

Agua y salud pública

Elena León Magaña*

La gestión del agua toma relevancia en la opinión pública a partir de las propuestas de ley recientemente presentadas en nuestro país. En particular, la Ley Korenfeld fue señalada por poner en entredicho el derecho humano al agua al no garantizar el usufructo gratuito de por lo menos un mínimo vital, de calidad, a toda la población, ya de por sí cada vez más empobrecida. En cambio, se entendía que el derecho humano al agua sería producto de asegurar el acceso (oferta de infraestructura) a cambio de un pago. Además, presuponía candados a la investigación científica al establecer sanciones administrativas a quienes no obtuvieran el permiso correspondiente.

Lo que es un hecho, independientemente del debate nacional, pero también internacional en curso en materia del derecho humano al agua y por tanto de las modalidades de acceso, gestión y usufructo, es que a nivel mundial, según la Organización Mundial de la Salud, aproximadamente 780 millones de personas carecen de acceso a fuentes de agua limpia y unos 2.5 mil millones carecen de servicio de saneamiento, de ahí que se presenten, por consumo de agua contaminada, unos 4 mil millones de casos de diarrea al año y unas 2.2 millones de muertes (la mayoría, niños menores de cinco años) (en Delgado, 2014). Tal situación, sin duda, se complica conforme se agudiza la crisis ambiental y climática (IPCC, 2014; PNUMA, 2012): unos 1,800 millones de personas vivirán en países o regiones con escasez absoluta de agua y dos terceras partes de la población vivirá en condiciones de estrés hídrico (Delgado, 2014).

En México, según información de la Comisión Nacional del Agua (Conagua), la demanda de agua aumentó seis veces en el último siglo, afectando la disponibilidad natural media anual por habitante en un 64 por ciento (Conagua, 2011). En este contexto, el abastecimiento de agua nacional proviene en un 38% de corrientes y cuerpos superficiales y el resto del subsuelo, es decir, de 653 acuíferos subterráneos, de los que entre 100 y 106 proporcionan el 55.2 por ciento del total del agua para todos los usos; de manera que dicha extracción proporciona el 60.4 por ciento del abastecimiento hídrico público y 59.2 por ciento para el sector industrial (Conagua, 2014). Esta sobreexplotación ha derivado en problemas de contaminación por liberación de químicos naturales altamente tóxicos como el arsénico, flúor y plomo; además, 15 fuentes de este líquido presentan intrusión marina y 31 un fenómeno de salinización; por lo cual casi un 70 por ciento de las

* Lic. en comunicación y periodismo. Mtra. en filosofía de la ciencia. Colabora con el Seminario de Filosofía de la Tecnología de la FFyL y con la Dirección General de Divulgación de la Ciencia, UNAM. Correspondencia: (leoneleanna@gmail.com).

cuenas hidrológicas de nuestro país presentan algún grado de contaminación (Conagua, 2014).

Actualmente, Conagua considera tres indicadores para la evaluación de la calidad del agua: demanda bioquímica de oxígeno a cinco días (DBO), demanda química de oxígeno (DQO) y sólidos suspendidos totales (SST), mientras que en los ríos de México se vierten o llegan de manera indirecta cientos de sustancias químicas, entre ellas nano partículas de las que aún no conocemos claramente su impacto ambiental y en la salud. Para 2013, más del 75.6 por ciento de la DBO generada por industrias y municipios llegó a los ríos directamente. Las descargas industriales generan 50.8 por ciento más contaminación (expresada en DBO) que las aguas residuales municipales (Conagua, 2014).

Mientras que la Unión Europea ha reglamentado miles de compuestos y prohibido varios, en México, se pueden descargar en los ríos sustancias altamente tóxicas como el non-lifenol o el benceno sin sanción alguna (Greenpeace, 2012).

