



**INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y
ALCANTARILLADOS**

DEPENDENCIA: Laboratorio Nacional de Aguas

**INFORME DE VIAJE AL EXTERIOR
DEL 21 DE 11 AL 25 DE 11 DE 2016**

*“Visita al centro de investigación Nanotechnology Enabled Water
Treatment Systems (NEWT)”*

07 de diciembre de 2016

1. TABLA DE CONTENIDOS

- 1 . Ficha informativa**
- 2 . Introducción**
- 3 . Objetivos**
- 4 . Desarrollo**
 - i. Antecedentes**
 - ii. Agenda**
 - iii. Desarrollo de agenda**
 - iv. Visitas realizadas**
- 5 . Conclusiones/recomendaciones**
- 6 . Observaciones**

1. Ficha informativa:

País y ciudad visitada: *EEUU, Texas Medical Center, Tempe*

Fecha de la visita: *del 21 al 25 de noviembre de 2016*

Funcionario(s) de misión AyA: *David Josué Cambronero Bolaños*

Motivo del viaje: *Visita a Centro de investigación de aplicación de nanotecnología al tratamiento del agua NEWT.*

Contacto en el lugar de misión: *Pamela Zúñiga: pzuniga@rice.edu*

2. Introducción

En Costa Rica, se viven los mismos problemas económicos que en general abundan en Latinoamérica. Esto ha causado que, a diferencia con los países desarrollados, la inversión en investigación sea muy poca. En términos generales esto llega a convertirse en un círculo vicioso, ya que la mejor vía al desarrollo es la investigación en todos los campos de la industria, la producción, la ciencia pura, etc. En lo concerniente al recurso hídrico, la situación es la misma, se dispone apenas de los recursos necesarios para solventar la necesidad de abastecimiento, y se deja de lado la investigación en campos como nuevas tecnologías en tratamiento, contaminantes emergentes, nuevos métodos de cuantificación, etc.

Todo esto deja a instituciones como el AyA, expuestas a la aparición de problemáticas nuevas, que deben ser tratadas y en la medida de lo posible resueltas, en intervalos muy cortos de tiempo. En estos casos se deben implementar tecnologías, muchas veces sin entender la naturaleza del problema, sin comprender el principio de funcionamiento de la solución planteada, y sin haber realizado las labores de investigación previas a la puesta en marcha de cualquier sistema, equipo o tecnología. Con todo esto, es más que evidente la necesidad que el AyA tiene de comenzar a invertir y permitir un mayor desarrollo de la actividad de investigación, con miras a colocarlo como uno de los ejes fundamentales en el funcionamiento institucional.

El NEWT, es un centro de investigación que se formó gracias a la alianza entre cuatro universidades, Rice, ASU, Yale y Universidad del Paso. Este centro de investigación está enfocado en la aplicación de nuevas tecnologías, en especial nanotecnología y bio-remediación al tratamiento de agua. En general se trata de un grupo multidisciplinario de investigadores, con un enfoque particular en ambiente, principalmente en lo relacionado con agua, tanto para consumo, agua residual, y agua para diferentes usos. En el centro se tienen tres líneas principales de investigación, los nano-materiales fotocatalíticos, nanotecnología aplicada a membranas y materiales nanoadsorbentes.

Como parte del intento de diversos funcionarios, se han establecido grupos que de uno u otro modo pretenden colaborar con lo que es la investigación de posibles soluciones a los problemas con contaminantes emergentes. Un ejemplo de esto es la Comisión de Potabilización, desarrollo de proyectos investigativos en el Laboratorio Nacional de Aguas, participación en talleres sobre problemáticas específicas, etc. En todo esto es de suma importancia el apoyo de organismos.

instituciones, centros de investigación, empresas, tanto a nivel nacional como internacional. Debido a esto, es conveniente tener la mayor cantidad de contactos posibles, que puedan ser útiles en diversas eventualidades, además de estar actualizando conocimientos sobre los temas que le atañen al AyA.

