

### 3

## Tecnologías de tratamiento de aguas en Latinoamérica: oferta disponible y diagnóstico de demanda

*Mónica Guagnelli<sup>1</sup> y Moisés Rebollar Barceló<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>TINEP, México D.F. México, correo electrónico: mguagnelli@avantel.net; <sup>2</sup>Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo S.C.

### 1. Introducción

Tinep, S.A. de C.V. ha desarrollado durante más de 25 años tecnologías que emulen las propias acciones, físicas, químicas y biológicas que ocurren en la naturaleza.

La experiencia y disciplina empresarial permite dar un punto de vista técnico comercial respecto a la desinfección solar. La visión empresarial también ayuda a identificar posibles aplicaciones alternativas, y opciones de mercado para ese producto.

Este capítulo está organizado en tres secciones:

Una descripción, desde nuestro punto de vista, de la gravedad de la presente situación mundial en lo que se refiere al recurso agua, que complementa lo ya expuesto en el Capítulo 1.

Una descripción breve de las fuentes de abasto y de los sistemas de administración del agua en Latinoamérica, con énfasis en México.

Un breve análisis económico del coste del agua segura, y de las alternativas de tratamiento, en función de dicho coste y del sector que requiere el aprovisionamiento.

### 2. La situación del agua en el mundo

#### 2.1. ¿Se acaba el agua en el mundo?

Del informe de la Organización Mundial de la Salud, con motivo del día mundial del agua [1], hacemos mención de aquellos aspectos más relevantes por lo dramático y preocupante de los mismos:

Dos de cada tres personas en el mundo, principalmente las que se localicen en zonas subdesarrolladas, sufrirán carencias de agua en 2025, a menos que se tomen medidas drásticas. Durante la década de 1990 el mundo padeció 143 sequías que afectaron a 185 millones de personas, sostiene el informe publicado el día 22 de marzo, en coincidencia con el Día Mundial del Agua.

«El aumento de la población, el mal manejo del agua, el uso indiscriminado de las reservas subterráneas y el recalentamiento planetario se combinan para crear el

espectro de millones de personas, las más pobres del planeta, ancladas en la pobreza debido a la falta de agua», advierte el estudio.

De hecho, la crisis ya está en marcha. Dos tercios de las ciudades chinas enfrentan graves carencias de agua. En India, Nueva Delhi agotará sus reservas subterráneas para 2015, si continúa el consumo actual.

Por otra parte, China sufre «devastadores cortes de agua que no pueden ser endilgados a los imprevisibles cambios del clima». El río Amarillo, uno de los más grandes del norte, está casi siempre seco. La crisis afecta a las ciudades chinas de manera sorprendente. «Shanghai se hunde debido a la cantidad de agua subterránea que se extrae de ella. En total, dos tercios de las ciudades chinas padecen grave escasez de agua», según el informe.

Las reservas subterráneas suministran la tercera parte del agua dulce del mundo. El nivel de dichas reservas desciende hasta un metro por año en partes de China, India, *México* y Yemen.

En África, en los últimos veinte años, el espejo de agua del lago Chad se redujo de 18.000 a sólo 3.900 km<sup>2</sup>. A raíz de la propagación de las sequías, casi veinte millones de personas se enfrentan a la carencia de alimentos en el este africano.

«El consumo mundial de agua potable se multiplicó por seis entre 1900 y 1995, más del doble de la tasa de crecimiento de la población».

La población mundial se incrementará en tres mil millones de personas en los próximos cincuenta años, y la mayoría de ellas nacerán en los países que ya experimentan falta de agua.

Kenia, Marruecos, Sudáfrica, India y Pakistán tendrán niveles por debajo de los mil metros cúbicos por persona y por año. Esos límites han sido catalogados por la ONU como «catastróficos», sostiene el informe.

El recalentamiento planetario acelera el problema. La década de 1990 fue la más cálida desde que comenzó a medirse la temperatura en 1860. A medida que las temperaturas suban, las reservas de agua disminuirán porque se extenderán los desiertos y el ritmo de evaporación.

«En Etiopía, gran cantidad de la población depende exclusivamente de la ayuda alimentaria para su supervivencia, pues ha perdido su ganado y cultivos por la sequía», dice el informe.

En Irán la sequía afectó a 37 millones de personas, la mitad de la población. Casi 60 por ciento de los habitantes rurales podrían verse obligados a migrar a las ciudades.

