

ISSN 2167-4752 (Impreso)

ISSN 2167-6828 (En línea)

# Perspectivas

## en asuntos ambientales

Revista Profesional  
de la Escuela de  
Asuntos Ambientales

volumen 3 – 2014



## En esta edición

Agua: Infraestructura y Salud

Panorama de la situación sanitaria en Puerto Rico

Iniciativa legislativa para la protección de cuencas

Fondos disponibles para infraestructura sanitaria

Actualización del inventario de sistemas Non-PRASA

Evaluación microbiológica del agua en el caño La Malaria

Evaluación bacteriana en cultivos hidropónicos

9

Perspectivas  
en asuntos ambientales



La revista *Perspectivas en Asuntos Ambientales* (PAA) es un organismo informativo de la Escuela de Asuntos Ambientales (EAA) de la Universidad Metropolitana en el que estudiantes, profesores y colaboradores diseminan sus trabajos relacionados con el tema ambiental. El foro incluye trabajos producto de tesis, tesinas y proyectos de planificación ambiental, así como evaluaciones de programas implantados e investigaciones de profesores que aborden los asuntos ambientales. También incluye ensayos de opinión o perspectivas sobre los asuntos ambientales. Estos componentes enmarcan la tónica de lo que en principio será la función de la revista como instrumento de difusión y foro de discusión.

La EAA aporta hacia la capacitación de profesionales, el desarrollo de la conciencia ambiental y la solución de problemas ambientales que enfrenta nuestra sociedad a través de sus componentes académicos, investigativos y proyectos de impacto comunitario y educación profesional. Incluye los programas graduados de Maestría en Ciencias en Gerencia Ambiental, Maestría en Planificación Ambiental y Maestría en Artes en Estudios Ambientales. Además, contamos con centros de adiestramiento especializado, certificados profesionales e investigación como el Instituto de Educación Ambiental, Atlantic OSHA Training Center, el Centro de Estudios para el Desarrollo Sustentable (CEDES), el Laboratorio de Química, Ambiental y Toxicología Molecular (ChemTox), Estación de Investigación Las Cucharillas, y el Instituto de Fotónica.

PAA (ISSN 2167-4752 impreso; ISSN 2167-6828 en línea) se publica anualmente. Para los detalles de color en los gráficos y fotos, favor de remitirse al documento en PDF en línea en nuestra página: <http://www.suagm.edu/umet/perspectivas/index.asp>. Las instrucciones para autores que desean someter artículos se encuentran disponibles en línea bajo la misma dirección electrónica. Dirija su correspondencia a través del correo electrónico: [perspectivasaa@suagm.edu](mailto:perspectivasaa@suagm.edu).



#### Foto portada

*Vista área de la planta de tratamiento de aguas usadas en Fajardo*

© Benito Pinto Rodríguez

#### Descargo de responsabilidad

La EAA no se responsabiliza por la precisión de hechos y opiniones aquí presentadas o por omisiones en la utilización de fuentes primarias en el contenido de los artículos de los autores que colaboraron en esta edición. El lector debe hacer su propia evaluación en términos de cuán apropiado es el contenido y los métodos utilizados.

#### Diseño gráfico

Lorian Dávila Martínez • [loridavila@gmail.com](mailto:lорidavila@gmail.com)

#### Impresión

Ha sido posible gracias a fondos federales del proyecto Título V Graduado *Promoting Postbaccalaureate Opportunities for Hispanic Americans* (P031M90022) del Centro de Estudios Graduados de la Universidad Metropolitana.

**Derechos de Autor 2014.** Sistema Universitario Ana G. Méndez. Prohibida la reproducción total o parcial de los textos y fotografías incluidos en la revista, sin previa autorización de sus autores y la EAA.

### COMITÉ EDITORIAL

María Calixta Ortiz, MSEM, Ph.D.(c), Editora en Jefe

José Orlando García, MP, PPL, ABD

Christian Vélez, MSEM

Carlos R. Morales, MSEM

Ivette Torres Negrón, Ph.D.

Lourdes Febres, MSEM

### CONSEJO ASESOR

Carlos M. Padín Bibiloni, Ph.D., Director

Yvonne Guadalupe, Relaciones Públicas

Alex Rodríguez, MBA

Juan C. Musa, Ph.D.

Universidad Metropolitana  
PO Box 21150, San Juan, PR 00928

*Formato para citar esta revista:*

Apellidos, I.I. (2014). Título del artículo. *Perspectivas en Asuntos Ambientales*, 3(1), 1-110



## CONTENIDO TEMÁTICO

### Editorial

Agua: Infraestructura y Salud .....	7
<i>María Calixta Ortiz, Editora en Jefe</i>	
Ponencias	
Panorama de la situación sanitaria en Puerto Rico .....	11
<i>Carlos M. Padín Bibiloni</i>	
Perfil de las comunidades especiales en Puerto Rico.....	13
<i>María Lourdes Rivera Grajales</i>	
Comunidades que carecen de alcantarillado sanitario: Talón de Aquiles de la salud pública puertorriqueña.....	18
<i>Carl-Axel P. Soderberg</i>	
Disposición de aguas usadas y su impacto a la salud .....	26
<i>Natalio J. Izquierdo Encarnación</i>	
Iniciativa legislativa para protección de cuencas hidrográficas en Puerto Rico ..	29
<i>Hon. Cirilo Tirado Rivera</i>	
Fondo de protección de cuencas .....	39
<i>Alberto Lázaro Castro</i>	
Fondo rotatorio para infraestructura sanitaria.....	45
<i>Javier Verardi Matos</i>	
División de utilidades rurales programa de préstamos y donativos para infraestructura de agua y desperdicios sólidos.....	50
<i>José A. Otero García</i>	
EPA Supplemental Environmental Projects Policy .....	54
<i>José C. Font Camacho</i>	

Community Development Block Grant (CDBG).....	57
<i>Edgar Rodríguez Méndez</i>	

### **Ensayo investigativo**

Estudio de actualización del inventario de Sistemas de Acueductos Independientes en Puerto Rico (Non-PRASA) .....	60
<i>José A. Martí, René Renta &amp; Carlos Velázquez Figueroa</i>	

### **Artículos originales**

Evaluación de los sistemas descentralizados de tratamiento de aguas de una comunidad rural compacta.....	70
<i>Jacqueline Otero Vega, Neftalí García, Daliz Estades Santaliz, &amp; Annelly Diaz Figueroa</i>	

Evaluación de la calidad microbiológica del agua del caño La Malaria y el riesgo a las comunidades .....	83
<i>Gloria M. Mendoza, Christian Vélez, Beatriz Zayas, &amp; Karlo Malavé Llamas</i>	

Evaluación bacteriana en vegetales de hoja verde producidos en hidropónico y su posible riesgo a la salud humana .....	99
<i>Mario Díaz, Christian Vélez, Beatriz Zayas, &amp; Karlo Malavé Llamas</i>	

## AGUA: INFRAESTRUCTURA Y SALUD

María Calixta Ortiz. MSEM, Ph.D.(c)<sup>1</sup>

Editora en Jefe

Recientemente, la discusión pública en Puerto Rico se volcó hacia la calidad del agua que recibían los abonados, en momentos en los que el país enfrentaba una gran sequía. La población se sentía insegura por la calidad del agua que consumía, debido a la no transparencia y mal olor en el agua. Aunque el asunto de la transparencia fue la mayor preocupación de las personas, otros elementos que no podemos detectar a simple vista deben ser tomados en cuenta. También hay que distinguir entre la calidad del agua potabilizada, y el agua tomada de pozos o de fuentes superficiales directamente. En un evento climático más prolongado en el que la población se vea obligada a utilizar agua directamente de los cuerpos de agua, habría que prepararnos para un escenario de enfermedades preocupante, si consideramos que la mayoría de estos están contaminados.

Las enfermedades del sistema gastrointestinal están íntimamente relacionadas con la presencia de organismos patógenos en el agua. Estas enfermedades ocurren mayormente en condiciones ambientales de poco saneamiento e higiene, y de abastos de agua inadecuados, como ocurre especialmente en países en desarrollo. Las enfermedades diarreicas son la segunda causa de muerte de niños menores de cinco años en países en desarrollo (Organización Mundial de la Salud, 2013). Los estudios llevados a cabo en comunidades con brotes de diarreas muestran que los microorganismos más encontrados son la bacteria *Escherichia coli*, seguida por el protozoario *Giardia lamblia* (Blank & Lanata, 2007), este último resistente al proceso de cloración del agua.

Mientras la causa de muerte por diarreas en países desarrollados es más baja, estos no están exentos. El aumento poblacional, el aumento en actividades de desarrollo, cambios en el clima, y la ya conocida resistencia de los microorganismos, hacen cada vez más difícil controlar los patógenos y más costoso el tratamiento del agua. Un ejemplo de esto fue el brote de diarreas a consecuencia del parásito *Cryptosporidium parvum* que ocurrió en el estado de Milwaukee en el año 1993, y el cual afectó a más de 400,000 personas. Lo interesante de este parásito, es que un solo quiste es capaz de enfermar a su huésped, y son resistentes a la cloración, lo que implica una posibilidad de no ser removido en el tratamiento usual de

---

<sup>1</sup>Escuela de Asuntos Ambientales, Universidad Metropolitana, PO Box 21150, San Juan, PR 00928, 787-766-1717, um\_mortiz@suagm.edu



potabilización. Es por esto que los sistemas de tratamiento en Puerto Rico han tenido que añadir métodos más costosos y especializados de filtración para remover este tipo de microorganismos. Entonces, la factura del agua sigue subiendo.

El temible bacilo del *Cholera* es otra de las grandes preocupaciones que ha estado muy cercano al Caribe. El cólera es transmitido por la ruta fecal-oral, por la ingestión de agua y alimentos contaminados. La aparición del cólera ocurrió en Haití en octubre de 2010, nueve meses después del terremoto, en un país que no presentaba ningún caso desde el siglo IXX, así como en otras islas del Caribe (Jenson, Szabo, & Duque, 2011). Haití recibió una fuerte degradación de la infraestructura de agua y saneamiento tras el terremoto ocurrido en enero de 2010. Las personas perdieron sus hogares y fueron desplazados a comunas, había desnutrición, y su población vivía en condiciones infrahumanas haciéndolos más vulnerables a las enfermedades (Pan American Health Organization, 2011). Además del impacto del terremoto, Haití demuestra una mayor vulnerabilidad que otros países vecinos, por sus pobres indicadores de salud (Pan American Health Organization, 2011).

El origen de la epidemia del cólera en Haití ha sido altamente debatido. Un grupo de epidemiología de Francia y Haití, deducen que la principal fuente de la cepa de *Vibrio cholerae* procedió del campamento militar de las Naciones Unidas procedentes de Nepal, lugar donde había una epidemia de cólera (Piarroux et al., 2011a; 2011b). Los resultados para las cepas aisladas de los dos primeros casos en Haití, ocurridos cerca del campamento nepalí, demostraron que su genética era similar a las cepas de Nepal de 2009. Esto coincide con un informe de la Organización de las Naciones Unidas que documentó un tubo de descarga de aguas residuales en el campamento nepalí hacia el río. Aunque no se le hicieron pruebas a los soldados, existe la posibilidad de que hubiera habido un portador de cólera sin los síntomas característicos, pero que puede alojar la bacteria en sus heces fecales. El análisis estadístico del estudio produjo una correlación entre las curvas epidémicas de las comunidades y su ubicación aguas abajo del río Meille, un afluente del río Artibonite, por donde se esparció el cólera a lo largo de su recorrido (Piarroux et al., 2001a).

Aunque el origen exacto de la epidemia de Haití no ha sido claramente establecido, se deduce que fue el resultado de la actividad humana que introdujo una cepa de *V. cholerae* de una fuente geográfica distante a la Isla (Chin et al., 2011). Estos eventos de brotes a través de aguas contaminadas, nos brindan una lección que debemos considerar profundamente. Más aún porque desde el 2010, la epidemia del cólera se ha esparcido a otros países del Caribe como la República Dominicana, Cuba,

y ha comenzado a diseminarse en la América continental. En un momento donde las epidemias de enfermedades infecciosas vuelven a impactarnos, es imprescindible que las autoridades concernidas y las entidades educativas tomemos acción.

Comprometidos con el equilibrio ecológico de nuestros recursos acuáticos y la salud de nuestra ciudadanía, dedicamos esta tercera edición de *Perspectivas en Asuntos Ambientales*, al tema de infraestructura sanitaria en Puerto Rico. En el 2013, llevamos a cabo el primer simposio en Puerto Rico dirigido a discutir la situación actual de la infraestructura sanitaria en la Isla. El foro contó con expertos en planificación, derecho, la ingeniería química, ambiental y civil, y la medicina. Las expectativas de este foro estaban centradas en la discusión de la problemática actual de la infraestructura sanitaria en Puerto Rico, los retos y las fuentes de fondos disponibles para encontrar soluciones a los desafíos presentados. Incluimos las presentaciones orales de este foro bajo la sección de *Ponencias*.

Como un complemento a la aportación que hacen las agencias públicas, incluimos bajo la sección de *Artículos originales* un estudio llevado a cabo por una estudiante de la Escuela de Asuntos Ambientales que evalúa la efectividad de un sistema de tratamiento y potabilización de agua descentralizado de la Autoridad de Acueductos y Alcantarillados. También se incluye un estudio sobre el inventario de sistemas de acueductos independientes en Puerto Rico, conocidos como Non-PRASA. En cuanto a estudios de calidad de agua, incluimos una evaluación de la presencia de microorganismos en el caño La Malaria en Cataño y otro sobre el impacto de la calidad del agua de los sistemas de riego sobre los cultivos de lechuga por el método hidropónico. Les invito a que reflexionemos a través de los artículos expuestos en esta edición y juntos aportemos a mejorar la situación actual de la infraestructura sanitaria en Puerto Rico.