Como parte de la investigación del proyecto final de graduación, durante mis primeros años en el AyA, trabajé, con el apoyo del LNA, en el proyecto de investigación "Degradación de bromacil fotocatalizada por luz UV en presencia de TiO_2 en conformación anatasa". En este se llevó a cabo un desarrollo de materiales con potencial catalítico, capaz de formar compuestos con suficiente poder oxidante como para generar la degradación de moléculas orgánicas persistentes. Esto evitando la generación de trihalometanos, principal desventaja de la degradación de compuestos orgánicos mediante los oxidantes comunes, como cloro en sus diferentes modalidades. Durante esta investigación se tuvo éxito en la degradación del contaminante, sin embargo, se presentaron complicaciones al momento de poner en contacto el plaguicida y el TiO_2 , en sistemas de tratamiento a escala piloto. En el centro NEWT, se han desarrollado materiales capaces de resolver las complicaciones presentes en la degradación de bromacil. Además, en este centro se llevan proyectos de potabilización y tratamiento de agua, que aplican tecnologías de vanguardia. Lograr alianzas y contactos en este tipo de centros de investigación, es de gran importancia para una institución, y en general para un país en vías de desarrollo.

3. Objetivos

- General: Intercambio de conocimientos en el área de aplicaciones de nanotecnología para el tratamiento de agua mediante catálisis enfocada a la remoción de contaminantes orgánicos, generando contactos de interés para los temas que atañen al AyA en la potabilización de agua.
- Específicos:
 - Conocer las pruebas que se aplican a la producción de materiales fotocatalíticos para la remoción de contaminación en agua.
 - Intercambio de experiencias en las pruebas de eficiencia para materiales de diseño catalítico, que puedan ser aplicados a sistemas de agua para potabilización.
 - Generar contactos y posibles alianzas en temas de investigación relacionados con agua y saneamiento.

4. Desarrollo del Informe

- Antecedentes

En Costa Rica, se ha tenido un auge importante de contaminantes emergentes, con una amplia diversidad de tipos, orígenes y posibles consecuencias en la salud humana. Estos distan mucho de lo que el AyA ha estado acostumbrado a tratar y ha sido la norma en el quehacer diario (color y turbiedad). Entre los "nuevos" contaminantes se tienen metales pesados; como es el caso del

arsénico, aluminio, hierro, manganeso; aniones mono y poliatómicos, como sucede con el flúor, nitrato, nitritos, carbonatos, sulfatos; sales minerales como potasio; e incluso compuestos orgánicos persistentes, como plaguicidas, entre los cuales el caso de mayor importancia es quizás el bromacil.

Con este tipo de situaciones se tiene el agravante de que la institución y en general el país tiene poca o ninguna experiencia con el tratamiento o remoción. A esto se suma el hecho de que para el momento en que son descubiertos, la cobertura mediática y la presión de las poblaciones promueve en la mayoría de los casos, la búsqueda de soluciones rápidas, con pocas pruebas de eficiencia y efectividad, y generalmente poco conocimiento de las técnicas y los principios físicoquímicos que rigen el sistema. Para evitar este tipo de situaciones, que pueden llegar a desprestigiar la labor de la institución, es necesario invertir y promover la investigación, como un mecanismo para comprender y aplicar metodologías y tecnologías actuales, al tratamiento de agua, con el debido proceso de comprensión y asimilación tecnológica, que permita establecer soluciones elegidas con bases y justificaciones más fuertes y sensatas.

Para dirigirse hacia un accionar como el explicado anteriormente, son de suma importancia, las alianzas, contactos y cooperaciones con centros de investigación. Estos poseen la ventaja de tener entre sus recursos, personas íntegramente dedicadas a la labor investigativa, equipos, y expertos en diversas áreas y temáticas muy específicas. En países desarrollados, como el caso de los EEUU, se tienen centros de investigación, como el caso del NEWT, que buscan aplicaciones para los nuevos descubrimientos y desarrollos tecnológicos, de materiales, técnicas, y sistemas de tratamiento. Todo esto con el fin de garantizar el acceso de la humanidad al agua, nuestro bien más preciado y un derecho y necesidad básica para el desarrollo humano. Esto se refleja en la visión de este centro de investigación *"Nuestra visión es un mundo donde el agua limpia ya no es un factor limitante de la capacidad humana"*.