Por otro lado, el consumo anual por persona en 2004, según la Organización de las Naciones Unidas, fue de 169 litros (Marañón, 2008), lo que colocó a nuestro país como el segundo consumidor, a nivel mundial, de este líquido. Para 2009, según la International Bottled Water Association, el consumo per cápita de agua embotellada ya era de unos 234 litros, alcanzando el mayor consumo per cápita de agua embotellada del planeta (Delgado, 2014). Este consumo representa la existencia de empresas embotelladoras de agua (y de bebidas en general; sobre todo refrescos), responsables de vender el 83 por ciento del agua que se consume para beber, disponiéndola en garrafones y el resto en envases personales; es decir, la hidratación de los mexicanos no es gratuita. El mercado mexicano de agua embotellada, esencialmente controlado por cuatro multinacionales, se estima para 2015 en unos 13 mil millones de dólares (Delgado, 2014).

En cuanto a los sistemas de tratamiento y disposición de aguas residuales, desde 1989, los municipios tienen la responsabilidad de operarlos; sin embargo, de los dos mil 445 municipios sólo mil 200 cuentan con organismos operadores que brindan los servicios de abastecimiento y alcantarillado.

La falta de cobertura en el sistema de alcantarillado o drenaje es un factor crítico, pues incide en la falta de gestión integral de los recursos hídricos, es decir, el saneamiento de los mismos. Según el Censo de Población y Vivienda realizado en 2010, indicó que la cobertura de agua potable era de 90.9 por ciento en general —95.4 para zonas urbanas y 81.6 para zonas rurales— (Coagua, 2014); no obstante, estas cifras contemplan tanto aquellas viviendas conectadas al drenaje conectado a una red pública, como aquellas que desaguan en fosas sépticas, barrancas, grietas, ríos, lagos o hacia el mar, siendo que éstas últimas no resultan sustentables. Si las excluyésemos, tendríamos un total de 87.7 por ciento de viviendas con una cobertura adecuada de sistema de alcantarillado o drenaje. En cuanto al agua entubada,

sólo el 64 por ciento de los habitantes del área rural cuentan con este servicio. Los estados más afectados por esta carencia son Oaxaca, Guerrero, Chiapas y Veracruz.

La Conagua también informó que para 2011, de los 237 litros de aguas residuales generadas cada segundo, sólo se trató el 37 por ciento en alguna de las 2 mil 29 plantas en operación. La situación del uso no municipal es peor, incluyendo la industria, para 2009, las 2 mil 186 plantas en operación sólo trataron el 19.3 por ciento de las aguas generadas.

Estamos frente a un reto de gran calado en el que el avance científico y tecnológico es vital. En este sentido, es importante considerar el rol de la investigación nano, es decir el de las nanociencias y la nanotecnología (n&n), tanto en su potencial como en las controversias presentes. Y es que, por un lado, es notorio el potencial de la n&n para ofrecer diversas soluciones tecnológicas, pero también de la posibilidad de generar importantes daños a la salud y a los ecosistemas debido a la liberación de materiales nanoestructurados tóxicos. Por el otro lado, preocupa que la propiedad privada del conocimiento generado pueda derivar en un encarecimiento de las innovaciones nano para los ciudadanos, quienes, además, no cuentan hasta el momento con un canal robusto de información que les permita dimensionar el impacto, positivo y potencialmente indeseable del uso cotidiano de estas (nano) tecnologías.

Para indagar en estas cuestiones, se consultó a expertos en la materia. A continuación se presenta su posicionamiento.

Panorama n&n desde la perspectiva gubernamental

Víctor Bourguett, director del Instituto Mexicano de la Tecnología del Agua (IMTA) hasta el 17 de junio del 2015, expresó que si bien la potabilización y el tratamiento de las aguas residuales son temas prioritarios para el IMTA, no son prioridad el uso y regulación de las nanopartículas, ya sea para la prevención de riesgos o para el uso de las mismas en el tratamiento del agua.

Bourguett respondió que poder alcanzar una normatividad es un proceso largo que requiere una previa determinación del impacto que estas partículas pueden tener, y, en este momento, el instituto está en una fase de identificación bastante inicial. Agregó que desconoce que en el mundo haya una normatividad de esta naturaleza, y que la gran cantidad de urgencias de nuestro país en el tema del agua vuelven muy complicado poder enfocar esfuerzos al tema de nanociencia y nanotecnología.