El derretimiento de los hielos polares podría aumentar el nivel del agua de los océanos y causaría la penetración de sal en las masas de agua fresca.

## 2.2. La situación en México

De acuerdo con un informe de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) [2], Organismo Federal administrador de los recursos Hidráulicos en la República Mexicana, de mantenerse la tendencia actual de manejo y consumo de agua, sumada al crecimiento de la población, se prevé que en dos décadas se presente una caída constante en la disponibilidad de agua potable por persona al año, la cual si en este momento es baja, de 4.708 metros cúbicos -la mitad de hace 30 años-, se espera que sea de tan sólo 3.822.

En un balance de la situación y las perspectivas a 20 años, la CONAGUA detalló que se prevé en la República Mexicana un incremento en la población de alrededor de 20 millones de personas, 95 por ciento de las cuales se asentarán en localidades urbanas, y además 80 por ciento se ubicará en las zonas centro, norte y noroeste, donde se localiza 28 por ciento del agua del país.

De acuerdo con los escenarios considerados por el organismo, la cantidad de agua por persona será «extremadamente baja» en las regiones de la península de Baja California, el río Bravo y el Valle de México y el sistema Cutzamala, actualmente clasificadas con disposición «baja». El Informe consideró que otro aspecto determinante en ese panorama será el desarrollo económico, ya que si creciera a un ritmo de 2% anual, en 22 años el PIB se incrementaría en 50%, lo cual llevaría a un aumento de la actividad económica y de la cantidad de energía y agua utilizada.

El Informe destacó que se debe tener especial atención con el agua subterránea, ya que de los acuíferos se extraen cerca de 6 km<sup>3</sup> al año, «que no es renovable, y que ocasiona el hundimiento del terreno y que se tengan que hacer pozos cada vez más profundos para extraer el agua».

Agregó que debido a que la mayor parte del crecimiento económico y poblacional ocurrirá en las zonas en las que existen acuíferos sin disponibilidad o con poca disponibilidad, las demandas futuras de agua subterránea deberán disminuir.

Rumbo a 2025, indicó, se han estudiado dos escenarios: el tendencial y el sustentable. El primero sería sin cambios sustanciales en los patrones de consumo ni en los niveles de inversión actuales, «en este caso la demanda de agua se incrementa considerablemente y los rezagos en materia de agua potable, alcantarillado y saneamiento se mantienen en niveles similares a los actuales». En tal supuesto la inversión anual del sector sería de apenas 16 mil millones de pesos (1,4 mil millones de dólares), mientras que para llegar a un escenario sustentable tendría que ser de alrededor de 30 mil millones de pesos (2,7 mil millones de dólares). Además, la cobertura de agua potable y alcantarillado, con una inversión baja, se mantendría en los niveles actuales, se cubriría a tan sólo 88 y 76% de la población, respectivamente.

### **2.3. Nuevos retos por contaminantes refractarios en las fuentes de agua para su potabilización**

El problema para la población en general es que en la sofisticación y confort que ha buscado el hombre, también ha recurrido a la aplicación de compuestos mas sofisticados relacionados con la salud, como son los antibióticos, las vitaminas y los complementos alimenticios en general, para el cuidado personal y productos de belleza, ha creado complejos aromáticos, aceites a base de silicón y colorantes, cada vez mas refractarios a los tratamientos convencionales.

Si es difícil proveer de agua potable a toda la población de un país por falta de recursos y por falta de fuentes de abasto, lo es más porque los yacimientos existentes cada vez están más expuestos a la contaminación y a la sobreexplotación. El aumento de la concentración de minerales y la infiltración de lixiviados de inadecuados depósitos de basura, contamina los acuíferos con materia orgánica, nitritos, nitratos y amonio. Las aguas superficiales se contaminan por incompletos tratamiento de aguas sanitarias y residuos industriales y en muchos casos descargas sin tratamiento alguno.

### **3. Tecnologías de tratamiento de aguas en Latinoamérica. Oferta disponible y diagnóstico de demanda**

#### **3.1. Contaminación de las fuentes de abasto**

##### ***Agua de subsuelo***

Está contaminada principalmente por minerales, como carbonatos, sulfatos, cloruros, sodio, a veces con metales y ocasionalmente por lixiviados derivados de actividades del campo o de tiraderos de basura. Baja concentración de bacterias, virus y protozoarios.