Como antes se expuso, durante la investigación sobre degradación de bromacil, el principal limitante para llevar a la práctica lo logrado en el laboratorio, es la pérdida de eficiencia por la necesidad de soportar el material. Esta necesidad radica en el hecho de que el material catalítico debe ser separado del medio de reacción (agua) una vez que la degradación se ha dado. Se trata de materiales finamente divididos, pudiendo llegar incluso a la categoría de nanoparticulados. Debido a esto, métodos de filtración convencionales no serían capaces de separar el material del medio. La solución propuesta para esto, fue soportar el material catalítico sobre una base de concreto, de modo que este se encuentre siempre separado del medio de reacción. Con esto se reduce el área superficial, y por tanto, se presume que disminuyen los sitios activos para la reacción de descomposición, lo cual podría explicar la pérdida en eficiencia de la reacción. Otras posibilidades, sería la presencia en el cemento, de especies que inhabiliten la actividad catalítica del material. En la Universidad de Rice, se tienen equipos que permiten evaluar algunas de estas circunstancias. Además, en el NEWT se llevan a cabo investigaciones como formulación de cementos y otros materiales con capacidad catalítica, por lo que es un valioso aporte, conocer los procesos, las dificultades que han tenido y el modo en que las han solucionado. En palabras de uno de los investigadores del centro NEWT *"cuando se investiga, no es necesario recorrer nuevamente el camino ya saldado por otros"*.

• Agenda de la actividad

Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
21/11/2016	22/11/2016	23/11/2016	24/11/2016	25/11/2016
Explicación sobre las generalidades de la universidad de Rice y el Centro NEWT. Conformación y líneas de investigación del mismo. Pamela Zúñiga.	Visita a Instalaciones del NEWT en ASU, Tempe. Presentación de las líneas de investigación y generalidades sobre el proceso de investigación, con el profesor Shahnawaz Sinha.	Explicación de línea investigativa sobre las posibles consecuencias del uso de nanopartículas en sistemas de abastecimiento de agua potable. Xiangyu Bi.	Día sin actividades planificadas. Preparación de datos sobre degradación de bromacil y estudio de los documentos adquiridos sobre cuantificación de Dioxano y aplicación de la electrólisis a la degradación de contaminantes en agua. Artículos publicados por el investigador Sergi García.	Remoción de contaminación por hidrocarburos mediante tecnologías duales de aplicación de fotocatalisis para la simplificación de cadenas orgánicas, obteniendo productos de cadena más corta y con posibilidades de biodegradación en una segunda etapa del proceso, mediante tratamiento por microorganismos. Hasan Javed
Dioxano como contaminante emergente. Método para determinación por extracción en frío y análisis por cromatografía de gases/masas. Marcio Luis Busi Da Silva	Fabricación e implementación de membranas dopadas con nanopartículas para mejorar la eficiencia de sistemas de catalisis inducida por luz UV y las capacidades de filtración, para la remoción de contaminantes varios.	Uso de la nanotecnología para los procesos de desalinización de agua mediante la destilación de membrana.		Explicación y discusión de los resultados obtenidos de la investigación "Degradación fotocatalizada de bromacil en agua".
Estudio de remoción de dioxano mediante bio-remediación. Marcio Luis Busi Da Silva	Degradación fotocatalizada de nitratos, mediante descomposición por radicales ·OH para la obtención de mineralización completa, evitando la formación de sales de amonio.	Entrevista con el sub-Director de NEWT, profesor Paul Westerhoff. Discusión sobre la situación en Costa Rica con la contaminación por plaguicidas y nitratos, como contaminantes posiblemente derivados de la actividad agrícola. Análisis de posibilidades de tratamiento.		Continuación de la explicación del proyecto para la determinación de mezcla de TiO ₂ y cemento ideal para promover la actividad catalítica del concreto generado. Discusión sobre las limitaciones y resultados obtenidos con las pruebas llevadas a cabo. Pamela Zúñiga.
Charla con Adria Baker, directora de Oficina de Estudiantes y Académicos Internacionales, sobre el convenio de cooperación firmado entre el MICIT y la Universidad de Rice.	Procesos de electrolisis para la obtención de superficies degradantes capaces de descomposición de moléculas orgánicas con fines de mineralización y aumento de biodisponibilidad. Sergi García.	Visita al campus universitario.		Explicación de la conformación del centro de investigación NEWT como una alianza de cuatro universidades, tanto públicas como privadas. Hassan Javed.
Presentación con el director del NEWT, profesor Pedro Alvarez.	Descomposición fotocatalizada de la molécula de agua para la formación de oxígeno, con el fin de promover la actividad bacteriana responsable de la degradación de plumas de compuestos orgánicos en el suelo, evitando el ingreso de estos a los mantos acuíferos. Mariana Lopes			
Determinación de mezcla de TiO ₂ y cemento ideal para promover la actividad catalítica del concreto generado. Pamela Zúñiga.				