Señaló que las prioridades del instituto están encauzadas a la sequía y al estudio de contaminantes emergentes, y sobre todo, la función del IMTA consiste en el uso de materiales de bajo costo para el tratamiento del agua. En este momento, puntualizó, están enfocados en el uso de cortezas de árbol, cintilla plástica y PET para el tratamiento de aguas residuales. La prioridad es reducir costos.

Sin embargo, reconoció que a las plantas de tratamiento llegan cada vez más cosas que no están siendo evaluadas y no están preparadas para eliminar estos compuestos del agua. Subrayó que el esquema consiste primero en identificar que dichas partículas son riesgosas y después buscar la manera de eliminarlas al más bajo costo posible. En cuanto al tema de riesgo, indicó que ahora están enfocados en temas como las inundaciones, por ejemplo, pero no en la toxicología de partículas nano.

Es importante la posición del IMTA toda vez que, según palabras de Bourguett, éste corresponde al brazo tecnológico de Conagua, de manera que gran cantidad de los problemas que enfrenta la comisión dependen del apoyo científico y tecnológico que reciba del IMTA. En este contexto, el problema del uso y regulación de las nanopartículas vertidas en el agua y utilizadas para el tratamiento de la misma exigen la atención de Conagua y el IMTA para promover normatividades y leyes que prevengan riesgos para la población.

Bourguett explica que el IMTA es una paraestatal que funciona como un centro público de investigación, son responsables de desarrollar patentes que más tarde ofertan a la industria privada, o bien desarrollan alianzas con empresas para comercializar y transferir el conocimiento que se genera en el instituto. En este sentido, dijo que el conocimiento producido no puede ser del dominio público y es obligación del IMTA protegerlo, puesto que ellos venden servicios tecnológicos tanto al sector privado como al sector público. Con el dinero obtenido pueden dar becas a estudiantes de posgrado. Considero que una de las funciones sociales más importantes del instituto consiste precisamente en formar recursos humanos y participar en comités para el desarrollo de normas y evaluaciones ambientales.

Víctor Bourguett agregó que actualmente tienen en puerta un proyecto importante con la UNESCO y el Instituto de Ingeniería de la UNAM, el cual será un centro tipo II dedicado al tema de la seguridad del agua. En un inicio estará financiado por Conagua, pero después será auspiciado por la UNESCO de manera directa, y estará enfocado al tema de la sequía y desastres naturales, por lo que trabajarán cercanamente con el Centro Nacional de Huracanes y el Servicio Meteorológico Nacional.

Finalmente, puntualizó la necesidad de tener cuotas de agua ajustadas a la realidad, ya que proporcionar el servicio de potabilización y tratamiento del agua es muy costoso, de manera que el acceso al agua no debería ser gratuito, porque llevar el agua a los hogares tiene un alto costo. Al respecto, agregó que el IMTA cuenta con un programa para la apropiación de tecnologías en zonas rurales, principalmente, donde enseñan a las poblaciones el uso de tecnologías del agua para que no tengan que cubrir los gastos que implicaría proporcionárselos.

Reglamentación nano y riesgos a la salud. Ecodiseño y ACV

En una postura distinta se encuentra la tarea de Pedro Joaquín Gutiérrez Yurrita, coordinador de los programas de doctorado del Centro Interdisciplinario de Investigación y Estudios sobre Medio Ambiente y Desarrollo del Instituto Politécnico Nacional (CIEMAD-IPN). Gutiérrez Yurrita tiene experiencia en ecología, especialmente en derecho ambiental, y encuentra sumamente preocupante la falta de legislación en el tema de nanociencias y nanotecnología.