##### ***Agua superficial de presas artificiales***

Está contaminada principalmente de limos, arenas, materia orgánica suspendida y generalmente también por descargas de aguas residuales municipales, comerciales y/o industriales. Alta concentración de bacterias, virus y protozoarios.

##### ***Aguas superficiales de ríos o lagunas naturales***

Está contaminada principalmente de limos, arenas, materia orgánica suspendida y generalmente también por descargas de aguas residuales municipales, comerciales y/o industriales.

##### ***Agua de mar***

Contiene sodio y cloruros en concentraciones superiores a las 30.000 ppm, dureza, materia orgánica suspendida, pero muy baja concentración de bacterias virus y/o protozoarios.

#### **3.2. Sistemas de administración de agua potable por parte de los gobiernos**

Para ejemplificar el sistema y problemática que implica la continuidad y correcta administración de los recursos hidráulicas, mencionaremos el caso de la República Mexicana. La estructura de gobierno está constitucionalmente dividida en Estados soberanos, municipios y estos a su vez pueden estar divididos en barrios, colonias o sectores.

La Comisión Nacional del Agua, es una dependencia de la Secretaría de Ecología, Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), que regula los usos y derechos de explotación de los recursos hídricos. Los Consejos de Cuencas deben cuidar y administrar los sistemas hídricos clasificados, de acuerdo a los sitios, usos y costumbres que aplican en cada caso.

La Comisión Nacional del Agua cobra un impuesto por bloques o por m<sup>3</sup> que se extrae de los cuerpos de agua, y sanciona con cuotas y multas la reincorporación de corrientes de aguas residuales tratadas a los cuerpos de agua. Estos recursos deben ser aplicados directamente a infraestructura, por lo que los organismos operadores deben mantener un continuo esfuerzo por planear y aplicar proyectos de mejoramiento en agua potable, alcantarillado y saneamiento. La constante renovación de los administradores públicos en los puestos de seis años para el caso de los organismos estatales y de tan solo tres años para los municipales impiden la formulación y cumplimiento de un plan maestro de desarrollo y cualquier planeación seria y responsable.

#### **3.3. Disponibilidad de recursos para la correcta administración del agua**

##### ***Generalidades***

Los impuestos federales tales como el IVA, impuesto sobre la renta e impuesto sobre el producto del trabajo se recaudan por estado, se absorben los gastos federales

y la diferencia es devuelta a los estados y de éstos hacia los municipios, que por su parte realizan recaudaciones por impuesto de uso de suelo, predial, impuesto sobre nómina y pago de agua.

Este último siempre era aplicado a actividades diversas y se desatendía la labor de mantenimiento e infraestructura, por lo que se determinó crear entidades descentralizadas en la que lo del cobro del agua, se aplique al agua. Así surgen los organismos operadores municipales o regionales.

Sin embargo, las pequeñas poblaciones no cuentan con organismos operadores y están sujetos a la administración del municipio, con las desventajas ya planteadas.

Los organismos operadores del agua en general buscaban opciones que permitieran que, con tan sólo la perforación y extracción del agua de pozo, ésta fuera adecuada para dar servicio a la población, y mediante la adición de cloro midiendo la concentración residual, que en términos generales pudiera ser entre 0,5 y 1,5 mg/L, garantizar que el agua además estaba desinfectada; con el cloro residual se podría garantizar que la suciedad o cepas de bacterias que pudiera encontrar a su paso, o al momento de llegar a los depósitos de agua en las colonias o las casas, sea desinfectada y pueda ser ingerida sin riesgo.

En la realidad, es cada vez más frecuente encontrar que las fuentes de abasto se van agotando y hay que recurrir inclusive a las contaminadas y ello implica un costo de potabilización y desinfección mayor.

En la mayoría de las poblaciones grandes y medianas, el agua potable se envía por redes hidráulicas, pero a las pequeñas poblaciones en muchas ocasiones se les envía por carros tanque de manera muy restringida y se ven obligados a buscar fuentes de agua como arroyos y estanques de agua sin tratamiento alguno. Nuevamente, como siempre, las poblaciones mas pequeñas, pobres y alejadas son las que menos atención tienen.