---

## Referencias

- Black, R. E. & Lanata, C.F. (2007). Diarrheal diseases. In K. Nelson and C. Masters. (Eds.) *Infectious disease epidemiology, theory and practice* (759-779). New York: Aspen Publishers.
- Chin, C. S., Sorenson, J., Harris, J. B., Robins, W. P., Charles, R. C., Jean-Charles, R. R., ... & Waldor, M. K. (2011). The origin of the Haitian cholera outbreak strain. *New England Journal of Medicine*, 364(1), 33-42. doi: 10.1056/NEJMoa1012928

- Barzilay, E. J., Schaad, N., Magloire, R., Mung, K. S., Boncy, J., Dahourou, G. A., ... & Tappero, J. W. (2013). Cholera surveillance during the Haiti epidemic—the first 2 years. *New England Journal of Medicine*, 368(7), 599-609.
- Jenson, D., Szabo, V., & the Duke FHI Haiti Humanities Laboratory Student Research Team. (2011). Cholera in Haiti and other Caribbean regions, 19th century. *Journal of Emergence Infectious Diseases*, 17(11), 2130-2135. doi: 10.3201/eid1711.110958.
- Organización Mundial de la Salud (2013). Enfermedades diarreicas. Recuperado de <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs330/es/>
- Pan American Health Organization (2011). Health response to the earthquake in Haiti January 2010: Lessons learned. Retrieved from [http://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/Full\\_Report\\_3342.pdf](http://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/Full_Report_3342.pdf)
- Piarroux, R., Barraï, R., Faucher, B., Haus, R., Piarroux, M., Gaudart, J., ... Raoult, D. (2011a). Understanding the cholera epidemic, Haiti. *Journal of Emergence Infectious Diseases*, 17(7), 1161-1167. doi: 10.3201/eid1707.110059.
- Piarroux, R., Barraï, R., Faucher, B., Haus, R., Piarroux, M., Gaudart, J., ... Raoult, D. (2011b). Understanding the cholera epidemic, Haiti [letter]. *Journal of Emergence Infectious Diseases*, 17(11), 2178-2179. doi: 10.3201/eid1711.110981.

## PANORAMA DE LA SITUACIÓN SANITARIA EN PUERTO RICO

*Carlos M. Padín Bibiloni, Ph.D.<sup>1</sup>*

Al reflexionar sobre la importancia del tema de este simposio, recordé una presentación sobre los retos de Puerto Rico para la sustentabilidad, el cual recopiló los resultados de las investigaciones llevadas a cabo a través del Centro de Estudios para el Desarrollo Sustentable (CEDES) de la Escuela de Asuntos Ambientales de la Universidad Metropolitana. Como resultado de las investigaciones, se identificó el recurso agua y su utilización como uno de los retos más importantes para la sustentabilidad.

Primero, voy a analizar el recurso agua desde la perspectiva de calidad. Al revisar el informe 305b sobre la calidad de las aguas superficiales de Puerto Rico desarrollado por la Junta de Calidad Ambiental de Puerto Rico (JCA) para los años 2008 y 2010, este indica que no estamos en cumplimiento en términos de la calidad del recurso agua para los diferentes usos designados (recreación y consumo). La causa se debe a las distintas fuentes dispersas de contaminación, generalmente a las descargas sanitarias que desembocan en los cuerpos de agua. Cabe señalar que el informe del año 2010 es más completo, y brinda información más detallada porque va cuenca por cuenca, río por río, segmento por segmento. El incumplimiento en la calidad del agua de los cuerpos acuáticos es una situación recurrente que se ha observado desde el 2004, y hoy día estamos ante la misma situación.

Si lo analizamos desde la perspectiva de calidad de agua potable, es un escenario distinto. El agua que consume la población que nos provee la Autoridad de Acueductos y Alcantarillados (AAA) está en cumplimiento con los estándares de calidad. Eso es bien importante saberlo porque indica que el proceso de potabilización es efectivo en destruir cualquier patógeno que pueda estar presente en el agua, lo cual evita cualquier enfermedad que pueda transmitirse a través del agua potable. Sin embargo, la AAA tiene que lidiar con el impacto económico que presenta manejar las plantas de tratamiento de agua potable cuando estas reciben agua que no cumple con los estándares de calidad como indica recurrentemente el informe 305b a través de los años. Sin embargo, hay que tomar en consideración los datos de la AAA, los cuales indican que un 3% de la población tiene sistemas Non-PRASA, los cuales se sirven de sistemas independientes de tomas de agua o pozos que no reciben el mismo tratamiento que proveen las plantas de la AAA.

---

<sup>1</sup> Universidad Metropolitana, Apartado 21150, San Juan, Puerto Rico 00928-1150, cpadin@suagm.edu • 787-766-1717 ext. 6400

Debido a la problemática de calidad del agua en Puerto Rico, esperamos que esta población esté educada de cómo manejar adecuadamente ese recurso.

No podemos olvidar el reto que presenta el desparrame urbano y la falta de un plan de uso de terrenos. Es imperativo atender este asunto con prioridad para reducir ese impacto en el futuro. En Puerto Rico tenemos distintos tipos de suelo y topografía. Por lo tanto, se requiere manejarlos de acuerdo a sus características particulares para llegar a solucionar el problema que estos presenten en determinado momento. Por ejemplo, las soluciones a utilizar en los Llanos Costeros del Sur no van a ser las mismas que se utilizarían en Jayuya o Utuado que poseen una topografía montañosa, ya que el tipo de suelo es distinto. Somos una isla interesante y diversa a la vez.

Para poder minimizar el impacto de las aguas usadas en los cuerpos de agua en Puerto Rico, es importante cumplir con la reglamentación vigente establecida para pozos sépticos, según se establece en el Reglamento para el Control de la Inyección Subterránea. Esta exige unos tamaños de lotes para atender la infraestructura que nos impone la reglamentación. Por lo tanto, hay que estudiar la reglamentación vigente y visualizar cómo esta nos limita para desarrollar soluciones y alternativas de bajo costo, y más adecuadas para el tipo de comunidad y el tipo de suelo. Hay que mirar detalladamente los costos, la operación, el manejo y el mantenimiento de esa infraestructura, así como la fuente de fondos para el financiamiento.

Para terminar, en las ponencias de este simposio atendemos el elemento de la educación. Para entender y resolver un problema adecuadamente, se requiere que tanto la población en general como el personal de las agencias, se conciencie sobre la problemática y cómo atender adecuadamente las situaciones. En la primera sección de este foro, se presentarán las ponencias con los temas relacionados a la problemática y los riesgos a los que estamos expuestos. En la segunda sección, se presentarán las ponencias dirigidas a identificar los fondos para poder atender las situaciones particulares de ciertas comunidades. ¡Muchas gracias!

---

<sup>1</sup>Dr. Carlos M. Padín Bibiloni posee un doctorado en Geografía, Planificación y Manejo de Recursos Naturales, una maestría en Estudios Ambientales y otra en Planificación Ambiental. Desde el 1994 fungió como decano de la Escuela de Ciencias y Tecnología de la Universidad Metropolitana. Desarrolló la Escuela de Asuntos Ambientales, en la cual fungió como decano del 1996-2012. Durante el 2000 fue nominado y designado como Secretario del Departamento de Recursos Naturales y Ambientales. Desde el 2013, funge como el Rector de la Universidad Metropolitana (UMET).

## PERFIL DE LAS COMUNIDADES ESPECIALES EN PUERTO RICO

*María Lourdes Rivera Grajales, Ph.D.<sup>1</sup>*

La Oficina para el Financiamiento Socioeconómico y la Autogestión es también conocida como Oficina de Comunidades Especiales o la OCE. Esta se creó en el año 2001 como un proyecto dirigido a ofrecer una esperanza a las comunidades marginadas para acceder a mejores oportunidades de desarrollo económico-social de forma equitativa. Además, tiene a su haber mostrarle a la sociedad su capacidad para participar en los procesos políticos-decisionales en los asuntos que afectan a su comunidad.

En el momento en que se creó la Oficina, la tasa de pobreza de Puerto Rico rondaba el 58% de la población. Dentro de este grupo, resultaban particularmente afectados los niños y jóvenes que experimentaban una tasa de pobreza que alcanzaba el 66%. Además del peso que impone a las personas la condición de pobreza, las comunidades enfrentaban múltiples situaciones que no se cuantifican en los censos, pero que son vividas por sus residentes tales como: la infraestructura deficiente o inexistente, la falta de servicios esenciales, condiciones ambientales y viviendas inadecuadas, entre otros.

La Ley 1 del 1 de marzo de 2001, conocida como la Ley para el Desarrollo Integral de las Comunidades Especiales de Puerto Rico, según enmendada, estableció una nueva política pública para dar atención al problema de la pobreza. Además, crea los mecanismos para atender las necesidades de la población que no participa de los beneficios del desarrollo socioeconómico alcanzado en el país, y que enfrentan situaciones de desigualdad y marginalidad. Superar estas situaciones mediante el apoderamiento y autogestión de los grupos comunitarios es parte de la misión de la OCE. Para ello, ejerce un rol de capacitador, promotor, facilitador y colaborador, para eliminar barreras, establecer incentivos y crear las condiciones y mecanismos que les permita a las comunidades asumir exitosamente su desarrollo personal y comunitario.

Para efectos de articular la acción programática, la Ley delegó en un Consejo Asesor el establecer los indicadores y criterios para determinar lo que constituye una *comunidad especial*. Esta se define como un sector delimitado geográficamente donde prevalecen familias de escasos recursos y con acceso desigual a los beneficios del desarrollo económico y social que disfrutaban otros grupos poblacionales del país.

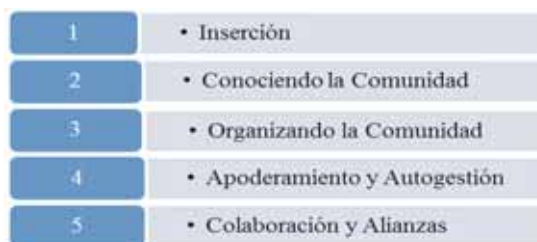
---

<sup>1</sup> Coordinadora General Oficina para el Financiamiento, Socioeconómico y la Autogestión, mlriveragrajales@gmail.com • 787-977-7060

Asociado a esta definición se elaboraron un total 12 indicadores. Con el propósito de guiar el proceso de selección, en consulta con los alcaldes, se identificaron y evaluaron aquellos sectores que presentaban al menos 6 de los 12 indicadores. Como resultado de este proceso, es que se estableció un inventario inicial de 686 comunidades especiales. Con el transcurso del tiempo, esta cifra ha aumentado y al presente contamos con 742 comunidades especiales. A continuación, se presentan los 12 indicadores:

1.	Alta tasa de deserción escolar
2.	Alta tasa de analfabetismo
3.	Alta proporción de personas viviendo bajo el nivel de pobreza según establecido por el Gobierno federal
4.	Núcleos familiares donde predomina un solo jefe de familia como único sustento
5.	Alta tasa de desempleo
6.	Largo historial de problemas ambientales
7.	Ausencia o deficiencia en la provisión de servicios públicos básicos: escuelas, correo, transportes, recogido de basura
8.	Pocas destrezas laborales de los residentes
9.	Ausencia total o parcial de infraestructura y de servicios básicos, tales como sistema de energía eléctrica, acueducto y alcantarillado, calles y aceras pavimentadas y existencia de áreas de recreación
10.	Alta proporción de viviendas en condiciones inadecuadas
11.	Ausencia de títulos de propiedad
12.	Alta concentración de problemas psicosociales tales como: adicciones, problemas de seguridad y violencia doméstica

Como parte de los esfuerzos de generar los procesos de desarrollo socio-económico de las comunidades, la Oficina implementó un modelo de trabajo concebido a través los siguientes componentes:



Es a través del componente Conociendo la Comunidad que los grupos comunitarios llevan a cabo una encuesta para obtener el perfil socioeconómico que le ayude en su proceso de introspección y análisis de la realidad que viven. Cabe señalar que la elaboración del perfil permitió obtener información para guiar los procesos de conocer y reconocer su realidad y articular planes de trabajo. Al mismo tiempo, sirve como herramienta para estimular y fomentar la participación ciudadana para fortalecer los grupos comunitarios en camino hacia el apoderamiento y la autogestión. Luego del Censo de Población y Vivienda como fuente, esta encuesta social ha sido el esfuerzo más abarcador que realiza el Gobierno de Puerto Rico para obtener datos demográficos y socioeconómicos e identificar los problemas y necesidades percibidos por las comunidades.

Como resultado de este esfuerzo, la OCE pudo analizar información valiosa en torno a la realidad de las comunidades especiales. Actualmente, la Oficina ha encaminado esfuerzos para actualizar la información obtenida en el año 2003. Por lo tanto, a modo de brindar un cuadro de referencia que facilite comparar los resultados, presentamos a continuación los hallazgos más relevantes sobre las comunidades especiales:

- Albergan una población estimada de 454,523 personas en 164,364 unidades de viviendas;
- El 38.7% de las familias están encabezadas por una mujer;
- La tasa de analfabetismo se estimó en 6.6%, siendo el 55.4% personas mayores de los sesenta años de edad;
- El 14.2% posee algún grado de educación universitaria;
- La tasa de participación laboral es de un 40.7%, y la de desempleo es de un 28.9%;
- El 37.7% de las familias tienen un ingreso mensual menor a los \$500.00; el 27.2% entre \$500.00 y \$1,000.00 y el 23.4% reportan ingresos mayor a \$1,000.00;
- El 64.2% de las personas participa del Programa de Tarjeta de Salud del Gobierno y el 31.2% recibe ayuda del Programa de Asistencia Nutricional;
- Los principales problemas y situaciones sociales percibidos por los residentes son: desempleo (80.3%); uso de drogas



(66.5%); poca seguridad (57.8%); abuso del alcohol (54.0%) y  
transportación pública inadecuada o inexistente (49.5%) y

- El 72.16% de las familias poseen casa y terreno propio.