Llegó al tema a partir de su experiencia en la gestión del uso del agua en el campo. Es el responsable de la primera maestría en gestión integral de cuencas hidrográficas en la que, junto con la Sagarpa y Semarnat, se capacitan estudiantes para el desarrollo sustentable de la sierra. Comenta que en aquel momento surgió la Ley de Aguas Nacionales; no obstante, señala que sólo fue un “refrito” de la ley anterior y que ésta no establece claramente para qué sirven los tipos de aguas y qué tratamiento deben tener, tampoco cómo se deben manejar, ni cuál es la dotación de agua que debe recibir cada uno de los sectores: social, industrial, agropecuario, menos aún pone énfasis en el tema ambiental, de vital importancia para el desarrollo sustentable.

Más tarde, encuentra que quienes vienen a México a capacitar sobre el manejo del agua no consideran un manejo adecuado de los desechos según los tipos de desechos; ejemplo de ello es el agua proveniente de los hospitales, de manera que esta agua se reúne con el resto y después del tratamiento en las plantas, lo mismo puede llegar a riego para el campo o a las ciudades u hospitales nuevamente. Esto llama su atención, toda vez que muchos de los medicamentos utilizados pueden estar hechos a base de nano partículas. A partir de este momento se enfoca en el tema de la legislación nano.

Una de sus principales preocupaciones es la industria nano, pues no hay una regulación específica que le impida un manejo peligroso de los desechos originados durante la producción; si bien nos basamos en algunas regulaciones internacionales para ciertas cuestiones de índole técnico internacional, no tenemos nada en concreto para el caso de México. Las leyes no sólo no resguardan el posible impacto del desecho de los residuos nano en las cuencas y ríos, sino que tampoco hay legislación alguna que proteja a los trabajadores que producen artículos elaborados con nanotecnología, que normalice la disposición de los productos nano que han cumplido su vida útil, que establezca cómo deben transportarse, y tampoco para el uso de medicamentos nano y el desecho de los mismos por los pacientes, o bien, la disposición de un cadáver que en vida fue sometido a tratamientos con medicamentos nano.

Gutiérrez Yurrita señala que el uso de nanotecnologías ya está contaminando en tres niveles: atmósfera, suelo y agua; debido a que el ciclo del agua permite que estas nanopartículas lleguen a cualquiera de éstos. Y tiene razón, pues según Keller y colegas (2013), actualmente, entre el 63 por

ciento y el 91 por ciento de los nanomateriales nanoestructurados son eventualmente dispuestos en basureros convencionales. En tal contexto, la disposición de nanomateriales en suelos representa un cuarto del total con unas 80 mil toneladas métricas al año; aquellos que terminan en cuerpos de agua entre el 0.4% y el 7% (con hasta 29 mil toneladas métricas al año) y los que ambulan en el aire, alrededor del 1.5 por ciento (con unas 4 mil 800 toneladas métricas); el resto o unas 204 mil toneladas métricas terminan en los basureros. Según la investigación de los autores, publicada en el *Journal of Nanoparticle Research*, las principales fuentes de origen de los materiales nanoestructurados por el ser humano son: las pinturas, pigmentos y recubrimientos (80 mil 500 toneladas métricas al año); los cosméticos (48 mil toneladas métricas al año); los electrónicos y ópticos (48 mil toneladas métricas al año) y las aplicaciones en energía y medioambientales (43 mil toneladas métricas anuales; entre otras como las aplicaciones médicas que ya suman más de 13 mil toneladas métricas anuales (*Ibid*).

Ante tal panorama, Pedro Gutiérrez enfatiza que la legislación nano no es algo que pueda esperar años, ya que podríamos apreciar las consecuencias inclusive a corto plazo, sobre todo en el área de salud pues las nanopartículas afectan un nivel aún más pequeño que los microbios mismos, de manera que la superficie de adsorción es mayor, pudiendo tener en el futuro la aparición de nanoenfermedades, debido a mayores grados de exposición a nanomateriales.