#### ***Precios del agua en el mundo y el agua embotellada***

En México se cobran cuotas diferenciadas por volumen de consumo, por sector y por geografía. Los valores regionales van desde 0,25 hasta 2,0 USD/m<sup>3</sup>, dependiendo del consumo y de la zona. Para la industria, el costo va de 0,3 hasta 3,1 USD/m<sup>3</sup>.

La Constitución mexicana establece que *los estados y municipios se encargan de prestar los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento, por medio de los organismos operadores, pero no siempre los brindan con la calidad requerida porque tienen baja eficiencia operativa y baja capacidad de inversión* [3].

De acuerdo con un estudio realizado por la Comisión Nacional del Agua (CNA) [4] *en promedio, los organismos operadores sólo reciben ingresos por 300 litros de cada mil que aportan y ello se debe, tanto a tarifas que no reflejan los costos reales, como a la falta de actualización en los padrones de usuarios y potabilización de los servicios. Por esto, la recaudación para enfrentar los costos de operación y mantenimiento resulta insuficiente.*

Lo anterior redundo en una baja calidad del agua potable (del grifo) y origina desconfianza entre la población para tomar el líquido. La alternativa es consumir agua embotellada. Las personas que acostumbran tomar un promedio de 2 litros

diarios, por la desconfianza a beber agua del grifo, toman agua embotellada y *gastan como mínimo poco más de 200 pesos (18 USD) por persona al mes en líquido vital*. Las diferencias obedecen al origen del agua y procesos de purificación, así sea una empresa local o extranjera la que comercializa el líquido e incluso a los puntos de venta. En la tabla 1 se puede comparar el precio en varios países.

**Tabla 1.** Comparación del costo del agua distribuida y embotellada

País	Costo de agua potable por la red (USD/ m3)	Costo por m3 de refresco en lata de 200 mL (USD)	Costo por m3 de agua en botellas de 1,5 L (USD)
MEXICO	\$0,45	Lata \$0,45, m3 \$2.270	Botella \$1,227 m3 \$818
INDIA	\$0,89	Lata \$0,24, m3 \$1.200	Botella \$2,00 m3 \$1.333
VENEZUELA	\$0,18	Lata \$0,65, m3 \$3.270	Botella \$836 m3 \$557
CUBA	SIN DATOS	Lata \$0,79 m3 \$3.959	Botella \$1,89 m3 \$1.264
COLOMBIA	\$0,25	Lata \$0,29 m3 \$1.432	SIN DATOS
NUEVA YORK	\$1,27	Lata \$1,30 m3 \$6.581	Botella \$3,00 m3 \$2.000
SAN DIEGO	\$1,81	Lata \$1,19 m3 \$5.996	Botella \$3,00 m3 \$2.000

En este ejemplo podemos observar que, si la gente puede y acostumbra beber agua embotellada, refrescos, café, cervezas, etc, puede pagar el agua que le brinda el servicio de agua potable. Sin embargo, la falta de confianza y falta de recursos de los organismos, ha hecho millonarias a las empresas que producen todos los insumos y envases para esta industria de bebidas, en detrimento de la correcta administración pública y del medio ambiente por la disposición inútil de envases, tapas y etiquetas, por mencionar solo algunos.

#### 4. Medios de distribución del servicio municipal

##### 4.1. Procesos de potabilización en América Latina

La tabla 2 muestra las formas de abasto de agua potable a los pobladores de Argentina, Brasil, Chile y México, con sus características principales. La tabla 3 muestra los procesos usados para abatir diversos tipos de contaminantes, así como los métodos de desinfección a usar en presencia de dichos contaminantes. La figura muestra una planta diseñada por TINEP, en operación en la ciudad de Puebla.