De los hallazgos encontrados en términos de infraestructura y ambiente, podemos decir que las comunidades especiales carecen del acceso a oportunidades y a los ámbitos decisionales. También carecen de la infraestructura física adecuada igualmente necesaria para propiciar proyectos que fortalezcan la vida comunitaria y la base económica de las comunidades. Los principales problemas percibidos fueron:

- Necesidad de viviendas (70.6%);
- Necesidad de alcantarillado pluvial (68.1%);
- Viviendas en malas condiciones (67.3%);
- Carreteras en malas condiciones (60.4%);
- Viviendas que no tienen alcantarillado sanitario (62.9%) y
- El 56% (410) de las comunidades manifestaron situaciones o problemas por la falta de sistemas de alcantarillado sanitario.

Cabe señalar que estas comunidades sin alcantarillado se encuentran ubicadas alrededor de toda la Isla y se componen de 85,706 viviendas y una población estimada en 243,167 personas con una tasa de participación laboral promedio de 41.7% y una tasa de desempleo promedio de 29.7%.

La Oficina, aunque se estableció como un proyecto eminentemente social, no puede ignorar las pobres condiciones de salubridad que enfrentan las comunidades especiales. Es por eso que en conjunto con el Fideicomiso Perpetuo de las Comunidades Especiales, el Departamento de Transportación y Obras Públicas, el Departamento de la Vivienda y los Gobiernos Municipales, se desarrollaron 46 proyectos de mejoras y construcción de alcantarillados sanitarios en comunidades especiales. La inversión realizada bajo este esfuerzo alcanzó la cantidad de \$8,097,514 millones. Esta inversión, aunque limitada en relación a los recursos necesarios para atender las necesidades de todas las comunidades, viabilizó proyectos en 28 municipios. Los municipios beneficiados con la mayor cantidad de proyectos fueron: Loíza (5), San Juan (4), Bayamón (4) y Fajardo (3).

## Lecciones aprendidas y recomendaciones

Es cierto que las comunidades requieren la intervención del Estado en los asuntos inherentes a su función, como lo es el desarrollo de infraestructura. Pero también es cierto que esta interacción debe darse desde unos espacios que propicien la comunicación y el intercambio de información, particularmente en los asuntos técnicos como el financiamiento y la transparencia en la utilización de los fondos públicos.

A raíz de las experiencias y lecciones aprendidas, entendemos que el éxito de los proyectos de infraestructura sanitaria requiere promover e implantar un enfoque de planificación participativa. Es necesario que las comunidades receptoras sean partícipes tanto de la planificación, como del seguimiento de los proyectos. Como parte de ese proceso de planificación participativa es imprescindible la valoración de su entorno. La apertura hacia una metodología de trabajo que incorpore los conocimientos, las experiencias y las expectativas de las comunidades redundará en el apoderamiento de los proyectos por la comunidad y, por ende, mejores perspectivas de éxito. Se requiere además de un proceso educativo para estimular la participación y el diálogo entre las comunidades y las distintas instancias del gobierno. De forma tal, que se pueda divulgar y educar sobre los beneficios sociales y ambientales que estos proyectos proveen a corto y largo plazo.

Finalmente, nuestro llamado a las distintas agencias que manejan los asuntos de infraestructura es que se eduquen para conocer y entender los derechos de las comunidades y sus residentes. Desde la perspectiva de equidad y respeto, es importante ser partícipes de los asuntos que les afectan tanto a la vida personal como a la colectiva. La meta es lograr una relación de socios inversionistas que redunde en acciones concretas para resolver y lograr los cambios que requiere el país.

---

<sup>1</sup>La Dra. María Lourdes Rivera Grajales posee un doctorado en Análisis y Administración de Política Social. Actualmente es Coordinadora General de la Oficina para el Financiamiento Socioeconómico y la Autogestión. Fungió como Directora Ejecutiva de la Compañía para el Desarrollo Integral de la Península de Cantera y la organización sin fines de lucro Apoyo Empresarial para la Península de Cantera. Previo a esto tuvo experiencias de trabajo con diferentes organizaciones de base comunitaria en Puerto Rico.

## COMUNIDADES QUE CARECEN DE ALCANTARILLADO SANITARIO: TALÓN DE AQUILES DE LA SALUD PÚBLICA PUERTORRIQUEÑA

*Carl-Axel P. Soderberg, PE<sup>1</sup>*

La Autoridad de Acueductos y Alcantarillados (AAA) provee agua potable al 97% de la población. Al 3% restante de la población, la AAA no puede llevarles agua potable. Estas comunidades son conocidas como Non-PRASA alusivo a los Sistemas de Acueductos Comunitarios Independientes a la AAA. De esta relación porcentual es que sale el 54% de la población que está sin servicio de alcantarillado sanitario. El mapa que se presenta a continuación muestra la cantidad de personas que carecen de servicios de alcantarillado convencional en Puerto Rico (Figura 1).

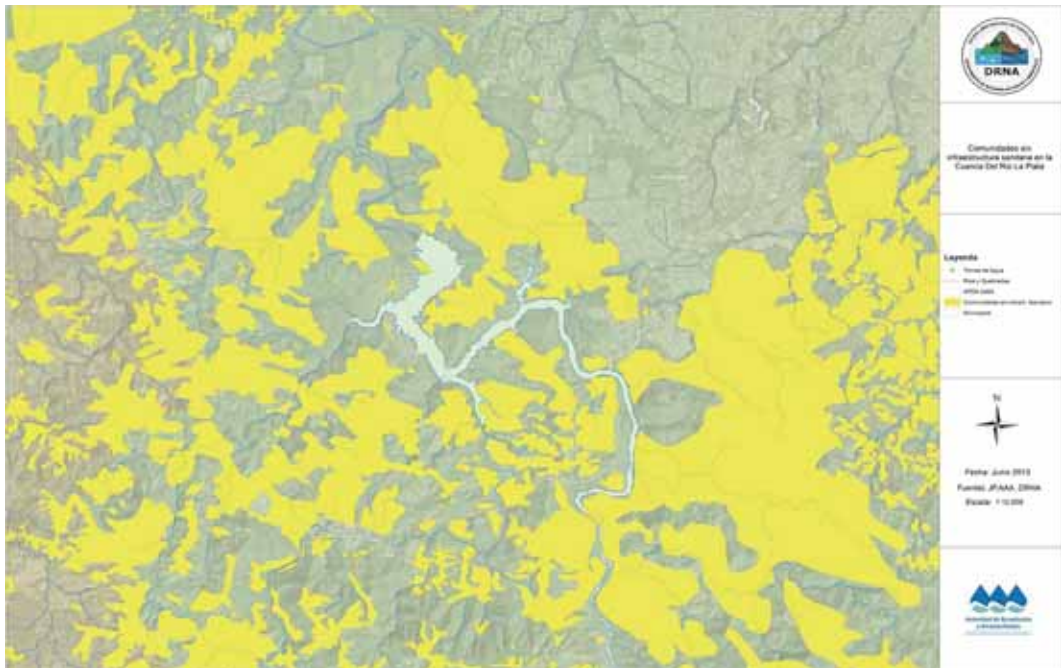
Si usted tiene un pozo séptico que está debidamente diseñado y construido y el terreno es el adecuado según el criterio de diseño, pues eso es perfectamente correcto y adecuado. El problema es cuando no se diseña o no se construye adecuadamente, como la mayoría de los casos en Puerto Rico. Ahora bien, ¿dónde están ubicadas las comunidades sin alcantarillado sanitario convencional? El color anaranjado en este mapa indica dónde están ubicadas las comunidades sin alcantarillado convencional (Figura 1).



*Figura 1.* Comunidades sin alcantarillado sanitario (color anaranjado) en Puerto Rico.

<sup>1</sup> Coordinador iniciativa EPA/AAA, Comunidades Sin Alcantarillado  
carl.soderberg@acueductospr.com • 787-620-2277 ext. 2080

Un estudio realizado por un Comité Interagencial (Departamento de Salud, la Agencia Federal de Protección Ambiental (EPA, por sus siglas en inglés), la Junta de Calidad Ambiental (JCA), el Departamento de Recursos Naturales y Ambientales (DRNA) y la Autoridad de Acueductos y Alcantarillados (AAA), investigó los sistemas de alcantarillado sanitarios no convencionales de las edificaciones o viviendas construidas aguas arriba de las represas de Carraízo y La Plata. Estas dos represas suplen el 40% del agua potable a los puertorriqueños. El Comité Interagencial encontró que el 90% de pozos sépticos no funcionan apropiadamente. Esta realidad se traduce en malas noticias, porque estos resultados indican que estos sistemas se construyeron mal o el terreno no era el adecuado o no tienen los permisos requeridos o todas las anteriores.



*Figura 2.* Comunidades sin alcantarillado sanitario (color amarillo) alrededor del embalse La Plata.

La Figura 2 muestra el embalse La Plata. Lo que está en amarillo son comunidades sin alcantarillado sanitario convencional. La Figura 3 muestra el embalse Carraízo, en la cual el color anaranjado representa a las comunidades sin alcantarillado sanitario. Eso es impresionante porque estas represas suplen agua a casi la mitad del área metropolitana. Si fuéramos a extender el servicio de alcantarillado convencional a estas comunidades, ¿hasta dónde podría dar el presupuesto de la Autoridad? La viabilidad resultó ser un 9%. Y eso quiere decir que un 45% de la población nunca tendrá servicio de alcantarillado convencional. Tenemos que tener eso claro, porque entonces hay que buscar alternativas y no seguir pensando en un alcantarillado tradicional.



*Figura 3.* Comunidades sin alcantarillado sanitario (color anaranjado) alrededor del embalse Carraízo.

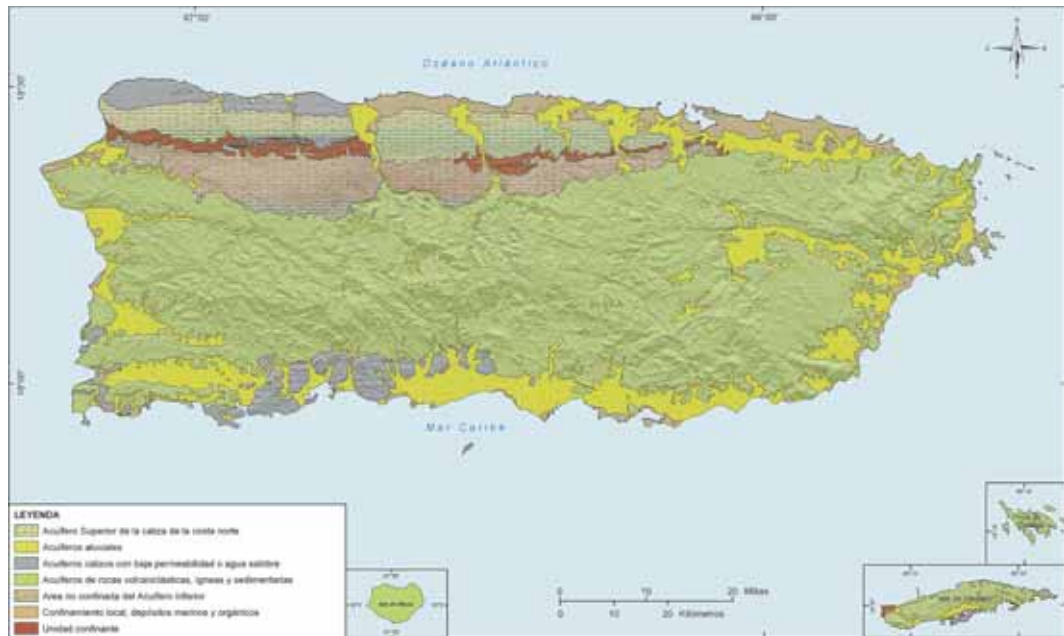
## **Agravantes**

La situación es precaria, y con algunos agravantes. La capacidad de nuestros cuerpos de agua es limitada, debido a que son menos caudalosos si lo comparamos con los ríos en los Estados Unidos. Otro agravante es la baja calidad de nuestros

cuerpos acuáticos. Y por eso es que la Autoridad de Acueductos y Alcantarillados tiene que gastar más dinero para llevar agua que sea potable y que cumpla con los requisitos estatales y federales. Así también, la densidad poblacional de Puerto Rico representa otro agravante. Si Puerto Rico fuera soberano sería dentro de las Américas el segundo país más densamente poblado. Dentro del sistema de los Estados Unidos, somos el número 3, segundo Rhode Island y New Jersey. A nivel mundial somos el número 19. No queremos estar en esa estadística.

Esto significa que en Puerto Rico cada lugar está habitado y hay potencial desecho de aguas usadas, sin tratamiento, que fluyen por doquier y que no hay lugares prístinos. A esto le sumamos, las 270 comunidades Non-PRASA que obtienen agua para beber de ríos y quebradas. Algunos usan pozos, pero esos pozos están influenciados por las quebradas, y esa puede ser una fuente de contagio por bacterias asociadas a descargas sanitarias. Así que si el río o la quebrada está contaminada con coliformes fecales, pues hay problemas potenciales de salud. Otras áreas son inundables, y sabemos que en esos lugares no se puede construir, pero se construye. Por ejemplo lugares como el Caño Martín Peña, el cual se estableció sobre humedales y parte del caño. Allí usted no puede cavar para poner un alcantarillado tradicional porque el nivel freático es alto, a un pie de profundidad ya se encuentra agua. Entonces, hay que buscar otra solución.