Agregó que no hay estudios en el país que nos permitan conocer qué sucede una vez que las nanopartículas llegan a los ríos. Es por ello que actualmente tiene una propuesta para muestrear fauna silvestre en ríos donde se juntan grandes afluentes de agua. Por ejemplo, en el río Tula, en la presa Zimapán, en el río Moctezuma, para hacer muestreos tanto de agua, sedimentos, fauna acuática, incluyendo peces y macroinvertebrados, de manera que puedan conocer cómo afectan los desechos y vertidos nano en la composición y la comunidad biológica de estos cauces de agua, así como en los mamíferos que bajan a beber agua.

Pedro Gutiérrez indicó la necesidad de poner énfasis en las legislaciones, así como en el análisis de ciclo de vida de los productos nano así como en las normas relacionadas con el ecodiseño. Señala que estas dos últimas normas existen, pero no se están aplicando. Otro aspecto es que las empresas no cuentan con un portafolio de gestión de riesgo de desastre.

Concluyó que la mejor forma de movilizar la legislación es presionando desde las leyes de salud, siempre que el impacto más severo podrá localizarse en esta área, así como hacer llegar a la población la información necesaria sobre las consecuencias de la producción y uso de nanoprodutos.

Tratamiento adecuado del agua y transferencia tecnológica

María Teresa Herrera Alarcón, directora del Centro de Investigación en Materiales Avanzados (CIMAV), Unidad Durango, es especialista en el tratamiento de agua y todo lo referente a la calidad del agua y sus diferentes usos. Explicó que parte de su gestión en el CIMAV está orientada a generar distintos procesos de tratamiento de agua para darle la calidad necesaria a partir del uso de tecnología nano. Ése es uno de los objetivos del Centro de Innovación y Competitividad en Energías Renovables y Medio Ambiente del estado de Durango, dependiente del CIMAV, y cuya misión es llevar a cabo investigación, desarrollo tecnológico y formación de recursos humanos, en las temáticas de medio ambiente y energías renovables.

Considera que en lo referente al tratamiento de agua, los nanomateriales tienen mucha importancia ya que las características fisicoquímicas del comportamiento del nanomaterial es muy diferente de lo que ofrecen los mismos materiales de tamaño convencional. De manera que están poniendo especial atención en el uso de los mismos para el tratamiento de aguas residuales y de agua potable. Indicó que en cuanto a potabilización hay varios proyectos sobre el uso de nanomateriales, por ejemplo, para la remoción de arsénico y flúor.

Actualmente, el mencionado Centro está trabajando en el uso de fotocatalisis heterogénea a partir del uso del dióxido de titanio como catalizador. El objetivo es encontrar un nanocatalizador que mejore el proceso. Al respecto, señaló que si bien el factor de encontrar materiales de bajo costo es importante, es necesario contemplar, sobre todo, el riesgo ambiental y la exposición a la salud pública, así como la factibilidad técnica en el uso de nanomateriales.

Explicó que en el caso de la potabilización, infección, y desinfección, ya se está investigando el uso de nanomateriales como los óxidos de plata y otros materiales derivados de la plata pues se ha visto cómo éstos mejoran los procesos de catálisis. Sin embargo, comentó que la mayoría de las investigaciones se encuentran todavía a nivel piloto, intentando dar el salto hacia el análisis de planta piloto.

Uno de los objetivos de Teresa Herrera es el desarrollo de procesos de tratamiento adecuado del agua, pues según el uso que se le vaya a dar, corresponde uno u otro tratamiento particular; ya sea consumo humano, riego agrícola u otros procesos.

En Latinoamérica, abunda Herrera, uno de los temas en la mesa es el tratamiento de agua por medio de membranas, por ejemplo, las de ósmosis inversa, ello además de los procesos de adsorción y filtración; aseguró que en estos temas México se encuentra al mismo nivel que el resto de Latinoamérica.

