa de Indicadores de Gestión de Organismos Operadores <http://www.pigoo.gob.mx/>

Morrison (1990) / *Multivariate Statistical Methods*. Mc Graw Hill. R version 3.0.0 (2013-04-03) – “Masked Marvel” Copyright (C) 2013 The R Foundation for Statistical Computing Platform: x86\_64-w64-mingw32/x64 (64-bit) <http://www.r-project.org/>

Saleth y Dinar (2004) /*The Institutional Economics Of Water A Cross-Country Analysis Of Institutions And Performance*. The World Bank.

Seber, G.A.F. (1984)/*Multivariate Observation*. Wiley, New York

SEMARNAT (2011), Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales, en [http://www.semarnat.gob.mx/informacionambiental/Documents/sniarn/index\\_estadistica.html](http://www.semarnat.gob.mx/informacionambiental/Documents/sniarn/index_estadistica.html)

Secretaría de Salud. Vigilancia y evaluación del control de calidad del agua para uso y consumo humano, distribuida por sistemas de abastecimiento público, NORMA Oficial Mexicana NOM-179-SSA1-1998.

México. Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales, Diario Oficial de la Federación, 29 de agosto de 2002.

Peña, Daniel (2002) /*Análisis de datos multivariantes*. Mc Graw Hill, España.

Transparencia Internacional (2011) / índice Nacional de Corrupción y Buen Gobierno, en <http://www.transparenciamexicana.org.mx/historia/>

Ward, J. H., Jr. (1963) / “Hierarchical Grouping to Optimize an Objective Function”, *Journal of the American Statistical Association*, 58, 236–244

## Seminario "Economía y Política de Gestión de Residuos"

La **producción de residuos** es un subproducto **indeseable pero inevitable** de la actividad económica y su disposición está en el **centro del debate** contemporáneo de la **política ambiental**. Los desechos se originan en la producción industrial, el consumo de los hogares y en los negocios. Una buena parte de los residuos **se colectan por autoridades municipales** e incluyen principalmente la **basura de los hogares** pero también los **desechos generados en oficinas e instituciones públicas**.

El problema con los residuos proveniente de la **actividad económica** es que lleva tiempo su **degradación**. Esto quiere decir que los desechos gradualmente se acumulan y, dado el espacio finito que nos obsequia el planeta, **su colocación se vuelve insostenible en el largo plazo**. Más aún, desechos peligrosos generados por actividad humana **pueden conducir a enfermedades** o hasta la **muerte**. Considerando la creciente presión en las autoridades para responder a los **altos niveles de desechos peligrosos** acumulados en las sociedades modernas, se esperaría que se continúen incrementando los **planes de manejo de los Residuos de Manejo Especial** y se vuelva más estricta su instrumentación.

Los residuos residenciales (denominados residuos sólidos urbanos en la legislación mexicana) se generan en las casas habitación como resultado de la eliminación de los materiales que se utilizan en las actividades domésticas y se incrementan proporcionalmente con la expansión de población y del ingreso de las familias pero, eventualmente, una vez que **los países alcanzan determinado nivel de ingreso** y mejoran sus estándares de vida, optan por **desarrollar tecnologías y adoptan conductas favorables a una mejor calidad ambiental** mediante el abatimiento creciente de residuos (Curva ambiental de Kuznets).

Sin embargo, aun cuando haya elementos de verdad en esa predicción, no hay consenso en cuál es ese nivel de ingreso promedio que hace que el efecto bondadoso domine después de una prolongada **subestimación del medio ambiente por privilegiar la acumulación de capital y el consumismo**, considerando especialmente los **altos niveles de pobreza** prevalecientes en muchos países. Por lo tanto, la respuesta de las autoridades parece ser diseñar **políticas que reduzcan el monto general de basura e induzcan el reciclaje** de cierta proporción de ella. La legislación mexicana (Ley general para la prevención y gestión integral de los residuos) establece que la disposición de residuos procederá siempre y cuando no se pueda definir un Plan de Manejo para ellos. El **Plan de Manejo** es un Instrumento cuyo objetivo es **minimizar la generación y maximizar la valorización de residuos sólidos** urbanos, residuos de **manejo especial** y residuos **peligrosos específicos**, bajo criterios de **eficiencia ambiental, tecnológica, económica y social**. Dentro de los Planes de Manejo se establece una diferencia entre reciclo y reúso. El reciclo "es la transformación de los residuos a través de distintos procesos que permiten restituir su valor económico, evitando así su disposición final, siempre y cuando esta restitución favorezca un ahorro de energía y materias primas sin perjuicio para la salud, los ecosistemas o sus elementos" mientras que el reúso "es el empleo de un material o residuo previamente usado, sin que medie un proceso de transformación".