El caso de la zona cársica (Figura 4) tiene otros retos, pues esta área es altamente permeable y todo lo que se descargue allí va a parar a los acuíferos. Entonces hay que buscarle otra solución. Uno pensaría que el agua subterránea es la más pura, pero hasta allí pueden llegar las descargas sanitarias y ser fuente de coliformes fecales. Y el problema no es solamente construir sobre los acuíferos, sino que hay zonas de recargas que están monte arriba. Esas zonas de recargas suplen los acuíferos que llaman artesianos. Estos son los más profundos y que por estar profundos, se alega que el agua es más pura. Sin embargo, no se puede olvidar que si hay comunidades que están construidas en esas áreas de recarga con sistemas sanitarios deficientes van a descargar aguas usadas al acuífero.



*Figura 4.* Mapa de la zona cársica en Puerto Rico.

¿Y cuál es el impacto de estas descargas de aguas usadas sobre la calidad de los cuerpos de agua? Según los datos de la JCA del año 2010, el grado de cumplimiento de las aguas superficiales era un 10% (Figura 5). Está comprobado que un 60% no cumple, el otro 30% aunque hay datos, no son estadísticamente confiables. Durante el verano de 2013, los periódicos del país han destacado informes de la Junta de Calidad Ambiental en la que destacaron que existe una serie de ríos y quebradas que están contaminadas. La situación de los embalses es que el 99% no cumplen, y la mayor parte del agua que extrae la AAA para que nosotros la bebamos es de los embalses. Por lo tanto, tiene que gastar más en los tratamientos.

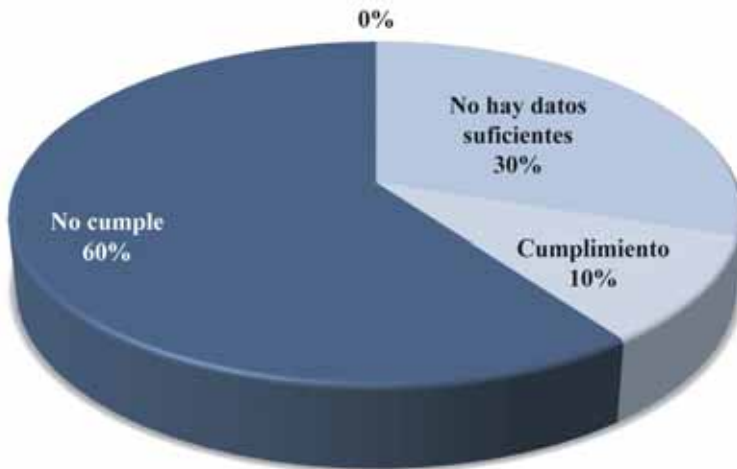


Figura 5. Calidad de agua en los cuerpos de ríos y quebradas.

En el caso de las aguas costaneras el 9% está en cumplimiento (Figura 6). Además, quería mencionarles que la JCA notificó en julio 2013 que 12 balnearios no cumplían con los criterios de calidad de agua debido a la contaminación. Y ¿qué es lo que la JCA mide para determinar la contaminación? En el caso de las playas, son coliformes totales. No hay duda que son aguas usadas sin tratar la fuente que está causando la contaminación y se origina en las comunidades que no tienen alcantarillado, que están descargando aguas usadas que llegan a ríos, a las costas y llegan a las playas. Esto trae consigo impactos ecológicos. Los medios destacaron en agosto del 2013 un evento relacionado con la mortandad de manatíes y pelícanos en el estado de la Florida atribuido a descargas de pozos sépticos construidos inadecuadamente. El professor investigator Dr. Brian Lapointe, del Harbor Branch Oceanographic Institute de Florida Atlantic University, mencionó que *“most came from sewage – most likely from the 100,000 or so septic tanks that he estimated were dug during Brevard’s rapid expansion”*. Todo esto causa un gran impacto a la salud pública. Han ocurrido brotes de gastroenteritis y giardiasis. También existe el potencial de brotes de *Cryptosporidium* y *Cyclospora*, las cuales son resistentes a los procesos de cloración.



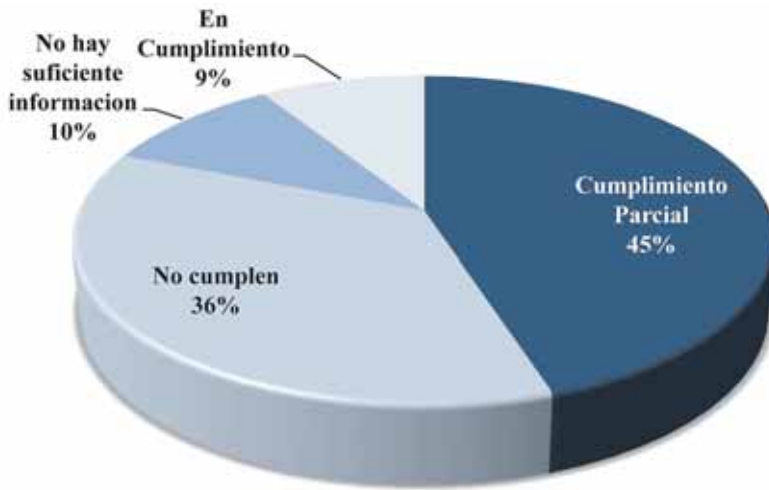


Figura 6. Calidad de agua de las zonas costeras en Puerto Rico durante 2010.

### **Estrategias y recomendaciones**

Existen estrategias para manejar la población sin alcantarillado como el programa de concienciación pública con relación al problema y las soluciones. Al realizar nuevas construcciones, existe regulación apropiada para los sistemas individuales, aplicación de estas regulaciones y penalidades. Para las comunidades existentes, hay que hacer un inventario de las comunidades sin alcantarillado, clasificar las comunidades en grupos con características similares, determinar los costos estimados para resolver el problema, establecer prioridades, implementar sistemas pilotos en las comunidades de cada tipo, y promover “adoptar una comunidad” por el sector privado. Hay que mencionar que existen alternativas a pozos sépticos como: sistemas de alcantarillado al vacío, sistemas de alcantarillado brasilero denominado “condominio”, montículos con tierra apropiada para filtración (*mound system*), tratamiento con mangles y humedales, biofiltro con materiales de empaque orgánicos (México) y la planta BIOSTAR desarrollada por el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

Hay que buscar fondos para poder resolver esta situación tan apremiante. Algunas fuentes de fondos son las siguientes las cuales se discuten en otras ponencias:

- Fondos recurrentes de EPA asignados para infraestructura sanitaria (administradas por la JCA)
- Obtener fondos a través de proyectos ambientales suplementarios (EPA)
- Obtener fondos provenientes del departamento de Housing and Urban Development (HUD) y Rural Development
- Obtener fondos de la Tarifa Especial de la AAA para comunidades Non-PRASA
- Aunemos esfuerzos para afrontar la amenaza más grande a la salud pública que tiene nuestro Puerto Rico.

---

<sup>1</sup>El ingeniero Carl A. Soderberg dirigió durante 16 años el Programa de Control de Contaminación de las Aguas en la Junta de Calidad Ambiental de Puerto Rico. Laboró en la Autoridad de Acueductos y Alcantarillados (AAA) donde implantó el Programa de Pre-tratamiento Industrial. También dirigió durante 20 años la División del Caribe de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos. Al momento de esta conferencia era el coordinador de la iniciativa comunidades sin alcantarillado destacado en la AAA para desarrollar un Plan de Uso Sustentable del Agua y un Programa de Saneamiento para la población que reside en áreas donde no es viable construir alcantarillado convencional.

## DISPOSICIÓN DE AGUAS USADAS Y SU IMPACTO A LA SALUD

*Natalio Izquierdo Encarnación, MD<sup>1</sup>*

Situaciones como las que se han presentado en este simposio son las que nos llevan hoy a discutir el tema de infraestructura sanitaria y su impacto en la salud. Tenemos que autoevaluarnos y aprender sobre lo que está pasando en países cercanos. Debemos conocer nuestra situación actual para mirar al futuro e identificar y poner en práctica nuevas oportunidades de desarrollo.

Definitivamente nuestra situación con respecto a la calidad del recurso agua es compleja. Esto tiene efectos, obviamente, en la economía médica y otros aspectos sobre la salud pública, lo cual presento hoy como médico y presidente de la Asociación de Médicos de Puerto Rico (AMPR). Como agravante a la situación de infraestructura que afecta la calidad del recurso agua es también la situación de la mutación de las bacterias. Al mutar, las bacterias desarrollan mecanismos para protegerse y crean resistencia a medicamentos que las destruían en el pasado. Las bacterias han podido desarrollar resistencia a los antibióticos a través de varios mecanismos a nivel celular. ¿Qué quiere decir esto? ¿Qué impacto tiene? Si la población hace uso de las aguas contaminadas con bacterias que han creado resistencia al tratamiento médico, vamos a tener un problema mayor y complicado de salud. Es por eso que tenemos que trabajar para mejorar la infraestructura sanitaria que permita asegurar la calidad del recurso agua. De esta forma, podremos evitar que la población entre en contacto con aguas contaminadas y su potencial efecto a la salud.

Un ejemplo de esta preocupación es cómo los medios noticiosos reseñaron durante el verano del 2013 que decenas de ríos en la Isla están contaminados con coliformes fecales, específicamente con *Escherichia coli* (*E. coli*). A manera de información general, esta bacteria obtuvo el nombre por Theodor Escherich, quien hizo el descubrimiento. Luego, los bacteriólogos le dieron el nombre *coli* porque afecta el intestino o el colon. Lo importante es que entendamos, como ciudadanos, que los coliformes fecales son un indicador que determina si el agua está apta para su uso y para consumo. No debemos estar bebiendo agua contaminada y la población, especialmente nuestros niños, no deben de estar bañándose en esos cuerpos de agua. Como médico, me preocupa ver cómo las personas se bañan y pescan en la desembocadura del río de Luquillo, por ejemplo. Esta situación se repite en muchos

---

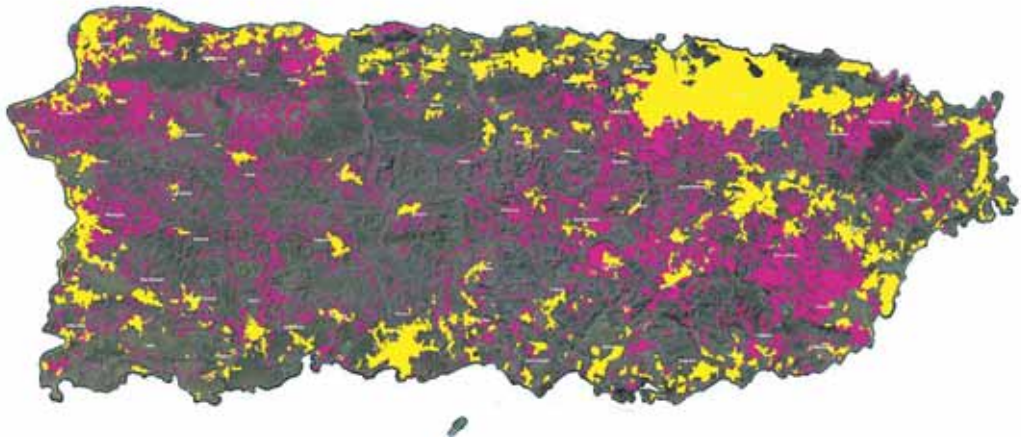
<sup>1</sup>Presidente, Asociación Médica de Puerto Rico  
secretaria@asocmedpr.org • 787-721-6969

estuarios en Puerto Rico sin conocer la calidad del agua. Así que eso es algo que debiéramos analizar con detenimiento.

Durante el verano del 2013, la Junta de Calidad Ambiental (JCA) notificó la pobre calidad del agua en nuestras playas y cómo puede afectar la salud del pueblo. La JCA le notificaba al pueblo que 29 balnearios alrededor de la Isla no eran aptos para ser utilizados por los bañistas, debido al efecto de la gran cantidad de lluvia que tuvimos en los meses previos. Otra noticia reciente que respalda este argumento es la situación de las muertes de pacientes en el hospital del municipio de Carolina, causado por bacterias resistentes.

¿Qué otro impacto tienen estas noticias sobre nosotros? Pues, imagínense ¿cuántos turistas llegarían a la Isla con noticias como estas? Así que esto es importante para el turismo. ¿Queremos mejorar el turismo en Puerto Rico?, tenemos que mejorar la calidad de las aguas.

Observando el mapa de Puerto Rico de infraestructura sanitaria (Figura 1), resulta interesante ver lo que está pasando en el centro de la Isla. Las áreas violetas, donde no hay sistema de alcantarillado, son poblaciones del centro de la Isla que están aisladas geográficamente y a su vez, aisladas desde el punto de vista



*Figura 1.* Distribución de infraestructura sanitaria en Puerto Rico (color púrpura sin alcantarillado).

de la infraestructura sanitaria en Puerto Rico. El 90% de los sistemas de pozos sépticos están localizados aguas arriba de las represas que tenemos para el área Metropolitana de San Juan y la represa La Plata, y el 90% de estos sistemas no funciona apropiadamente afectando las aguas de los ríos y quebradas. En cuanto

a los embalses, la calidad de las aguas tampoco cumple. La situación en las aguas costeras esta en deterioro, no cumple. Entonces la pregunta que nos debemos hacer es ¿Esta agua está buena para tomar en nuestras casas? La respuesta es sí. Se sabe que el agua que nos provee la Autoridad de Acueductos y Alcantarillados (AAA) cumple con los estándares de calidad. Pero, ¿cuál es el impacto sobre la economía de la salud?, ¿cuál es el efecto de la calidad de vida de las familias?, ¿cómo está la salud intestinal?, ¿cuántos pacientes se están hospitalizando por gastroenteritis? Nos preguntamos por qué en Puerto Rico hay tanta gastroenteritis y no lo sabemos.

Para concluir, quiero recalcar que los problemas de salud asociados a la infraestructura sanitaria provienen de la gente que, sea la razón que sea, no tienen un sistema de alcantarillado y descargan al río. Las consecuencias a la salud cuando las personas entran en contacto directo con estas aguas es principalmente la gastroenteritis. Aunque la bacteria principal es la *E. coli*, también existen otras bacterias que afectan la salud pública y es una situación de salud que se puede prevenir.