En cuanto a la situación de las plantas de tratamiento en nuestro país, dijo que es todo un reto, pues hay una gran cantidad de contaminantes de

origen natural, como flúor y arsénico, y el proceso más utilizado, el de la ósmosis inversa, tiene la desventaja de generar una gran cantidad de residuos y por ende un alto costo, además de que la disposición de los mismos es inadecuada y la mayor parte de las veces regresa a los drenajes, representando un problema de contaminación a corto plazo. Es en este tipo de problemáticas donde dijo están enfocando el uso de nanomateriales, buscando que el agua verdaderamente sea potable, puesto que en muchos lugares se está tomando agua desinfectada pero no potable. Para tal fin, se explora el uso de dióxido de titanio nanoestructurado.

Subrayó que la parte social es de suma importancia porque el CIMAV trabaja para la población y es importante que el desarrollo de todas estas tecnologías no se quede almacenada, sino que se puedan transferir a la sociedad de una forma segura y responsable. Una vez que se haya probado que las tecnologías nano funcionan, afirmó Herrera, éstas se podrán aplicar a todos los niveles, ya sea pozo, planta de tratamiento o incluso a nivel de unidad familiar. En este sentido, la investigación tiene que tomar en cuenta las condiciones culturales y de infraestructura, por ejemplo, comunidades rurales e indígenas que no cuentan con agua entubada y quienes además no gustan del sabor a cloro. Aquí la desinfección del agua se convierte en un problema y demanda la búsqueda de alternativas como lo es el caso de la filtración ultravioleta con luz solar, lo cual resulta más sencillo que la fotocátalisis.

En el mismo tema, indicó que buscar estrategias para que las comunidades se apropien de la tecnología debe contemplar quién es el mejor canal de comunicación para llegar a dichas comunidades y fomentar la desinfección y remoción de contaminantes del agua que beben.

Otro problema, que Herrera Alarcón considera prioritario, es que las actuales plantas de tratamiento no son adecuadas para el tratamiento de contaminantes emergentes, los cuales pueden derivar en un problema de salud pública, entre ellos mencionó los fármacos, por lo cual considera necesario observar detalladamente el uso de nanomateriales para atender dicho reto.

Asimismo, Herrera subraya el papel de los investigadores, por un lado, como informantes de los tomadores de decisiones para llevar a cabo las medidas necesarias en materia de políticas públicas y administración de recursos, y por el otro, para que empujen dinámicas interdisciplinarias en la formación de los equipos de investigación con el objeto de no perder de vista la importancia de la comunicación adecuada de los descubrimientos a la población.

Mantener las nanopartículas fuera del agua

Sandra Rodil, investigadora del Instituto de Investigaciones en Materiales de la Universidad Nacional Autónoma de México, se encuentra evaluando el uso del óxido de bismuto como un fotocatalizador que permita retirar partículas nocivas del agua residual. La importancia de esta investigación parte del

riesgo que puede representar el uso de nanopulvos para el tratamiento de este líquido. La propuesta consiste en utilizar el óxido de bismuto soportado en un sustrato, evitando su contacto con el agua, de manera que no se pierda la nanopartícula y se pueda tener un control de la misma en todo momento.

Explica que se encuentran evaluando el óxido de bismuto como un fotocatalizador que pueda abarcar desde la descomposición denominada mineralización de moléculas orgánicas que pueden ser nocivas para la salud, hasta la propiedad antibacterial de este elemento. Hasta el momento han observado que puede funcionar como un catalizador para descomponer moléculas orgánicas, entre ellas los colorantes, principalmente, que son moléculas orgánicas que sí tienen efectos en la salud, aunque no son las principales. Considera que a largo plazo habría que probar medicamentos, insecticidas y otras partículas que se utilizan diariamente.

Aunque el óxido de bismuto está orientado a eliminar las partículas de los colorantes, Rodil insistió en que las legislaciones deben ser más cautas con la manera en que la industria se deshace de estos desechos. En este sentido, indicó que el óxido de bismuto también podría ser evaluado para los desechos de la industria del papel, textil y la farmacéutica; no obstante, actualmente están aún valorando las posibilidades de este material.