**Tabla 2.** Modos de abasto de agua potable en Argentina, Brasil, Chile y México.

Modo de abasto (% de población servida)	Observaciones
Suministro por líneas a presión a tanques elevados principales y de ahí por gravedad hacia las casas, es recibida en pequeños tanques de cemento o de polietileno que se encuentran localizados en el techo de las casas o primero se recibe en cisternas o tanques enterrados de cemento pulido, o recubierto con mosaico, últimamente se comienzan a usar también los tanques de plástico (>87%).	Los organismos operadores generalmente son responsables y realizan adecuadamente las labores de potabilización usando las normas oficiales de cada país como parámetro de control. Sin embargo, la costumbre de tener el agua a la mano ha provocado el desperdicio y la inconciencia, y tampoco hay una adecuada cultura de pago.
Por carros tanques que son recibidos en cisternas cerradas y/o en tanques metálicos abiertos (10%).	Para poblaciones lejanas y colonias de asentamientos irregulares. Generalmente son personas de escasos recursos, que irónicamente pagan más por cada litro que compran y también la administran mejor, que los que tienen agua por medio de líneas hidráulicas, aun en horarios controlados.
Por acarreo directo de la fuente de abasto (3%).	Estas personas son las más afectadas, ya que más del 90% de las fuentes de abasto llevan algún tipo de contaminante y necesitan medios de desinfección fácilmente asequibles, económicos y de fácil operación, que compitan con el tradicional proceso de hervir agua, desinfección con piedras de CaO, que por alcalinidad y la reacción exotérmica con el agua, la desinfectan y después la "orean", para "darle sabor".

**Figura 1.** Muestra de una Planta potabilizadora de agua atípica, diseñada y construida por TINEP, características: Concentración de bicarbonatos como dureza total 2.400 mg/L como CaCO<sub>3</sub>, con presencia de HS, Fe, Mn y CO<sub>2</sub>. El sistema es para proveer 300 litros por segundo de agua potable. Ciudad de Puebla. Desgasificación, Oxidación, Coagulación, Filtración, Osmosis Inversa, Mezcla, Adición de cloro residual. Se destaca la diferencia clara ante un sistema para potabilización de agua convencional



**Tabla 3.** Sistemas de tratamiento de aguas según los contaminantes que contienen

Contaminante	Sistema de tratamiento	Desinfección
Bacterias, Protozoarios, Viruses y Hongos	Filtración	Hipoclorito de Sodio Fotocatalizadores Ozono o peróxido
Sólidos suspendidos y sedimentables	Coagulación con sulfato de aluminio o cal Floculación con poliacrilamidas aniónicas Sedimentación Filtración	Hipoclorito de Sodio Fotocatalizadores Ozono o peróxido
Fe y Mn	Enmascarantes a base de tripolifosfatos Oxidación por Cloración Oxidación con aire Oxidación con aire + ozono Coagulación Filtración	Hipoclorito de sodio Ozono o peróxido La presencia de Fe y Mn puede interferir con la fotocatalisis
As	Oxidación con aire y/u ozono Coagulación con cal Coagulación con compuestos de hierro Floculación con poliacrilamidas aniónicas Fraccionamiento Clarificación Filtración	Hipoclorito de sodio. Es factible que la combinación de cloro con As resulte perjudicial Ozono o peróxido Sistema Tinep
Materia Orgánica	Coagulación con sulfato de aluminio o cal Floculación con poliacril-amidas aniónicas. Sedimentación Filtración	Hipoclorito de Sodio Fotocatalizadores Ozono o peróxido UV
Dureza	Coagulación con cal Oxidación/Coagulación/ Floculación TINEP Coagulación con compuestos de hierro o de Calcio Floculación con poliacrilamidas aniónicas Fraccionamiento Clarificación Filtración	Hipoclorito de Sodio Fotocatalizadores Ozono o peróxido
H2S	Modificación al pH Desgasificación Filtración	Hipoclorito de sodio Ozono o peróxido Sería necesario garantizar la ausencia de metales, para poder usar fotocatalizadores Fotocatalizadores Ozono o peróxido UV
Color Humus, algas, limos, etc.	Coagulación con sulfato de aluminio o cal Floculación con poliacrilamidas aniónicas Sedimentación Filtración	Hipoclorito de sodio. La combinación del cloro con compuestos orgánicos aromáticos o con fenoles, puede causar compuestos muy peligrosos para la salud Fotocatalizadores Ozono o peróxido UV
Metales. Cr, Co, Li, Ni, Zn y otros		Hipoclorito de sodio Ozono o peróxido
Plaguicidas y Nutrientes		El hipoclorito de sodio es totalmente inadecuado, ya que la combinación del cloro con compuestos orgánicos aromáticos o con fenoles, puede causar compuestos muy peligrosos para la salud Fotocatalizadores Ozono o peróxido UV

## 4.2. Consumos de agua potable en comunidades rurales o de escasos recursos

### *Procedimientos disponibles*

Una familia de escasos recursos consume 100 litros por persona por día de agua total y aproximadamente 20 L son para beber y preparación de alimentos (lavado de legumbres, preparación de alimentos y lavado de trastes). Una familia de 5 miembros requiere 100 L/d para beber y 500 L/d para sus servicios básicos generales.