---

<sup>1</sup>El Dr. Natalio Izquierdo preside la Asociación Médica de Puerto Rico (AMPR). Es asesor de estrategia política para la Junta de Directores del Comité de Acción Legislativa de la Sociedad Puertorriqueña de Oftalmología. Además, es Director del Comité de Relaciones Profesionales de la Pan-American Association of Ophthalmology (PAAO) y representa a Latinoamérica en el Departamento de Estado de la Academia Americana de Oftalmología. El Dr. Izquierdo es catedrático en el Departamento de Cirugía del Recinto de Ciencias Médicas donde realiza investigación, y enseña el curso de Ética Médica. Su pasión por la enseñanza lo llevó a publicar su libro titulado *Oftalmología para los Médicos Primarios* y crear un programa televisivo de salud *En Cuerpo y Alma*. También, escribe artículos de salud para el periódico *El Visitante* y fundó el canal cibernético AMPRtube para educar sobre los temas de salud a través de los medios sociales.

## INICIATIVA LEGISLATIVA PARA PROTECCIÓN DE CUENCAS

*Hon. Cirilo Tirado Rivera, Senador por acumulación<sup>1</sup>*

Iniciaré mi ponencia explicando lo que es una cuenca hidrográfica. Una cuenca hidrográfica es un área de terreno por donde discurren las aguas superficiales hacia un punto en común, ya sea un río o quebrada. También, se conoce como un área de captación o área de terreno de donde provienen las aguas de un río o quebrada, lago, laguna, humedal, estuario, embalse, acuífero, manantial o pantano. Si nos preguntamos ¿cómo funcionan las cuencas hidrográficas?, estas funcionan como un gran recipiente (área de captación) o drenaje que recoge el agua de lluvia debido a los cambios en elevación del terreno, que controla la dirección de la escorrentía. De ahí el agua vuelve al mar, a la atmósfera, o es almacenada en los suelos y acuíferos a través de un proceso conocido como ciclo hidrológico. Las cuencas hidrográficas son importantes y se requiere protegerlas porque albergan una gran diversidad de flora y fauna, y proveen un sinnúmero de servicios a la humanidad. La protección de las mismas es necesaria para asegurar la calidad de agua y el suministro de agua a la población. También, para proteger la calidad de vida de nuestros residentes y del ecosistema, prevenir las pérdidas de propiedad, generar energía hidroeléctrica, y para la recreación. Muchos de estos factores biológicos, sociales, culturales y económicos se entrelazan y deben ser considerados al momento de tomar decisiones referentes a las cuencas hidrográficas.

¿Cómo se ven afectadas nuestras cuencas? Obviamente la deforestación, escorrentías y diversas acciones antropogénicas, y por la naturaleza en sí. El 11% de nuestra Isla está cubierta por zonas urbanas o superficies edificadas. El desarrollo desmedido en Puerto Rico ha ocasionado un alto grado de dispersión de más del 40% y la mitad de dicho desarrollo se ubica fuera de los centros urbanos. Hemos cambiado el patrón de construir en los centros urbanos y se ha promovido el desarrollo fuera de estos afectando esas áreas por mala planificación y, por diversos factores a nuestras cuencas hidrográficas. Como resultado, se han inutilizado más de una cuarta parte de las mejores tierras agrícolas y se han afectado las cuencas hidrográficas causando la reducción de los espacios abiertos. Todo esto es parte de la mala planificación que tenemos en el país.

Puerto Rico tiene 134 cuencas hidrográficas principales (Figura 1) de las cuales 54 son cuencas mayores, las cuales aportan todas sus escorrentías al flujo de

---

<sup>1</sup> Presidente de la Comisión de Recursos Naturales, Ambientales y Asuntos Energéticos del Senado de Puerto Rico. cirilosen@gmail.com • 787-724-2030 ext. 2794

un río principal. Además, posee 10 cuencas menores cuya área de drenaje (desague) es a una quebrada o caño único de rango menor. Por otro lado, tenemos 70 áreas costeras que carecen de una red hidrográfica definida y hay que considerarlas. La Figura 2 muestra las cuencas hidrográficas principales y secundarias de Puerto Rico. La Tabla 1 resume la situación que presentan algunos de los cuerpos de agua dentro de las cuencas hidrográficas, ya que en ellos se localizan embalses que suplen el agua que la Autoridad de Acueductos y Alcantarillados (AAA) potabiliza. Se han identificado los pozos sépticos y las actividades agrícolas como las principales fuentes de contaminación de estos cuerpos de agua. En cuanto a la contaminación por bacterias, se encuentran las de origen fecal, mientras que para la contaminación por nutrientes tenemos al fósforo y nitrógeno.



*Figura 1.* Diagrama de las 134 regiones hidrográficas principales de Puerto Rico

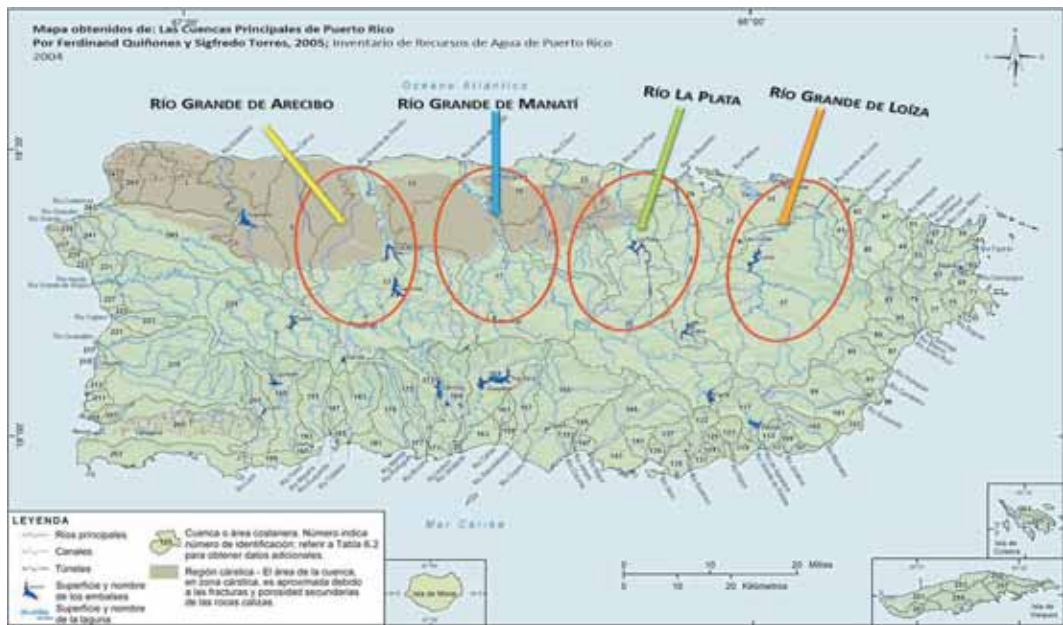


Figura 2. Mapa de las cuencas hidrográficas más importantes de Puerto Rico.

Tabla 1

*Calidad de agua en los ríos con embalses en Puerto Rico\**

Río / Cuencas	Embalses	Uso	Calidad de Agua	Niveles de Sedimentación
Río Grande de Arecibo	Caonillas, Dos Bocas y Garzas	Doméstico, recreativo y control de inundaciones	Condiciones variables, presencia de bacterias que exceden los estándares de la JCA.	Considerable
Río Grande de Manatí	Guineo y Matrullas	Agrícola	Generalmente cumple con los estándares del Departamento de Salud (DS)	Moderado
Río La Plata	La Plata, Carite, Comerío I y II	Doméstico y recreativo	Cumple con los estándares del DS y de la JCA.	Bajo
Río Grande de Loíza	Carraízo	Doméstico	Varía desde excelente a pobre en cuanto a los estándares del DS y la JCA.	Alto
Río Jacaguas	Toa Vaca y Guayabal	Doméstico y recreativo	4% cumple con los estándares para bacterias de la JCA.	Alto



Río Bucaná	Cerrillos y Portugués	Doméstico, recreativo y control de inundaciones	Variable, de media a pobre. Contaminación por bacterias fecales.	Bajo
Río Guajataca	Guajataca	Doméstico, recreativo y agrícola	39% cumple con los estándares de la JCA.	Bajo

\*Información obtenida del Inventario de Recursos de Agua de Puerto Rico (2004)

Vamos a hablar un poco de las leyes vigentes que más o menos tienen que ver con el tema de las cuencas hidrográficas. Entre ellas se encuentra la Ley Orgánica del Departamento de Recursos Naturales y Ambientales (Ley Núm. 23 del 20 junio de 1972). Esta transfirió al Departamento de Recursos Naturales y Ambientales (DRNA) las facultades conferidas al Departamento de Agricultura, en lo relativo a la elegibilidad de los beneficios de la Ley Federal para la Protección de Cuencas Hidrográficas y Prevención de Inundaciones. También, la Ley Núm. 40 del 15 de mayo de 1974, que autoriza al Secretario del DRNA a contratar con las agencias estatales y federales en Puerto Rico o transferir a ésta los fondos de esta Ley, para la protección de las cuencas hidrográficas y para el estudio de la conservación y desarrollo de los recursos de agua. La Ley Núm. 136 del 3 de junio de 1976, es la Ley para la Conservación, el Desarrollo y Uso de los Recursos de Agua de Puerto Rico. Esta adopta como tal la reglamentación necesaria sobre usos y áreas de usos de los cuerpos de agua, caudal que podrá utilizar cada cuerpo, forestación de áreas ribereñas, de ríos, lagos, lagunas y represas, recuperación de las tierras, rescate de áreas anegadas, y otros. Además, está la Ley Núm. 103 de 30 junio de 1998 que transfiere al DRNA los beneficios de la Ley Federal para la Protección de Cuencas Hidrográficas y Prevención de Inundaciones, y los fondos relativos a las adquisiciones y mejoras permanentes sobre control de inundaciones en las cuencas hidrográficas y la adquisición de terrenos para los bosques, para la protección de las cuencas hidrográficas y para el estudio de la conservación y desarrollo de los recursos de agua. Le sigue la Ley Núm. 183 de 27 de diciembre de 2001 que es la Ley de Servidumbre de Conservación de Puerto Rico, la cual establece que la servidumbre de conservación podrá constituirse, entre otros, para proteger las cuencas hidrográficas. La Ley Núm. 49 de 4 de enero de 2003, establece la política pública sobre la prevención de inundaciones en Puerto Rico, la conservación de ríos y quebradas y la dedicación a uso público de fajas verdes.

Continuamos con la Ley Núm. 302 del 15 de septiembre de 2004 que adscribe a la Junta de Planificación una División de Geología e Hidrogeología, la cual promueve el desarrollo de estrategias y planes integrales para el manejo y

conservación de cuencas hidrográficas. Así también, la Ley Núm. 408 de 22 de septiembre de 2004 establece que el Secretario del DRNA dispondrá parte de los fondos generados de las franquicias de agua para programas de investigación de recursos de agua, en cooperación con el United States Geological Services (USGS). Dispone a su vez que deben incluir en sus informes anuales datos sobre la calidad de las aguas en las cuencas principales, entre otros. Por su parte, la Ley Núm. 416 de 22 de septiembre de 2004 sobre Política Pública Ambiental nos indica que el Presidente de la Junta de Calidad Ambiental tramitará un informe sobre la calidad del medio ambiente y planes de manejo de las cuencas. La Ley Núm. 550 del 1 de octubre de 2004 establece la Ley para el Plan de Uso de Terrenos del Estado Libre Asociado de Puerto Rico, en la cual utilizan unidades de planificación, tales como, pero sin limitarse a las cuencas hidrográficas. En este punto quiero expandir en cuanto a esta Ley porque en el 2004 yo fui autor de la misma. Estamos en el año 2013 y, pronto le celebraremos los 10 años, y no tenemos un plan de uso de terrenos en Puerto Rico. Como miembro de la Asamblea Legislativa, llevo 10 años consecutivos presionando a los diversos gobernadores o gobiernos que han pasado y todavía al día de hoy, cuatro términos después que comencé la misma, no tenemos completado el Plan de Uso de Terrenos. El gobernador de Puerto Rico, el honorable Alejandro García Padilla, prometió que al finalizar el 2013 espera tenerlo y nos reuniremos para hacer una presentación en vista pública sobre lo que contiene.

Continuamos con la Ley Núm. 38 de 14 de julio de 2009, Ley para el Control de Fosfatos en Detergentes, la cual requiere a cualquier persona que fabrique, importe, distribuya, venda o use detergentes de lavado de ropa en el Estado Libre Asociado de Puerto Rico, cumplir con un contenido máximo de fósforo por peso del 0.5%, (según la definición de “Cantidad Traza”), expresado como fósforo elemental. Todavía al día de hoy, no tenemos el reglamento del Departamento de Asuntos al Consumidor (DACO) para manejar este asunto que es bien urgente para poder mejorar la calidad del agua en Puerto Rico y el de nuestros embalses. Es necesario enmendar esta Ley para poder traspasar a la Junta de Calidad Ambiental la autoridad y el deber de hacer cumplir las disposiciones que establece la misma.