Una de las ventajas del óxido de bismuto, señaló, es que con la perspectiva de su brecha óptica, su adsorción de luz ocurre a longitudes de onda mucho menores que en el óxido de titanio, lo cual implica la posibilidad de hacer uso de la luz solar, de manera que el sistema sería la parte de fotocatalisis, pudiendo prescindir de una lámpara extra para tener el efecto de catalizador, como ocurre actualmente con el óxido de titanio que requiere de luz ultravioleta.

Explicó que en el laboratorio de la Dra. Montserrat Bizarro ya desarrollaron un sistema piloto donde se ha observado que el material funciona como se espera, y que es preciso ajustar la geometría de cómo se hace el material, cómo es colocado, y cuál es la mejor manera de hacerlo, lo que ha dado indicios de cómo se podría diseñar un sistema completo a una escala más grande, como una planta de tratamiento. Sin embargo, remarcó que aún se está en un periodo de prueba y observación del comportamiento del material ya que puede implicar un riesgo.

En esta fase, realizan películas delgadas de óxido de bismuto, las cuales están soportadas sobre un sustrato, donde el área superficial, el área activa en la cual se va a dar el proceso fotocatalizador debe optimizarse, maximizarlo de manera que el agua esté en contacto con esa superficie y pueda darse el proceso de degradación de las moléculas. Esto implica que quizá se deba colocar la película en diferentes sistemas para lograr maximizarla. Entonces, las pruebas también tienen que ver con encontrar el mejor diseño para llevar a cabo la fotocatalisis.

Una ventaja de las películas delgadas es que se ahorra el proceso de filtrado, pues al estar el material soportado en un sustrato, el agua fluye, se da

el proceso de degradación de las moléculas orgánicas, pero el agua no lleva ninguna partícula del fotocatalizador, a diferencia de muchos otros reactores que sí trabajan con nanopartículas, o partículas micrométricas, que hay que filtrar después del proceso de limpieza. Al estar soportado el fotocatalizador, ese proceso no es necesario, pero sí demanda un máximo contacto entre el agua y el catalizador. Ello implica que el diseño del reactor debe garantizar que se pueda tener el proceso de degradación de las moléculas lo más rápido posible y en el menor tiempo.

Asimismo, puso especial énfasis en que, si bien, las partículas de color ya no son visibles a simple vista, aún es necesario asegurarse que esa molécula queda totalmente descompuesta en CO_2 y que no queda ningún resto de otro tipo de molécula orgánica compleja que pueda también tener efectos a la salud.

En cuanto al tema de la patente y la propiedad del conocimiento, Rodil señaló que esta investigación se inició al interior de un consorcio cuyo objetivo era estudiar diferentes compuestos de bismuto, donde los derechos de la investigación serían para la institución que llevara a cabo el descubrimiento, pero una vez finalizado el periodo de trabajo, cada institución está por su cuenta. No obstante, han estado comparando resultados con el Politécnico de Torino, en Italia, con quienes tendrían que discutir, llegado el momento, la situación de la patente, pero hasta el momento, el conocimiento derivado de este trabajo lo están vislumbrando como dominio público, en cuanto al uso del material, pero en el caso de poder patentar un reactor, sí desean protegerlo. Señala que si el material funciona como se piensa, lo mejor es que sea de dominio público para que pueda ser explotado y utilizado, toda vez que éste abunda en el planeta, y que uno de los objetivos es que haya aplicaciones avanzadas y de gran escala, pues nuestro país es productor de este material.

Aunado a ello, Sandra Rodil agregó que el uso de este material es muy sostenible, puesto que actualmente se extrae como un subproducto de la explotación minera; es decir, la obtención del óxido de bismuto no significa un esfuerzo mayor.

Como es posible observar, el uso de las tecnologías nano es un hecho contundente. Ya es posible hablar de una industria nano y de contaminación nano. Por lo que la legislación en materia de n&n es urgente. Asimismo, es importante desarrollar capacidades científicas y tecnológicas en la población para que puedan tomar una postura crítica del uso y manejo de estos productos, a la vez que puedan sumar fuerzas para la normalización del uso de estas partículas y el desecho de las mismas.