La actividad de **reciclaje se vuelve una alternativa** de conservación de materias primas. Esta acción reduce la demanda de recursos naturales finitos y retira materiales del flujo de desperdicios para, eventualmente, ser utilizados en una o más rondas productivas. Sin embargo, generalmente el reciclaje **tiende a ser oneroso** dados los costos del **transporte, mano de obra, energía y de procesamiento** implicados para las empresas. Adicionalmente, debido a la concentración de personas que vive en las ciudades y las áreas conurbadas, la operación de la recolección de residuos municipales se ha vuelto todo un desafío técnico y presiona las exiguas capacidades financieras de los gobiernos.

No obstante lo anterior, el reciclaje representa una **estrategia** para circunvalar los costos crecientes por disposición de residuos y se asume como una **opción económica** de parte de productores ante el **acelerado agotamiento de recursos naturales**, muchos de los cuales, son agotables tales como el **petróleo o metales** y la baja productividad agrícola que, en su conjunto, encarece el precio de sus insumos y, por otro lado, de beneficio para consumidores derivados del abaratamiento relativo de los costos de producción que abren la posibilidad de que la **disminución los precios** de bienes de consumo final.

Además de consideraciones de costos derivadas del reciclaje, el cambio de las actitudes públicas suscitado por el **cambio climático** y la creciente **fragilidad del sistema ambiental**, ha hecho tendencialmente que los consumidores cambien sus preferencias y que la sociedad demande nuevos **modos de producción** medioambientalmente más **amigables y sostenibles**.

El **reciclaje brinda** adicionalmente **oportunidades de negocios rentables**. Los flujos internacionales de residuos han estado creciendo a tasas exponenciales en las últimas décadas. De hecho, el valor económico relativo de los residuos comercializados transfronterizos, es ahora tan significativo como aquel que ocurre en el comercio de automóviles.

En la medida que el reciclaje es una actividad intensiva en mano de obra debido a que el desperdicio tiene que ser separado por tipo de material, tarea que no puede ser completamente ejecutada por maquinaria, se convierte en una **alternativa para los países** en vías de **desarrollo** que enfrentan **bajos ingresos salariales** combinado con **altas tasas de desempleo**.

Sin embargo, el comercio de desechos no siempre es la manera más efectiva de elevar los estándares de vida y fortalecer la demanda del consumidor toda vez que la prevalencia de una regulación ambiental laxa en los países subdesarrollados podría alentar a los países desarrollados a colocar **desechos peligrosos y crear severos riesgos de salud** para los trabajadores. Montos significativos de residuos electrónicos son ilegalmente transferidos a los países en desarrollo los cuales frecuentemente **los desarmen de una manera insegura** y con graves riesgos de salud. De allí que **no sea fortuito** la existencia de acuerdos internacionales para proteger a los países en desarrollo de los efectos adversos por volverse "**paraísos de desechos**", tal es el caso del Convenio de Basilea que entró en vigor el 5 de mayo de 1992 que surge como respuesta a las preocupaciones que suscitaban los desechos tóxicos de los países industrializados vertidos en los países en desarrollo y los países con economías de transición.