Actualmente, en la Asamblea Legislativa, tanto en la Cámara como en el Senado, hay varias medidas en consideración que en una u otra forma, van dirigidas a proteger los aspectos relacionados a las cuencas hidrográficas. Van desde declarar como reserva natural cuerpos de agua para su protección y estudio, así como la aprobación de nuevas leyes. Además, realizar diferentes investigaciones para evaluar el estatus de trabajos de limpieza y planes de canalización de los ríos; evaluar las

condiciones en que se encuentran los ríos, quebradas, lagos, charcas y demás cuerpos de agua; determinar las causas específicas y posibles soluciones a la canalización de los ríos y a la sedimentación de los embalses, entre otras. Algunas de estas medidas legislativas son:

- El Proyecto de la Cámara 220 para declarar Reserva Natural la porción del río Mameyes desde los límites exteriores de El Yunque hasta su desembocadura al oeste del Hotel Westin Río Mar y al este en el barrio Fortuna;
- El Proyecto de la Cámara 470 para Crear la Ley de Apoyo Contributivo para la Conservación de Puerto Rico;
- El Proyecto de la Cámara 849 para crear la Ley del Fideicomiso de Conservación Arqueológica de la Cuenca Hidrográfica del Río Baramay, adscrito al Banco de Desarrollo Económico;
- El Proyecto de la Cámara 383 que autoriza a la Junta de Planificación (JP) en coordinación con la Compañía de Parques Nacionales de Puerto Rico (CPNPR) establecer servidumbres de conservación en la zona kárstica del río Tanamá;
- El Proyecto de la Cámara 814 para declarar como reserva natural el cerro del Cabro en Yabucoa donde nace la cuenca del río Guayanés, y los recursos de las aguas superficiales y subterráneas, y
- La Resolución de la Cámara 89 para llevar a cabo un estudio conjunto encaminado a determinar las causas y posibles soluciones a la sedimentación de los embalses Caonillas y Dos Bocas.

Por otro lado, existen varias medidas que actualmente se están discutiendo en el pleno. Muchas de ellas son estudios vistos en el pasado por la EPA y el DRNA y hasta posiblemente la misma legislatura. Lo que falta es acción y liderato para aprobarlas y que entren en vigor. ¿Cuál es el orden a seguir en términos legislativos? Políticas Públicas y buena planificación. Aquí, el ente gubernamental tiene que ser bien efectivo y agresivo en hacer cumplir las leyes y hacer cumplir los mandatos que tiene a su haber.

A modo de ejemplo, puedo hablarles de la visita que realicé a la urbanización Villa España en Bayamón donde ocurrió un desprendimiento de un mogote. En la

investigación que realizamos se encontró que específicamente las 10 casas afectadas no estaban dentro del plano original de la urbanización que se estaba construyendo allí. El problema consistió en que el dueño de los terrenos como no podían conseguir los permisos de construcción, se fue por un proceso de lotificación. Vendieron por lote y omitieron el proceso de la Junta de Permisos de aquel entonces (hoy Junta de Planificación), y se fueron por lo que anteriormente se conocía como la Administración de Reglamentos y Permisos (ARPE) para poder conseguir los permisos de construcción de cada lote de forma individual. Una de las fallas que encontramos a través de la evaluación de un mapa topográfico y fotos aéreas recientes fue la alteración de la zona de protección del mogote (cuota) la cual fue removida para poder ganar terreno y poder llevar a cabo la construcción de las viviendas. Estas acciones son lamentables y nosotros en la Legislatura tenemos que tomar acción sobre estos asuntos mejorando la efectividad de las leyes y reglamentos. Aunque no tiene que ver directamente con el tema de infraestructura sanitaria, cabe señalar que en el País existe reglamentación para la protección de la zona cársica que es bien importante para proteger las cuencas hidrográficas y nuestro recurso agua.

Tenemos que tomar acciones de aquí al futuro. Las leyes que les mencioné anteriormente hay que atemperarlas a nuestra realidad actual para asegurar la protección de ecosistemas, la conservación así como la calidad y eficiencia del recurso agua. Entre estas acciones cabe mencionar:

Evaluar y actualizar la Ley Núm. 136 del 3 de junio de 1976, titulada como Ley para la Conservación, el Desarrollo, y Uso de los Recursos de Agua.

Fomentar la organización de la División de Monitoreo del Plan de Agua del DRNA.

- Buscar alternativas que coordinen iniciativas con la academia y otros programas de cooperativas;
- Evaluar iniciativas que están siendo implantadas por la academia, el gobierno estatal y federal, entre otros grupos;
- Tomar decisiones fundamentadas para proteger nuestras cuencas, delimitando las zonas de protección hidrográfica y sus usos;
- Permitir el desarrollo económico sin afectar los recursos y
- Revisar, actualizar y proveer los mecanismos para implementar el Plan de Aguas de Puerto Rico.

Quiero presentarles un ejemplo del porqué hay que revisar las leyes y la forma en que actuamos como país. Actualmente, se lleva a cabo un debate ante la Comisión de Recursos Naturales referente a una laguna natural que existía en Guánica. En la década de los años 1930, teníamos una laguna natural similar a la de Tortuguero en Vega Baja. Para ese entonces, el debate era ganar terreno para la agricultura. Se necesitaba terreno para sembrar caña. En aquel momento la solución fue drenar la laguna para ganar terreno. Hoy día, el debate entre varios grupos es, si debemos regresar la zona a su estado original, cerrando la salida de la laguna que se construyó en aquel momento, y permitiendo que ésta regrese a su estado natural. Sin embargo, es bien interesante ver cómo, tanto los opositores como los favorecedores a ese proyecto, tienen estudios hidrológicos e hidráulicos del mismo lugar con unas conclusiones distintas. Cabe señalar que los estudios han sido realizados por múltiples expertos de diferentes especialidades. La pregunta es ¿por qué tenemos resultados diferentes? Entonces, el problema lo tenemos nosotros en la Legislatura porque tenemos que decidir si la dejamos como está o regresamos los terrenos a su estado original. Actualmente, se está sembrando arroz en 300 cuerdas a modo de experimento. Les traigo este debate porque las decisiones que se tomaron en el pasado, así como las que se tomen en el presente, afectan el futuro. Hoy nosotros estamos debatiendo si retomamos nuevamente la agricultura en la zona o le devolvemos a la naturaleza lo que le quitamos y no le damos una opción adicional para generar algún tipo de desarrollo económico sustentable en la zona.

Otro de los aspectos importantes dentro de la actualización de nuestro código legal es la integración de nuestras leyes. Debido a que el Plan de Uso de Terrenos se planifica municipalmente y las cuencas hidrográficas regionalmente, es bien importante integrar el Plan de Usos de Agua al Plan de Uso de Suelo, y la información de las capas hídricas para evaluar y revisar los métodos de planificación. Por otro lado, es necesario promover la revisión y actualización de los mapas topográficos de Puerto Rico. Los mapas topográficos de Puerto Rico fueron realizados en la década de los años 1960 y revisados posteriormente con fotos del año 1977. Con el cambio climático y el aumento en los niveles del mar, los mismos no reflejan nuestra realidad actual. Además, hay que evaluar la necesidad de elevar a rango de ley algunas de las acciones antes mencionadas. Hacer mandatorio la actualización de los métodos de conservación, prevención de inundaciones y calidad de agua.

Otra acción que debemos tomar para proteger nuestras cuencas hidrográficas es promover legislación dirigida a la remoción de asfalto. Hay que

evitar la impermeabilización innecesaria de los terrenos para facilitar la intrusión a nuestros acuíferos, promoviendo la recarga y su función ecológica. Un ejemplo de esto, es la utilización de las cenizas, provenientes de la planta Applied Energy System (AES, por sus siglas en inglés) en Guayama. En un principio estas cenizas iban a ser exportadas o utilizadas como materia prima para el desarrollo de nuevos productos. Sin embargo, países como República Dominicana, Colombia y Estados Unidos de América no las recibieron. Por más de 12 años, estas cenizas han sido utilizadas para relleno en la construcción de carreteras, urbanizaciones y centros comerciales ubicados en las zonas de las cuencas hidrológicas y zonas de acuíferos. Esto representa una fuente de contaminación del recurso agua, por el proceso de percolación en la zona, que pone en riesgo además, la salud humana. Por eso es importante la protección de las cuencas evitando la intrusión de esos elementos contaminantes en algunas de ellas.

Trabajos actuales que estamos viendo en la Comisión:

- Proyecto del Senado Núm. 418
  - Crea el Programa de Ríos Patrimoniales, Ríos de Alto Valor Natural y Ríos Recreacionales de Puerto Rico en el Departamento de Recursos Naturales y Ambientales (DRNA).
  - Faculta a la Secretaria del DRNA y a un Comité Asesor a:
    - Establecer un programa para la identificación de los ríos.
    - Evaluar de qué manera los mismos están siendo impactados.
    - Determinar mecanismos o estrategias que se deben utilizar para mitigarlos.
  - Ninguna entidad del Estado Libre Asociado podrá permitir el desarrollo de actividades que tengan el potencial de afectar la calidad de las aguas de los ríos o de los recursos naturales asociados a éstas.
    - Evitar actividades de construcción, deforestación y remoción de corteza terrestre en áreas que puedan afectar adversamente a las cuencas hidrográficas, como consecuencia de la sedimentación producida.

- El desarrollo de una política pública integral para coordinar adecuadamente los esfuerzos de las agencias Ambientales pertinentes.
- Incluir programas, tales como “Adopta tu Cuenca” de la Agencia Federal de Protección Ambiental.
- Reforestación de las cuencas hidrográficas.
- El desarrollo de una agricultura eco-amigable.
- La protección de las cuencas principales.

---

<sup>1</sup>El Honorable Cirilo Tirado Rivera es graduado de ingeniería ambiental, además de poseer un bachillerato en artes con concentración en matemáticas y ciencia. Fue electo senador por el Distrito de Guayama en el 2000 y revalidó en el 2004. En el 2008 fue electo senador por Acumulación y revalidó en 2012. Está en su cuarto término. En la actualidad, preside la Comisión de Recursos Naturales, Ambientales y Asuntos Energéticos. Es miembro de las Comisiones de Hacienda y Finanzas (Secretario), de lo Jurídico, Seguridad y Veteranos (Secretario), Turismo, Cultura, Recreación y Deportes y Globalización (Secretario), Vivienda y Comunidades Sostenibles, Corporaciones Públicas y Alianzas Público-Privadas y de la Comisión Conjunta sobre Informes Especiales del Contralor (Vicepresidente).

## FONDO DE PROTECCIÓN DE CUENCAS

*Alberto Lázaro Castro, PE<sup>1</sup>*

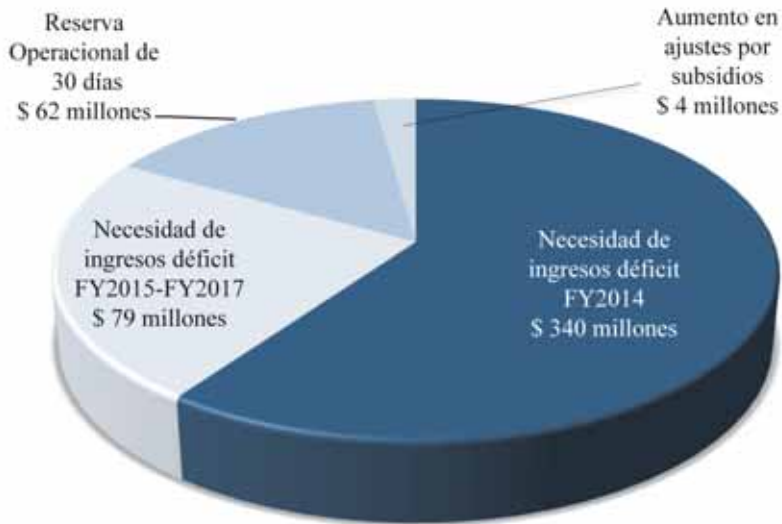
Este foro ha propiciado la discusión en un buen momento, ya que hay que enfrentar los problemas sobre la condición de abastos de agua en Puerto Rico y su calidad. Eso es lo que como servidor público he estado haciendo en la Autoridad de Acueductos y Alcantarillados (AAA). Antes de hablar del tema citado, voy a hablar del tema obligado. Cada vez que puedo, aprovecho el tiempo de foros como este para explicar sobre la nueva tarifa del servicio de agua potable. La tarifa actual de la AAA no es un capricho, no es algo que hacemos por hacerlo o por llevar a cabo más proyectos. Quizás este foro ayude a entender la necesidad tarifaria que surge, en gran medida, a causa de los problemas de infraestructura sanitaria del país.

Para el año 2014, la Autoridad de Acueductos y Alcantarillados (AAA) proyectaba un déficit de 340 millones de dólares (M), que de no tomar acción, se entendía que aumentaría a \$485M para el año 2017 (Figura 1). En el 2009, la AAA presentó ante la Junta de Directores una solicitud de aumento de un 25% a la tarifa, y esta no se aprobó. En cambio, se aprobó un subsidio. Para el año fiscal 2010, la AAA tenía un plan que permitía aumentar la tarifa en pequeños incrementos de hasta un 4.5%. Esto no se logró concretar basado en la política pública de aquel momento que decidió volver a otorgar subsidios. A mitad del cuatrienio, este subsidio se le retiró a la AAA. Es por ello que hubo que hacer una emisión de bonos y tomar prestado dinero para la operación de la AAA; cosa que hoy en día tenemos que pagar. El tomar prestado lo que hizo fue capitalizar el programa de mejoras capitales y servicio de deudas, reduciendo de manera artificial dicha deuda. Esto ha llevado a que el servicio de la deuda entre el año anterior y este haya aumentado en más de 150M.

---

<sup>1</sup> Presidente Ejecutivo Autoridad de Acueductos y Alcantarillados de Puerto Rico  
yahaira.velazquez@acueductospr.com • 787-620-2277





*Figura 1.* Proyección de ingresos necesitados en la AAA en el 2014.