- Desarrollo de la Agenda:

21/11/2016

Sesión con Pamela Zúñiga

La investigadora Pamela Zúñiga realizó una introducción sobre el la Universidad Rice, y específicamente el centro de investigación NEWT. Explicó generalidades sobre los proyectos llevados a cabo por el grupo del Dr. Pedro Álvarez, Director del NEWT. Se entregaron muestras de agua sometidas a degradación de bromacil, para analizar la presencia de TiO_2 , y muestras del recubrimiento usado en los foto-reactores fabricados para el proyecto de investigación.

Sesión con Marcio Da Silva

El investigador Marcio da Silva, expuso su proyecto sobre bio-remediación aplicada a la remoción de contaminantes en agua. El contaminante evaluado en su proyecto de investigación, es el dioxano. Esta es una molécula formó parte de una amplia gama de productos estéticos, por lo que su presencia en el ambiente es relativamente común. Se podría pensar que es un problema de zonas altamente industrializadas, sin embargo se ha encontrado en muestras de agua en Alaska y otras zonas remotas. El contaminante posee de momento el mismo potencial cancerígeno que los tri-halometanos, de ahí que la EPA y el gobierno de EEUU le hayan brindado significativa importancia. En la charla con el investigador da Silva, él expuso un método relativamente sencillo para la determinación de dioxano en agua. Este podría ser aplicado en Costa Rica, ya que se dispone del equipo, y se podría procurar la búsqueda de los reactivos necesarios.

En relación a la remoción del contaminante, el proyecto se dirige a identificar los grupos de bacterias y microorganismos que se encargan de la degradación. Una vez logrado esto, se evalúan las condiciones en los cuales la eficiencia metabólica de estos aumenta, de modo que la degradación es más rápida. Identificadas estas variables, se trata de replicar las condiciones en el ambiente natural, de modo que la degradación tenga lugar sin que medien especies químicas, ni microorganismos ajenos a la zona de interés.

Sesión con Adria Baker

La Dra. Adria Baker es la encargada de la oficina de asuntos estudiantiles y Cooperación Internacional de la Universidad Rice. En la charla con la Dra. Baker se abordó el tema de la importancia que tiene Costa Rica para la Universidad Rice, al tratarse de un país latinoamericano, con buenos índices de desarrollo y un muy alto nivel académicos. Según se comentó en la sesión, la universidad está interesada en recibir mayor cantidad de estudiantes costarricenses que busque títulos de posgrado en las diversas áreas de ciencia e ingeniería. Hace unas semanas, el Ministro de Ciencia y Tecnología visitó esta universidad, y se firmó un convenio entre ambas instituciones.

Sesión con Pamela Zúñiga

La investigadora Zúñiga, lleva uno de los proyectos más similares al llevado a cabo en Costa Rica sobre el bromacil. En este, se pretende encontrar la formulación de un concreto

catalítico (basado en TiO_2) que tenga el mejor funcionamiento y por tanto pueda ser aplicado a sistemas reales de tratamiento. Este tema fue nuevamente abordado en un día posterior.