La economía ambiental ha intentado **estimar los costos y beneficios sociales** del reciclaje en comparación con aquellos provenientes de la disposición de residuos, pero hay un escaso consenso sobre sus hallazgos. Una razón de ello es que asignar precios a los efectos externos, no es un asunto menor. Mientras que hay evidencia de que las emisiones de los rellenos sanitarios pueden conducir a anomalías en niños pequeños y a la probabilidad de algunos tipos de cáncer, ¿Cómo podríamos valorar esos efectos en términos monetarios? ¿**Cómo deberíamos valorar la incomodidad de vivir en torno a un relleno sanitario o a una ruidosa estación de reciclaje de vidrio?** Mientras que en economía se han propuesto diversas técnicas para valorar tales externalidades, no hay un método único para arribar a un estimado plausible. **Tecnología sitio-específica** y otros **factores geográficos**, consideraciones éticas, así como el tipo de recursos, es probable que también influyan en tales estudios.

No obstante los desacuerdos académicos entre autoridades competentes, se lamenta que las **tasas de reciclaje sean muy bajas**, sugiriendo con ello que los costos externos implicados por la disposición de residuos no están siendo completamente internalizados. En un esfuerzo por **elevar las tasas** de reciclaje, se han establecido metas de **reciclaje de empaquetamientos** y de otros objetos, y se **demandan a los países** instrumentar políticas a fin de alcanzar tales objetivos. Estas políticas usualmente generan **incentivos financieros** para reciclar y desincentivos por no hacerlo. Por ejemplo, cobros a marchantes por bolsas de plástico en supermercados pretenden desincentivar su uso en las compras y alientan el reúso de bolsas viejas u otros objetos. Cobros por recolección de residuos municipales que dependan del monto de basura depositada (esquema "paga conforme tiras"), están igualmente orientadas a **desincentivar la conducta del derroche**.

Políticas que alientan el reciclaje a través de subsidiar conductas ambientalmente amigables incluyen la provisión de **infraestructura mejorada** en el servicio de **recolección**, susceptible de reducir el esfuerzo así como el tiempo involucrado en el proceso de reciclaje. **Las políticas** también pueden **subsidiar el reciclaje** de manera directa. Por ejemplo, algunos países han introducido subsidios en pañales reutilizables fabricados de algodón.

Finalmente, los instrumentos de política **pueden combinar** tanto **impuestos como subsidios** mediante esquemas tales como el de **depósito-reembolso** en envases de bebidas. Implementadas en varios países y frecuentemente son obligatorias. Estos esquemas incrementan el precio de compra a través de una cuota en el acto del consumo pero se reintegra en el acto de devolución. No obstante que tales políticas pueden ser muy efectivas en la reducción de los desechos, se asocian a **altos costos administrativos**.

Bajo estas premisas teóricas y contexto histórico, Tantalus, **Revista de Economía de los Recursos Naturales de la Facultad de Economía, UNAM**, convoca a la academia, servidores públicos, empresarios y ciudadanos en general, preocupados por el problema del manejo de residuos, sólidos y líquidos, a asistir y/o presentar ponencias en el **III seminario "Economía y Política de la Gestión de Residuos"** que tendrá lugar en el aula magna Jesús Silva Herzog de la **Facultad de Economía, UNAM, abril 26 y 27, 2018**; en el marco de las siguientes temáticas: Enfoques económicos para el mejor entendimiento del problema de los residuos; Análisis costos-beneficio del reciclaje; Instrumentos económicos y para-económicos en la gestión de residuos; Comercialización internacional de residuos; Residuos electrónicos, espacial y terrestre (e-residuos); y el Rol de las políticas públicas en la administración estratégica de residuos.

Interesados favor de comunicarse al tel.: **(55) 56222170 con Montserrat Ruiz Hernández**, o escriba a la dirección electrónica: **tantalus@economia.unam.mx**. Proyecto PAPIIME-DGAPA PE 310116. Ciudad Universitaria, UNAM, Diciembre 2017. Coordinación Académica: Margarita Ferat Toscano y Benjamín García Páez.

LLAMADO A PRESENTAR PONENCIAS

### Seminario "Economía y Política de la Gestión de Residuos"

Dada la esencia antropogénica, la generación de residuos se correlaciona positivamente a la actividad económica, dinámica demográfica, patrones de consumo, entre otros elementos; parece que su "acomodo" secular mediante las capacidades de incorporación a la naturaleza se han agotado y que en forma silenciosa y gradual se ha sumado al cúmulo de problemas económicos, sociales y ambientales acumulados justo en una coyuntura en que se requiere de mayor crecimiento económico y en que las otras mega tendencias continúan su paso inexorable.