Según la Agenda Ciudadana de Ciencia, Tecnología e Innovación (www.agendaciudadana.mx), uno de los retos más urgentes para nuestro país es dotar de agua en cantidad y calidad suficientes a todos los mexicanos, además de asegurar el saneamiento de este líquido, y poner énfasis en las políticas públicas que garanticen el acceso a este líquido, sin embargo, el tema del

desarrollo de tecnologías nano para la limpieza y tratamiento de los mismos, así como la contaminación por los productos de la industria nano ponen en peligro la garantía de acceso al líquido de calidad, sea por la posibilidad de un desastre ecológico o por la consolidación de tecnologías demasiado costosas que no puedan ser costeadas por los ciudadanos.

Ante este panorama, concluimos que se precisa estar vigilantes y empujar en cambio una innovación tecnológica sustentable pensada desde y para las distintas realidades de la población mexicana. En este papel quizá sea necesario poner sobre la mesa de debate el tema de la apropiación hacia la sustentabilidad en la actualización tecnológica de tratamiento; es decir, que la innovación de nuevas tecnologías enfocadas a la potabilización y tratamiento del agua no generen elevados costos que las conviertan en opciones inalcanzables para la mayoría de los contextos de la población mexicana, sino que puedan aspirar a ser tecnologías de bajo costo de operación y mantenimiento y apropiables por la población.

Bibliografía

- Conagua - Comisión Nacional del Agua (2014). *Estadística del agua en México*. Gobierno Federal. México.
- Conagua-Comisión Nacional del Agua (2011). *Estadísticas del agua en México, edición 2011*. Gobierno Federal. México.
- Delgado Ramos, Gian Carlo (coord.) (2014). *Apropiación de agua, medio ambiente y obesidad. Los impactos del negocio de bebidas embotelladas en México*. CEIICH, UNAM. México. Disponible en: <<http://computo.ceiich.unam.mx/webceiich/docs/libro/Apropiacion%20de%20agua.pdf>>.
- Greenpeace México (2012). *Ríos Mexicanos, ríos tóxicos*. Disponible en: <http://www.greenpeace.org/mexico/global/mexico/report/2012/rios_toxicos.pdf>.
- IPCC, 2014: *Climate change 2014: Impacts, adaptation, and vulnerability. Part A: Global and sectoral aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press. Cambridge, Reino Unido / Nueva York, EUA.
- Keller, A., cFerran, S., Lazareva, A., y Suh, S. (2013). Global life cycle releases of engineered nanomaterials. *Journal of Nanoparticle Research*, 15: 1692.
- Marañón, B. (2008). *Los costos económicos en salud, asociados al deficiente servicio del agua potable: el caso de las enfermedades diarreicas en México*. México, Centro del Tercer Mundo para el Manejo del Agua. Disponible en: <http://www.agua.org.mx/h2o/index.php?option=com_content&view=article&id=7040:costos-economicos-en-salud-asociados-al-deficiente-servicio-potable&catid=1290:enfermedades&Itemid=100148>.
- PNUMA – Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (2012). *GEO5. Perspectivas del medio ambiente mundial*. Nairobi, Kenya.
- Torregrosa, María —Coordinadora— (2013). *Agua*. México, Academia Mexicana de Ciencias.

Entrevistas

Bourguett, Víctor (junio, 2015). Director del Instituto Mexicano de la Tecnología del Agua (IMTA) hasta el 17 de junio de 2015.

Gutiérrez Yurrita, Pedro Joaquín (junio, 2015). Coordinador de los programas de doctorado del Centro Interdisciplinario de Investigación y Estudios sobre Medio Ambiente y Desarrollo del Politécnico Nacional (CIIEMAD-IPN).

Herrera Alarcón, María Teresa (junio, 2015). Directora del Centro de Investigación en Materiales Avanzados (CIMAV), Unidad Durango.

Rodil, Sandra (junio, 2015). Investigadora del Instituto de Investigaciones en Materiales de la Universidad Nacional Autónoma de México.