### **Nueva estructura tarifaria**

Considerando lo anterior, la AAA contempló el aumento tarifario para ingresar 485M adicionales. La distribución de esta cantidad sería de 340M para el déficit del año en curso (2013) y de 79M para los déficits de los años subsiguientes, la cual incluye una reserva operacional de 62M por acuerdo con los bonistas que requieren que exista una reserva de tres meses o de 180M (Figura 1). El número de 485M en realidad terminó siendo 418M. Esta cantidad resultó menor por dos razones. Primero, el comité multisectorial designado por el Gobernador identificó unos ahorros y se incorporaron en el modelo. Segundo, a través de la aprobación de la Ley 50, del 1 de julio de 2013, la Autoridad de Energía Eléctrica (AEE) le otorgó una tarifa preferencial a la AAA. En otras palabras, esta ley no fue un beneficio para la AAA, sino un beneficio completo para los clientes residenciales. Al final del día, esto es parte del esfuerzo de devolver la salud fiscal a la AAA. Aumentar la tarifa es lo fácil, pero hay que buscar la pérdida de agua, hay que ser más eficientes y todo eso es parte de la salud fiscal. Hay mucho trabajo en la AAA y en esa dirección vamos.

La nueva estructura tarifaria (Tabla 1) tiene el objetivo de garantizar la salud fiscal de la agencia, minimizar el impacto al consumidor y promover la conservación del agua conforme a la política pública “mientras más consumes más pagas”.

También pretende minimizar el impacto al consumidor, particularmente los menos pudientes. Es por eso que la tarifa preferencial de AEE y los ahorros que se lograron se usaron para los clientes residenciales de bajo consumo. La AAA cumplió con el proceso legal requerido por la Ley 21, del 31 de mayo de 1985, mejor conocida como “Ley uniforme para la modificación y revisión de tarifas”, para enmendar la estructura tarifaria. Este proceso consiste en un aviso público, seleccionar un oficial examinador, llevar a cabo vistas públicas, y obtener el informe del oficial examinador. Sin embargo, algo pasa en el camino que la gente reacciona cuando empieza a recibir sus facturas y no durante el periodo que brinda la Ley. Aunque la gente o el consumidor espera poder lograr revertir el cambio en tarifa, es muy difícil para una agencia lograrlo cuando se cumple con el proceso en ley. Tengo que agradecer al senador Cirilo Tirado que ha estado conduciendo unas vistas públicas donde hemos compartido con los diferentes sectores, recibiendo su insumo y comentarios para encontrar una solución al asunto. Como resultado de esos esfuerzos, estamos muy cercanos a anunciar cómo vamos a modificar la estructura tarifaria, sin afectar los ingresos de la AAA, sin afectar los compromisos que tenemos con la EPA y con el Departamento de Salud para el cual estamos recogiendo la mayoría de ese dinero.

Tabla 1

*Estructura tarifaria de la Autoridad de Acueductos y Alcantarillados.*

<b>Estructura 2004-13</b>	Cargo base por tamaño de contador	Cargo por consumo por bloques
<b>Estructura actual</b>	Cargo base por tamaño de CCAR por tamaño de contador/bloque	Cargo por consumo por bloques Cargo especial todos los clientes

Se preguntarán por qué la nueva estructura tarifaria incluye unos cargos que no estaban anteriormente. La estructura tarifaria del 2004 al 2013 era un cargo base y un cargo por consumo por bloque (Figura 2). La nueva estructura corresponde a los cargos anteriores más un cargo por cumplimiento ambiental y regulatorio y el cargo especial de \$2.00. De estos, el que ha causado polémica es el cargo por cumplimiento ambiental y regulatorio en los clientes no residenciales. Comenzando en enero del 2014, la AAA va a tener unos informes anuales y trimestrales donde se va a dejar saber a los clientes cuánto ingresamos del cargo por cumplimiento ambiental y en qué se invirtió ese dinero. Estos cargos y todo lo que hace la AAA

es en pro del ambiente. Es necesario proteger las cuencas, y para lograrse tiene que existir un control de la erosión y sedimentación. Es por ello que se realizan proyectos de reforestación, servidumbre de conservación, la compra de terrenos para evitar el desarrollo y, el control de erosión y sedimentación en áreas de cultivo. También existe un control de patógenos. Por otro lado, la AAA ha identificado comunidades que carecen de servicio de alcantarillado sanitario, y dónde es viable o no llevar ese servicio como lo es, por ejemplo, las comunidades del Caño Martín Peña.

### **Programa Non-PRASA: elegibilidad y adjudicación de fondos**

Los programas Non-PRASA (Sistema de Acueductos Comunitarios Independientes) tienen una serie de disposiciones para el diseño y construcción de proyectos de sistemas descentralizados para la disposición de aguas usadas con el fin de cumplir con la Ley Federal de Agua Potable Segura (SDWA, por sus siglas en inglés) y la Ley Federal de Agua Limpia de 1970, conocida como *Clean Water Act*. Los participantes elegibles para participar este programa los son: comunidades, sistemas y/o organizaciones sin fines de lucro a las cuales la AAA no les provee servicio de agua y/o alcantarillado. Los municipios, comunidades especiales y organizaciones sin fines de lucro pueden solicitar fondos para los casos que se mencionan a continuación:

- La consolidación de sistemas de acueductos y alcantarillados de la AAA o con otro sistema Non-PRASA. Este tipo de proyecto es viable siempre y cuando dicha consolidación logre el cumplimiento con la Ley Federal de Agua Potable Segura y/o la Ley Federal de Agua Limpia y viabilice la sostenibilidad de ambos sistemas.
- Rehabilitación de Sistemas de Agua Potable. Son proyectos de diseño, construcción, y rehabilitación de sistemas comunitarios existentes de agua potable con el propósito de asegurar el cumplimiento sostenido con la Ley Federal de Agua Potable Segura (SDWA, por sus siglas en inglés), aprobada en 1974 y enmendada en 1986 y en 1996 y mejorar la confiabilidad del servicio.
- Rehabilitación de Sistemas de Disposición de Aguas Usadas. Son proyectos de diseño y construcción de sistemas

descentralizados existentes en comunidades para la disposición de aguas usadas domésticas. El propósito es asegurar cumplimiento sostenido con la Ley Federal de Agua Limpia.

Las prioridades bajo este programa son:

- Sistemas de agua potable
  - población servida por el sistema
  - el ingreso promedio del área servida
  - el grado de incumplimiento
- Sistemas descentralizados para la disposición de aguas usadas domésticas
  - población de la comunidad sin servicio de alcantarillado convencional
  - área de recarga de acuíferos
  - zona cársica
  - la comunidad descarga sus aguas usadas domésticas sin tratar o parcialmente tratadas, aguas arriba de una toma de agua de la AAA o de una comunidad Non-PRASA
  - la población servida por la toma de agua
  - el grado de contaminación en el cuerpo de agua receptor atribuible a las descargas de la comunidad
  - si las aguas usadas sin tratar o parcialmente tratadas están ocasionando violaciones a las normas de calidad de agua en playas

### **Programa de asistencia general: elegibilidad y adjudicación de fondos**

Los elegibles para participar de este programa son:

Instituciones académicas

- Centros de investigación
- Organizaciones sin fines de lucro
- Los tipos de proyectos que se llevan a cabo bajo este programa incluyen:

### Adquisición de terreno

- Protección de fuentes de agua superficial y/o subterránea
- Reúso de aguas tratadas para irrigar áreas verdes
- Inyección de aguas usadas tratadas para mitigar intrusión salina
- Recargas de acuíferos con aguas de escorrentías
- Utilización de aguas usadas tratadas para la agricultura

Las prioridades se determinarán a base de:

- La cantidad de sedimento que el proyecto evitará que llegue al cuerpo de agua
- La población servida por la toma de agua ubicada en el cuerpo de agua donde se protegerá de la sedimentación
- La cantidad de aguas usadas tratadas de la AAA que se reutilizarán
- La cantidad de agua de lluvia que se recargará a los acuíferos
- El grado de intrusión salina en el acuífero
- El porcentaje de la capacidad de almacenamiento de un embalse que ya está reducido por la sedimentación

---

<sup>1</sup>Alberto M. Lázaro-Castro posee un bachillerato en ingeniería civil y una maestría en ingeniería ambiental. Funge como Presidente Ejecutivo de la Autoridad de Acueductos y Alcantarillados (AAA) desde el 2012. Laboró como Director Ejecutivo de Infraestructura 2007-2012 a cargo Programa de Mejoras Capitales de la AAA. De 2004 a 2007, se desempeñó como Subdirector de Ingeniería de la Dirección de Infraestructura de la AAA. Fue secretario adjunto del Departamento de Recursos Naturales y Ambientales Puerto Rico. Es licenciado por la Asociación de Puerto Rico Ingenieros y Agrimensores. Además, es miembro y ex tesorero de la American Water Works Association, la cual le concedió el Premio George Warren Fuller en 2004. También es un miembro de la Water Environment Association.

## FONDO ROTATORIO PARA INFRAESTRUCTURA SANITARIA

*Javier Verardi Matos, PE<sup>1</sup>*

El programa de Fondo Rotatorio Estatal de Agua Limpia para el financiamiento de proyectos para el control de la contaminación de las aguas (CWSRF, por sus siglas en inglés) fue creado como resultado de las enmiendas hechas a la Ley Federal de Agua Limpia del año 1987: Sección 205 (m). La Junta de Calidad (JCA) es la agencia encargada, junto con la Autoridad para el Financiamiento de la Infraestructura (AFI) de administrar los fondos asignados a través del CWSRF. Este programa funciona como una estructura bancaria ambiental que distribuye préstamos, a un bajo interés, para proyectos cuyo objetivo es mejorar la calidad de las aguas. La naturaleza rotatoria del programa CWSRF asegura que los fondos estén disponibles para el futuro.

Los fondos CWSRF son utilizados, para programas de control de contaminación de las aguas, tales como:

Construcción de sistemas de alcantarillado sanitario;

- Implantación de programas de manejo de fuentes de contaminación dispersas (NPS, por sus siglas en inglés) y manejo de aguas pluviales (*Stormwater*)
- Implantación de programas de manejo de aguas pluviales
- Desarrollo e implantación de un plan de conservación y manejo de estuarios
- Otras medidas innovadoras para el control de la contaminación de las aguas

¿Cuánto dinero se asigna al Fondo Rotatorio Estatal? El Congreso de los Estados Unidos otorga una asignación por cada año fiscal federal (*Allotment*). Esta asignación varía por año y no sigue un patrón en particular. De esta asignación, Puerto Rico recibe el 1.3191% del total asignado en el *Allotment*, según establecido en la Ley Federal de Agua Limpia. La Tabla 1 muestra las asignaciones realizadas al fondo rotatorio total desde el año 1989 al 2013. El total de estados y territorios beneficiados del programa CWSRF asciende a 56, y cada estado o territorio separa de su asignación el 1% hasta un máximo de \$100,000 para propósitos de la sección del

---

<sup>1</sup> Área Calidad de Agua, División de Proyectos de Infraestructura, Junta de Calidad Ambiental  
 javierverardi@jca.gobierno.pr • 787-767-8181, ext. 6135

604(b) *Water Quality Management Program*. Esta cantidad resultante es la porción federal para el correspondiente año fiscal. El estado debe proveer el correspondiente pareo estatal que equivale al 20% de la porción federal. El CWSRF permite que cada estado separe un máximo equivalente al 4% de la aportación federal para propósitos administrativos a fines de correr eficientemente el programa. El dinero restante es destinado para proyectos que cumplan con los requisitos del CWSRF.

Tabla 1  
*Asignaciones del Fondo Rotatorio del 1989–2013*

Año Fiscal	Fecha para entrar en préstamos	Federal (f)	Estatad (e) 20%	F + E	Administrativo 4%	Total para proyectos	Total en préstamos	Cantidad de proyectos
1989	3/10/91	12,302,136	2,460,427	14,762,563	492,085	14,270,478	14,270,478	1
1990	27/12/91, 10/2/94	12,724,965	2,544,993	15,269,958	508,999	14,760,959	14,760,959	3
1991	29/08/94, 20/10/94	26,767,224	5,353,445	32,120,669	1,070,689	31,049,980	31,049,980	21
1992	29/08/94	25,341,921	5,068,384	30,410,305	1,013,677	29,396,628	29,396,628	1
1993	29/12/94, 29/3/95, 29/9/95	25,068,780	5,013,756	30,082,536	1,002,751	29,079,785	29,079,785	12
1994	14/1/97	15,554,979	3,110,996	18,665,975	622,199	18,043,776	18,043,776	4
1995	14/4/97	16,064,829	3,212,966	19,277,795	642,593	18,635,202	18,635,202	7
1996	29/06/98	26,314,675	5,262,935	31,577,610	1,052,587	30,525,023	30,525,023	7
1997	1/11/99	8,110,800	1,622,160	9,732,960	324,432	9,408,528	9,408,528	1
1998	28/9/01	17,562,897	3,512,579	21,075,476	702,516	20,372,961	20,372,961	3
1999	27/9/02	17,564,382	3,512,876	21,077,258	702,575	20,374,683	20,374,683	2
2000	29/9/03	17,504,784	3,500,957	21,005,741	700,191	20,305,549	20,305,550	2
2001	22/9/04	17,349,156	3,469,831	20,818,987	693,966	20,125,021	20,125,021	1
2001 <sup>A</sup>	22/9/04*	14,000,000	3,360,000	17,360,000	560,000	16,800,000	16,800,000	2
2002	30/9/05	17,387,865	3,477,573	20,865,438	695,515	20,169,923	20,169,923	2
2003	26/9/06	17,274,807	3,454,961	20,729,768	690,992	20,038,776	20,038,776	2
2003 <sup>A</sup>	26/9/06	1,048,093	209,619	1,257,712	41,924	1,215,788	1,215,788	1
2004	28/9/07	17,285,301	3,457,060	20,742,361	691,412	20,050,949	20,050,949	2
2005	30/9/08	14,054,535	2,810,907	16,865,442	562,181	16,303,261	16,303,261	4
2006	30/9/08	11,421,333	2,284,267	13,705,600	456,853	13,248,746	13,248,746	3
2007	29/9/09	13,959,396	2,791,879	16,751,275	558,376	16,192,899	16,192,899	5
2008	30/9/10	8,864,800	1,772,960	10,637,760	354,592	10,283,168	10,283,168	3
2008A	30/9/10	611,141	122,228	733,369	24,446	708,924	708,924	----
2009	30/9/10	8,864,900	1,772,980	10,637,880	354,596	10,283,284	10,283,284	3
2009E	21/10/09	51,114,200	----	51,114,200	2,044,568	49,069,632	23,512,532	5
2010		26,575,000	5,315,000	31,890,000	1,063,000	30,827,000	17,560,028	1
2011		19,259,000	3,851,800	23,110,800	770,360	22,340,440	16,391,598	5
2012		18,434,000	3,686,800	22,120,800	737,360	21,383,440	21,383,440	5
2013		8,525,000	1,705,000	10,230,000	341,000	9,889,000	9,889,000	???
TOTAL		\$486,910,899	\$87,159,340	\$574,070,239	\$18,916,436	\$555,153,803	\$510,380,890	102

\* La porción de gastos administrativos (\$560,000) fue utilizada para proyectos

<sup>A</sup> = Transferencia de fondos. (Programa de Donativos)

<sup>E</sup> = Estimulo Económico (ARRA)

## Financiamiento Fondo Rotatorio Estatal

Los préstamos se ofrecen con unas tasas de interés igual o menor a las prevalecientes en el mercado e inclusive puede ser del 0% de interés, según se determine. Históricamente los préstamos se han otorgado a un 2% de interés. La cantidad a conceder va a depender de la cantidad asignada en el año fiscal, el costo elegible de los proyectos, así como del margen prestatario del solicitante y su capacidad de repago. Se establece que el préstamo se comienza a pagar un (1) año después de terminada la construcción del proyecto o desde que el mismo sea operable. El proponente tiene un periodo de hasta 20 años para saldar la deuda.