22/11/2016

Sesión con Shahnawaz Sinha

El Dr. Sinha, es en junto con el Dr. Westerhof, el encargado de los proyectos de investigación del NEWT que se llevan a cabo en la Universidad ASU. En la sesión con él, se visitaron los laboratorios usados por el NEWT y se expusieron de manera general los proyectos que se llevan a cabo en estos, dando énfasis a los que se enfocan en tratamiento de agua con fines de consumo. Del mismo modo, se expuso de manera resumida, el proyecto de degradación de bromacil y se discutieron algunos de los resultados obtenidos. El Dr. Sinha explicó rápidamente como se logra la conformación de un centro de investigación "deslocalizado", con proyectos en cuatro diferentes universidades y acceso a recursos mediante convenios o contratos con diferentes industrias.

Presentación de proyectos de investigación

Con la coordinación del Dr. Sergi Garcia, se procedió a conocer diferentes investigadores, cada uno de los cuales expuso sus proyectos. En general, estos proyectos son bastante aplicables y desde su concepción son pensados para ser usados en diferentes situaciones y en la medida de lo posible ser energéticamente auto-sostenibles, de modo que la investigación desemboque en un equipo que sirva para remediar algún problema de contaminación, y que además sea móvil y en primera instancia pueda ser transportado y puesto en funcionamiento en cualquier lugar.

Entre los proyectos expuestos, se tiene el tratamiento de agua por electrólisis y fento-electrólisis. Además, se expuso sobre el uso de materiales fabricados por industrias ajenas al tratamiento de agua, pero que pueden ser aplicados a la potabilización, aprovechando en algunas ocasiones propiedades catalíticas y altos estándares de calidad en la fabricación.

Entre los proyectos expuestos, se encuentra uno mediante el cual se pretende remover la contaminación por nitratos. En este, usando los radicales OH formados por la acción de luz UV sobre superficies cubiertas (en este caso dopadas) con dióxido de titanio, es posible llevar a cabo una descomposición de la molécula de nitrato, generando N_2 como producto de descomposición final. La tecnología usada, es similar a la aplicada a la degradación de bromacil, de modo que esta metodología (aún no publicada) podría ayudar a comunidades que poseen contaminación de nitratos en agua, principalmente en zonas agrícolas de Costa Rica. Según se expuso, la factibilidad de la técnica está sujeta a evitar la formación de sales de amonio, las cuales serían un problema quizá más grave que los nitratos y es otra de las posibles rutas de degradación de los nitratos.

Un proyecto enfocado a la protección de acuíferos, expuso como evitar que las plumas de contaminación orgánica se desplacen por el subsuelo hasta alcanzar fuentes de agua. Según esta investigación, las bacterias presentes en el suelo son capaces de degradar la materia orgánica, sin embargo, al tenerse una fuente de contaminación, el "reactivo limitante" sería el oxígeno, sin el cual la actividad bacteriana se detiene. La técnica aplicada para evitar esto, y promover la descomposición de la materia por bacterias, es aumentar la disponibilidad de

oxígeno mediante la descomposición de la molécula de agua. Esto se logra por la interacción de agua, un material catalítico y luz de una longitud de onda específica. En primera instancia, se lograría la remoción del contaminante antes de que este logre alcanzar mantos acuíferos.

23/11/2016

Sesión con Xiangyu Bi

El investigador Bi (postulante a PhD) lleva uno de los proyectos mediante los cuales se pretende evaluar los efectos negativos que el uso de nanopartículas pueda tener sobre la salud humana, esto pensando en que estarán en contacto con el agua para abastecimiento humano. Esta línea investigativa muestra el sentido de responsabilidad que se tiene en estos centros, siendo conscientes de las implicaciones de nuevas tecnologías y anticipando las situaciones adversas que se puedan tener.

Sesión con Dr. Paul Westerhof

El Dr. Westerhof, es el sub-director del NEWT. La sesión estuvo enfocada en explicar y comentar casos específicos de contaminantes emergentes en Costa Rica. Una vez expuestos, el Dr. Westerhof propuso varias opciones que podrían solucionar los problemas de contaminación. Recomendó el uso de ciertos equipos que ya se tienen en el mercado y han sido probados por su grupo de trabajo, que con modificaciones mínimas pueden ser usados como foto-reactores. Estos son capaces de tratar caudales considerables, pesar de no ser equivalentes al caudal tratado por una planta. Con los problemas de nitratos, se hizo la recomendación de utilizar tratamiento con resina de intercambio iónico, y aplicar la descomposición del nitrato a la corriente de lavado y regeneración, de modo que la concentración de sustrato sea mayor.