Una unidad de 30 L con un gasto de recirculación de 2 L/min que tenga un tiempo de purificación de 2 horas, y operando 8 horas al día, podría generar el servicio a una familia de 5 a 6 miembros.

La práctica común es:

- a) Filtrar, hervir y airear el agua.
- b) Filtrar, clorar y airear el agua.
- c) Uso de cal viva (CaO), decantación, filtración y aireación.

Las tablas 4, 5 y 6 muestran las ventajas y desventajas comparativas de hervir, clorar, o tratar por fotocátalisis solar.

**Tabla 4.** Ventajas y desventajas comparativas de hervir el agua

Ventajas	Desventajas
Es un sistema común	Contamina el aire
Requiere 20 min	Riesgos por quemaduras e intoxicación
Desorbe gases y volátiles	Pérdidas por evaporación
Puede usar combustibles alternos	Concentración de sales
Desinfección total	
Ablandamiento por precipitación	

**Tabla 5.** Ventajas y desventajas comparativas de clorar el agua con hipoclorito de sodio o de calcio

Ventajas	Desventajas
Es un sistema común	Manejo peligroso
Requiere 20 min	Se requiere mucho cloro para eliminación de NH <sub>3</sub> arriba de 1,5 ppm
Producto comercial de fácil localización	En presencia de materia orgánica forma organoclorados
Desinfección total	Deja mal sabor
Elimina 7 a 1 el NH <sub>3</sub>	
Queda residual para desinfección posterior	

**Tabla 6.** Ventajas y desventajas comparativas de tratar el agua por fotocátalisis solar

Ventajas	Desventajas
<p>Manejo Seguro</p> <p>Puede ser una excelente alternativa para remoción de NH<sub>4</sub><sup>+</sup> abajo de 9 ppm</p> <p>Puede oxidar compuestos aromáticos cíclicos, sin formar complejos tóxicos como los halógenos</p> <p>No deja mal sabor</p> <p>El agua permanece desinfectada por lo menos 24 horas después del tratamiento</p>	<p>No es un sistema común</p> <p>Requiere mas de 20 min para desinfectar</p> <p>Debe demostrarse que logra desinfección total</p> <p>No queda residual para desinfección posterior</p>

***Nuevos contaminantes***

Un análisis realizado por agentes gubernamentales publicado en la revista W&W Internacional [5] muestra que los ríos norteamericanos están contaminados por residuos de sustancias químicas, productos de belleza, medicamentos, limpiadores, etc. Además de éstos se ha encontrado cafeína, anticonceptivos, disolventes, repelentes de insectos, perfumes y nicotina.

Según los científicos el problema es que todas esas sustancias escapan en gran medida a las regulaciones y a los sistemas de tratamiento de aguas, y de todas ellas se desconoce su efecto a largo plazo en el ambiente.

Todos los compuestos son vendidos en supermercados y su uso está generalizado en diversas industrias. También se ha visto que grandes cantidades de materias orgánicas proceden de las granjas agrícolas y ganaderas, que vierten de forma incontrolada grandes cantidades de sustancias de desecho, que llegan a los ríos disueltas en el agua. Los hidrólogos del U.S. Geologic Survey recogieron y analizaron muestras de agua en unos 30 estados, encontrando hasta 95 compuestos comunes, todos ellos constituyentes de un nuevo tipo de contaminación conocida como PPCP (contaminantes farmacéuticos y de cuidado personal). Los resultados de esta investigación, que se ha prolongado durante los últimos 3 años, aparecieron en la revista Environmental Science and Technology [6].

Los científicos que han estudiado esta contaminación han visto que estos contaminantes persisten en el ambiente en concentraciones menores a una parte por mil millones, o incluso menos. Estos resultados son muy aproximados a los encontrados en otros estudios similares realizados en Europa y Canadá, fiel reflejo que el modo de vida «del primer mundo» tiene otro impacto ambiental sobre este planeta .