Tántalus, revista de economía de los recursos naturales de la Facultad de Economía de la UNAM, se une al álgido debate contemporáneo de política ambiental suscitado por el incremento de volúmenes de residuos y al exhorto global por reducir su generación, alentar el reciclaje y el reuso y minimizar aquellos de manejo especial, a generar más conocimiento y habilidades para su pleno manejo y tratamiento y, en general, al fortalecimiento de requerimientos legales e institucionales para la gestión correcta y estratégica de los residuos; mediante un seminario que, a modo indicativo pero no limitativo, abordará las siguientes temáticas:

- Sesión 1:** Dimensiones del problema de los residuos y su potencial de valor.
- Sesión 2:** Economía Circular, Nuevos enfoques y métodos de valoración económica.
- Sesión 3:** Casos de éxito, Nuevos proyectos y tecnologías en el manejo de residuos.
- Sesión 4:** Opciones estratégicas de política (regulación e instituciones y cobertura de servicios; Incentivos a recicladores; inclusión social a lo largo de la cadena de disposición de residuos; Contribución a la minimización del cambio climático; sensibilización y de educación; perspectivas de investigación académica).

Para el desahogo de la agenda anterior de manera solvente, se convoca a la academia, servidores públicos, empresarios y ciudadanos en general, **comprometidos en el estudio y búsqueda de soluciones efectivas** del creciente problema de la generación y gestión de residuos, a la presentación de ponencias antes de abril 9, 2018, para su discusión en el marco del seminario "Economía y Política de la Gestión de Residuos" que tendrá lugar en aula magna Jesús Silva Herzog la Facultad de Economía, UNAM, abril 26 y 27, 2018, de 11:00 a 15:00 horas.

Informes sobre especificidades de ponencias y registro de asistentes: Revista Tántalus, cubículo 116, Edificio B, Facultad de Economía, UNAM.  
Montserrat Ruíz Hernández y/o Evelyn Hernández  
Tel: (55) 56222170; email: [tantalus@economia.unam.mx](mailto:tantalus@economia.unam.mx).

Ciudad Universitaria, UNAM, Diciembre 2017.  
Coordinación Académica: Margarita Ferat Toscano y Benjamín García Páez.



**TANTALUS**  
REVISTA DE ECONOMÍA DE LOS RECURSOS NATURALES

# Seminario PAPIME PE-310116 Economía y Política de Gestión de Residuos

12:00 – 15:00, en Aula Magna Jesús Silva Herzog,  
Edificio B, Primer piso Facultad de Economía

26 y 27  
Abril  
2018

**Sesión 1:**  
Dimensiones del problema de  
los residuos y valor social potencial

**Sesión 2:**  
Economía circular, nuevos enfoques  
y métodos de valoración económica

**Sesión 3:**  
Casos de éxito, proyectos y nuevas  
tecnologías en el manejo de residuos

**Sesión 4:**  
Opciones estratégicas  
de política

## Registro | Informes

**Montserrat Ruíz o  
Evelyn Hernández**  
Revista Tántalus/ Cubículo 116/ Edif. B/  
Facultad de Economía, UNAM  
| Tel: (55) 56222170  
| Email: [tantalus@economia.unam.mx](mailto:tantalus@economia.unam.mx)



**TANTALUS**  
REVISTA DE ECONOMÍA DE LOS RECURSOS NATURALES





# TANTALUS

REVISTA DE ECONOMIA DE LOS RECURSOS NATURALES

DICIEMBRE 2017 VOL.1 NUM.1

Circuito Universitario S/N Facultad de Economía, UNAM.  
Teléfono: 5622-2170 Correo electrónico: [tantalus@economia.unam.mx](mailto:tantalus@economia.unam.mx)  
Revista apoyada por el programa PAPIIME-DGAPA, UNAM, Bajo la clave PE-310116