Membranas dopadas con nanopartículas

Posterior a la sesión con el Dr. Westerhof, se recibió una explicación sobre el uso de membranas dopadas con nanopartículas. En estas, el material nanoparticulado dependerá del contaminante que se quiera atacar. El grupo de los Drs. Westerhof y Sinha, ha elaborado un módulo transportable que funciona con energía solar y puede realizar tratamientos de membrana para filtración de múltiples contaminantes. El dopaje de la membrana logra mayores eficiencias de remoción, al tiempo que permite trabajar en ámbitos de presión bastante menores, lo cual se convierte en un ahorro energético y por tanto económico.

25/11/2016

Sesión con Hassan Javed

El investigador Javed, tiene a su cargo uno de los proyectos que son concebidos bajo un modelo de "contratación" por parte de alguna industria. En este se pretende aplicar un tratamiento dual (químico y microbiológico) para la atención de derrames de petróleo y derivados. Según explica el investigador, estas moléculas son poco susceptibles a la biodegradación, porque el tamaño de sus cadenas orgánicas no permite el accionar de las colonias bacterianas. Por su parte, el tratamiento químico no siempre logra descomposición completa hasta mineralización, y puede ser costoso y logísticamente inadecuado. En el sistema dual propuesto, en un primer paso, el agua, o incluso suelo contaminado, son sometidos a una

serie de reacciones foto-catalíticas, mediante la presencia de luz UV y TiO_2 . Aunque no se logre la degradación completa, las cadenas orgánicas son reducidas en tamaño de manera considerable. Esto les otorga mayor biodisponibilidad y por tanto las hace más susceptibles a biodegradación. A partir de este punto, se lleva a cabo un tratamiento con ciertas colonias de bacterias, las cuales usaran los contaminantes degradados como fuente de alimento para su crecimiento, generando en última instancia una degradación completa y un crecimiento de las colonias bacterianas, la cual, de ser necesario pueden ser eliminadas mediante métodos de desinfección comunes.

Más adelante en el día, el investigador Javed, quien además es el vicepresidente del consejo estudiantil universitario por parte de Rice ante el NEWT, brindó una explicación del funcionamiento de la alianza entre las universidades que integran el NEWT. Además explicó cómo pueden ser usados los recursos de las universidades para promover la investigación del NEWT y la rendición de informes que este centro de investigación lleva a cabo.

Sesión con Pamela Zúñiga

La investigadora Zúñiga, brindó mayor detalle de las pruebas llevadas a cabo para la determinación de las condiciones óptimas de fabricación de un cemento catalítico. Los resultados de esta investigación pueden ser de especial importancia para el AyA, ya que podrían brindar una guía de la fabricación de materiales o repellos, que pueden usarse en sistemas de potabilización, pudiendo otorgar parte del poder oxidante que posee el cloro, requiriendo un menor uso de esto. Al no tratarse de un desinfectante halogenado, las posibilidades de generar trihalometanos en el sistema se ven disminuidas de manera drástica, llegando a ser incluso nulas dependiendo de las condiciones del sistema. Según los resultados obtenidos por el momento (el proyecto se encuentra aún en desarrollo), existe una cantidad importante de factores que afectan el desempeño de un material, cemento en este caso, como catalítico. Se debe verificar en conjunto, el tipo de TiO_2 usado, el tipo de cemento y los componentes característicos, la cantidad de agua en la mezcla, el área superficial disponible para la formación de radicales. Para esto último, el centro dispone de un equipo llamado BET, que mediante la medición de presión de nitrógeno y el ajuste de datos a la isoterma Bet, es capaz de calcular el área superficial del material.