Por el momento es muy poco lo que se conoce sobre los efectos ambientales y sobre la salud de los PPCP. El uso y disposición de 81 de los 95 compuestos encontrados en el estudio está totalmente desregulado. En el estudio se afirma que «compuestos que utilizamos en nuestros hogares o incluso consumimos pueden persistir a pesar de los tratamientos de las aguas residuales, razón por la cual podrían afectar a los ecosistemas a los que puedan llegar». Por ejemplo, muchos científicos sospechan que el uso generalizado de agentes antibacterianos en las medicinas humanas, limpiadores de suelos y medicinas veterinarias ha provocado el desarrollo de cepas resistentes.

El citado estudio encontró al menos 31 antibióticos y compuestos antibacterianos en las muestras de agua recogidas. También se detectaron unas 11 sustancias relacionadas con el control de natalidad y suplementos hormonales. Algunos estudios han relacionado la exposición a estas hormonas con malformaciones de los órganos sexuales en animales salvajes, cambios de sexo en peces y con el descenso en la fertilidad de los humanos. Otros investigadores de este nuevo tipo de contaminación afirman que «los PPCP representan una gran incógnita en la contaminación ambiental»[7].

Además de la cafeína, en este trabajo de investigación se ha visto que los compuestos más habituales fueron el coprostanol y el colesterol, productos de la digestión. Además se encontró con mucha frecuencia repelentes de insectos.

### Conclusiones

Los fotocatalizadores tienen amplio espectro de aplicación, sobre todo tomando en cuenta aquellos procesos de potabilización que implican la remoción de compuestos orgánicos en el agua, tales como humus, pesticidas, medicamentos y perfumes, que aunque no están totalmente controlados, se sabe de su presencia y peligrosidad.

Tomando en cuenta que generalmente en las pequeñas comunidades se tienen problemas de sanidad y reciben aguas contaminadas de las grandes ciudades, es muy importante contar con alternativas de desinfección confiables y de bajo costo como los sistemas de desinfección que usen la energía del sol para su desempeño.

El caso del agua embotellada y las malas técnicas de riego agrícola, son fuentes de recursos económicos y de agua potable que dan una muestra de que con voluntad, talento y estrategia, en América Latina, se puede resolver el problema de abasto del agua potable.

La respuesta a la tendencia al agotamiento de fuentes de agua dulce para su potabilización, está en el cambio de actitudes y re-educación de autoridades, industriales y la población en general, así como en la inversión en nuevas y mejores tecnologías que consuman menos energía y utilicen mejor los recursos, permitan la recuperación de niveles de los acuíferos y hasta la recarga artificial de los mismos, reuso eficiente del agua para riego agrícola, para usos industriales y con ello lograr la continuidad del desarrollo pero con respeto de los recursos naturales.

### Referencias

- [1] Informe de la Organización Mundial de la Salud.  
<http://daccessdds.un.org/doc/UNDOC/GEN/N03/507/57/PDF/N0350757.pdf?OpenElement>.
- [2] Informe de la Comisión Nacional del Agua.  
<http://www.inegi.gob.mx/inegi/contenidos/espanol/prensa/contenidos/estadisticas/2005/agua05.pdf>.
- [3] Diario REFORMA, 26 de octubre del 2004.
- [4] Estudio realizado por la Comisión Nacional del Agua (CNA).  
[http://www.imacmexico.org/ev\\_es.php?ID=17844\\_201&ID2=DO\\_TOPIC](http://www.imacmexico.org/ev_es.php?ID=17844_201&ID2=DO_TOPIC).
- [5] W&W Internacional February 2004 Vol 19 Issue 1.
- [6] Environmental, Science and Technology. 8 de Junio de 2004.  
<http://www.un.org/spanish/events/waterday/2005/>.
- [7] (a) Informe de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, Río de Janeiro, 3 a 14 de junio de 1992 (publicación de las Naciones Unidas, número de venta S.93.1.8 y correcciones), vol I: Resoluciones aprobadas por la Conferencia, resolución 1, anexo II. (b) Resolución S-19/2 anexo. (c) Informe de la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible, Johannesburgo (Sudáfrica), 26 de agosto a 4 de septiembre de 2002 (publicación de las Naciones Unidas, número de venta: S.03.II.A.1 y corrección), cap. I, resolución 2, anexo. (d) Véase *Documentos Oficiales del Consejo Económico y Social*, 1998, Suplemento No. 9 (E/1998/29). (e) Véase resolución 55/2.