- **Visitas realizadas**

Se realizó una visita a la Universidad de Rice, una de las sedes del centro NEWT. En esta se realizaron una serie de presentaciones sobre proyectos de investigación específicos, en el laboratorio del profesor Pedro Alvarez, director de NEWT. Además se visitó la Oficina de Estudiantes y Asuntos Internacionales, para una entrevista con la Ed. D. Adria Baker.

Por recomendación de los investigadores del NEWT, se realizó una visita a la Universidad ASU, en Tempe, otra de las sedes del NEWT, y donde trabaja el grupo a cargo del Profesor Paul Westerhof, sub-director de NEWT.

En cada uno de los centros, se visitaron los diferentes laboratorios que lo componen y se recibió explicación de la mayoría de los proyectos investigativos que se llevan a cabo en estos.

5. Conclusiones /acuerdos/Recomendaciones

Se debe esperar a conocer los resultados que se obtengan para las muestras entregadas, a fin de entender de mejor forma las características que gobiernan la degradación del bromacil.

Todos los proyectos expuestos, generan una publicación científica. Se solicitó a cada uno de los investigadores, la publicación correspondiente. En los casos de proyectos que aún se encuentran en desarrollo, cada uno de los investigadores se ofreció a enviar una copia en el momento que se dé la publicación.

Es recomendable llevar a cabo la investigación para remoción de nitratos en zonas que presentes este problema. Siguiendo la recomendación del Dr. Westerhof, se puede aplicar intercambio iónico, y tratar las aguas de lavado con el método para la descomposición del contaminante.

En cuanto a la degradación de bromacil, se observaron equipos que pueden usarse para aplicar la fotodegradación. En combinación con el estudio de cementos fotocatalíticos, se puede tratar de generar sistemas de fabricación propia, capaces de emular el funcionamiento de los equipos que se encuentran en venta.

En diversas pruebas, el Dr. Sergi Garcia determinó que la degradación fotocatalizada es un fenómeno de superficie, por lo que en cualquier sistema debe procurarse un área superficial considerable.

Los radicales formados en la reacción de catálisis, elimina gran parte de la actividad microbiana (según lo conversado con Hassan Javed). Esto indica que puede ser usada para desinfección, aún en aguas con alta carga orgánica.

Se recomendó investigar el acceso en C.R. a equipos de generación de luz UV mediante tecnología LED, la cual es más barata energéticamente hablando.

Se recomendó, en lugar de usar la radiación UV del sol directamente, usar paneles solares, que alimenten lámparas ultravioleta. 8

Es recomendable comenzar a tomar en cuenta contaminantes emergentes como el dioxano, anticipando que en algún momento deberá ser incluido en el reglamento para calidad del agua potable.

Siguiendo el ejemplo del centro NEWT, cada vez que se propone un cambio o aplicación de nuevas tecnologías, es recomendable comenzar con los análisis de los posibles efectos adversos que podrían presentarse sobre la salud humana.

6. Observaciones

En palabras de los investigadores del NEWT, publicar los resultados obtenidos en las investigaciones que se llevan a cabo, evitan que otras personas deban lidiar con problemas ya resuelto. En el AyA, se llevan a cabo diversos proyectos que conllevan una investigación. En la mayoría de los casos vale la pena publicar esos resultados, por lo que la institución debe impulsar este tipo de prácticas.

Una vez que se tiene una contaminación en el agua, removerla va a ser más costoso, económicamente, que simplemente repartir agua sin ningún contaminante. Por esto, decir que un tratamiento es "caro", puede ser bastante relativo.

En nuestro país, se pueden desarrollar y se llevan a cabo investigaciones tan completas y relevantes como las llevadas a cabo en países desarrollados.

El estudio de la nanotecnología y la constante actualización en técnicas de tratamiento, será básico para evitar que el AyA se rezague en materia de potabilización de agua.

La mayoría de los centros de investigación (en EEUU) prefieren no firmar acuerdos "marco", promoviendo la cooperación mediante temáticas específicas.

Se tienen importantes contacto con el centro de investigación NEWT, por lo que la solicitud de información y discusión de ciertas técnicas, tecnologías y problemáticas posee un canal de comunicación abierto.



David Cambrónero Bolaños
Laboratorio Nacional de Aguas