¿Quién es elegible para recibir fondos?

Los fondos pueden ser destinados a entidades públicas o privadas sin fines de lucro. No obstante, el peticionario tiene que demostrar tener margen prestatario y debe tener capacidad de repago.

Requisitos del Fondo Rotatorio Estatal

## Código de Regulaciones Federales (40 CFR)

Parte 35 *State and Local Assistance*

- Subparte E (*Grants for Construction of Treatment Works-Clean Water Act*)
- Subparte I (*Grants for Construction of Treatment Works*)
- Subparte K (*State Water Pollution Control Revolving Funds*)
- Subparte P (*Financial Assistance for the National Estuary Program*)
- Se debe someter la documentación con la información del proyecto para el cual interesa recibir fondos del CWSRF. Esta se evaluará, según el sistema de puntuación desarrollado por la Junta de Calidad Ambiental (JCA) y será la Agencia Federal para la Protección Ambiental (EPA, por sus siglas en inglés) quien apruebe e incluya el mismo en la Lista de Prioridad.

## Sistema de prioridad

El sistema de prioridad es la metodología para determinar el orden en que deben concederse aportaciones federales para la realización de proyectos que cumplen con los criterios del Programa SRF. Cada proyecto es evaluado individualmente a



base de criterios que sirven para cuantificar los méritos del mismo. Estos criterios toman en consideración factores tales como: la magnitud del problema de disposición de aguas usadas a resolverse, costo-beneficio, infraestructura “verde”, incidencia de enfermedades transmisibles por agua en el área, la protección y recuperación de los cuerpos de aguas superficiales y subterráneos, entre otros. Las puntuaciones acumuladas para el proyecto se totalizan y se incluyen en la Lista de Prioridad. A mayor puntuación acumulada por el proyecto, mayor será su prioridad. Además, se debe preparar y someter todos los documentos necesarios para cumplir con los requisitos técnicos y ambientales, estatales y federales de acuerdo al proyecto presentado.

- Paso 1 – Planificación
- Documento ambiental – endosos federales y estatales
  - Documentos arqueología – Fase I (mínimo)
  - Aviso público ambiental
- Paso 2 – Diseño
- Planos y especificaciones (aprobación de JCA)
  - Paso 3 – Construcción
- La JCA inspeccionará periódicamente los proyectos para asegurar cumplimiento con la documentación aprobada de acuerdo a la reglamentación federal y estatal aplicable.
  - Fondo Rotatorio Estatal Infraestructura “verde”

#### Conservación de agua y re-uso

- Conservación de energía
- Proyectos sustentables
- Todos los proyectos financiados deben cumplir con el Davis Bacon Act. Como parte de los requisitos establecidos desde la implantación de la Ley de Recuperación y Reinversión del 2009 (ARRA, por sus siglas en inglés), una porción de la asignación federal debe ser destinada a infraestructura sustentable (*green infrastructure*). Para asegurar un mejor uso de los fondos, la EPA ha establecido como política que la vigencia de los fondos federales no exceda la cantidad de siete años.

Para mayor información sobre los términos y condiciones para los fondos del CWSRF, acceda a las siguientes direcciones electrónicas:

- [http://water.epa.gov/grants\\_funding/cwsrf/upload/2002\\_06\\_28\\_cwfinance\\_cwsrf\\_cwsrf.pdf](http://water.epa.gov/grants_funding/cwsrf/upload/2002_06_28_cwfinance_cwsrf_cwsrf.pdf)
- <http://www.deq.state.va.us/export/sites/default/tanks/files/srf-handbook.pdf>
- También puede comunicarse con la División de Proyectos de Infraestructura del Área de Calidad de Agua al teléfono (787) 767-8181 extensión 3463.

---

<sup>1</sup>Javier Verardi Matos es ingeniero químico. Dirige la División de Proyectos de Infraestructura y encargado de administrar el Programa de Fondo Rotatorio Estatal de Agua Limpia (CWSRF) de la Junta de Calidad Ambiental. Además trabajó en la División de Permisos para Fuentes Precisas de la misma agencia.

## **DIVISIÓN DE UTILIDADES RURALES, PROGRAMA DE PRÉSTAMOS Y DONATIVOS PARA INFRAESTRUCTURA DE AGUA Y DESPERDICIOS SÓLIDOS**

*José A. Otero García, JD<sup>1</sup>*

La Oficina de Desarrollo Rural (USDA-Rural Development) es una de las distintas agencias que están adscritas al Departamento de Agricultura Federal. Curiosamente, somos la única agencia que no trabajamos directamente con la agricultura. Esta agencia crea, desarrolla y fortalece comunidades rurales. Lo hacemos a través de cuatro programas: Farmers Home Administration, la más conocida: Incentivos para negocios, Facilidades Comunales y Rural Utilities Service. Este último programa comenzó en 1930, como la Administración de Electrificación Rural (REA, por sus siglas en inglés) de la Farmers Home Administration (hoy Rural Development) comenzó a brindar financiamiento a cooperativas de electricidad y otras entidades para proveer este servicio a comunidades rurales. Con el transcurso del tiempo, se extendió el financiamiento para el desarrollo de otros servicios esenciales como: Sistemas de Agua Potable y Servicios Sanitarios, Sistemas Pluviales y Manejo de Desperdicios Sólidos y Telecomunicaciones. Entonces se creó la División de Utilidades Rurales de USDA.

La construcción de instalaciones debe ser costo eficiente (tamaño, diseño, etc). El segundo propósito es proporcionar asistencia financiera que resulte en costos razonables para los residentes rurales. Los criterios de elegibilidad son importantes; más que nada nuestros principales clientes son los municipios, los cuales son entidades públicas. Los municipios, las organizaciones sin fines de lucro y las asociaciones de agua (personas que manejan los proyectos Non-PRASA) son los solicitantes que los programas pueden beneficiar. Las áreas elegibles son áreas rurales y áreas designadas por el Censo de Población y Vivienda del año 2010, con una población de 10,000 habitantes o menos. Otro requisito considerado es la incapacidad de obtener fondos de otras fuentes financieras a términos razonables. Toda organización solicitante tiene que tener la capacidad legal para poder solicitar préstamos y repararlos. También ser financiera y técnicamente capaz de operar eficazmente las instalaciones o sistemas a construirse o mejorarse.

---

<sup>1</sup> Director, USDA-Rural Development Puerto Rico, jose.otero@pr.usda.gov • 787-766-5095

Los propósitos elegibles son:

- Construir, reparar, mejorar, expandir o modificar sistemas rurales de agua. Incluye líneas de distribución, hidrantes, estaciones de bomba, plantas de distribución y almacenamiento.
- Construir sistemas pluviales y adquirir derechos de servidumbre de agua (ej.: reservas, pozos, etc.).
- Construir, reparar, mejorar, expandir o modificar sistemas sanitarios rurales. Incluye estaciones de bomba, líneas, plantas de tratamiento y equipo para recolección de desperdicios sólidos.
- Cubrir costos relacionados (ej: ingeniería, aspectos legales, adquisición de terrenos y servidumbres de paso).

No existe un límite máximo en los fondos para solicitar. Nuestra Oficina cuenta con una cantidad que se nos asigna anualmente y esta cantidad puede variar. Una vez los Estados gastan el dinero, el sobrante se distribuye en proyectos, según su importancia, a través de los Estados Unidos. Nuestra Oficina anualmente atiende las siguientes prioridades.

1. En los municipios fomentamos que la Autoridad de Acueductos y Alcantarillados adopte los proyectos que tienen los municipios, de tal manera que no agraven su presupuesto. Los proyectos considerados se determinan de acuerdo a las necesidades y habilidad de pago del solicitante.
2. Realizar los proyectos por fases independiente una de la otra.

El interés depende de la mediana de ingreso familiar para el área a servirse de acuerdo al Censo de Población y Vivienda de 2010. El interés actual 2.75%. La proporción máxima de préstamo y/o donativo será establecida en una relación de 75/25 %. El término máximo de repago es de 40 años o de acuerdo a lo establecido por el estado (PR = 25 años a municipios) o la vida útil de la instalación o equipo.

Los requisitos generales son los siguientes:

- Garantía para el financiamiento - bonos de obligación general de ingresos, hipotecas sobre propiedades y equipos.
- Se requieren avisos públicos notificando sobre la intención de solicitar fondos para el proyecto propuesto.

- Se requiere un Informe Preliminar de Ingeniería y una Evaluación Ambiental (EA).
- *Rural Development* debe concurrir en todos los contratos y acuerdos de servicios profesionales.

Cada proyecto es distinto y tienen una serie de detalles. Lo ideal es que el proponente se reúna con la Agencia para recibir la orientación en cuanto a los requisitos básicos, y que entren en este proceso con una carta de intención y con un estimado preliminar. La Agencia ayuda a completar una solicitud que incluye un *Preliminary Engineering Report* (PER, por sus siglas en inglés), el cual debe incluir, permisos, endosos y proceso ambiental completado. Después de aprobados los fondos, se pueden separar, pero esto está sujeto a que haya un diseño y pase por el proceso de subasta, ambas etapas aprobadas por la USDA-Rural Development. Posterior a esto, el contrato de construcción también es aprobado por la Agencia. En el caso de los municipios y AAA, el Banco Gubernamental de Fomento está adelantando el dinero antes de que hagamos el cierre. Finalmente se hace el cierre y el banco recibe el dinero y el municipio o AAA.

### **Ventajas del Programa**

Intereses bajos y términos de pago fijos.

- Provee hasta un 25% de donativo del costo total elegible del proyecto
- No existen cargos de originación por los servicios de financiamiento
- No existen penalidades de pre-pago
- Equipo de técnico para asistir en la revisión de todas las fases técnicas del proyecto

Entre los proyectos aprobados por *USDA-Rural Development*, los préstamos otorgados tuvieron una inversión de \$205,628,520 y unos \$77,870,392 en donativos (Tabla 1).

Tabla 1

*Proyectos aprobados por el USDA Rural Development de 2003 al 2013 para Puerto Rico.*

Proyectos	Municipio	Inversión USDA-RD	Asistencia
Sistema Sanitario Villa Taína	Cabo Rojo	\$8,992,000	6,194 familias
Expansión Planta Filtración (Fase I, II, III)	Lares	\$15,600,000	6,060 familias
Embalse Río Blanco	Naguabo	\$31,263,00	42,857 familias
Planta de Filtración de Agua	Las Marías	\$30,489,000	2,870 familias
Planta de Filtración de Agua	Guánica	\$12,500,000	2,172 familias

<sup>1</sup>El licenciado José Otero García es el director de la Oficina Estatal de Desarrollo Rural del U.S Department of Housing and Urban Development (HUD) en Puerto Rico. Trabajó como Comisionado de Asuntos Municipales donde desarrolló un sistema computarizado de contabilidad uniforme e hizo mejoras al sistema de desembolso de los Fondos de Donativos en Bloque para Desarrollo Comunitario (CDBG). Es miembro del Consejo del Gobernador en Desarrollo Económico y el Comité para el Desarrollo de Redes Viales. Fungió como miembro de las juntas del Sistema de Retiro del gobierno de Puerto Rico y del Centro de Recaudaciones de Ingresos Municipales (CRIM). Fue galardonado con el premio *Best Practice Blue Ribbon Award* que otorga HUD. También fue presidente del Food and Agricultural Council (FAC).

## **EPA SUPPLEMENTAL ENVIRONMENTAL PROJECTS POLICY**

*José C. Font Camacho<sup>1</sup>*

Durante el día de hoy, hemos estado hablando sobre la problemática ambiental en Puerto Rico. Hemos discutido cómo estos problemas se han atendido y las alternativas que se plantean para reducir la brecha de aquellas que aún confrontamos hoy día. La realidad es que tenemos grandes retos ante nosotros. Si evaluamos los fondos federales que llegan a Puerto Rico por el ingreso per cápita y las necesidades ambientales, y las comparamos con otras jurisdicciones en los Estados Unidos, podemos concluir que la brecha para que Puerto Rico pueda financiar esas necesidades es muy amplia y sigue en aumento. Es bien importante que todos colaboremos, en conjunto, en una sola dirección y con el firme propósito de adelantar la causa ambiental para buscar alternativas que reduzcan esa brecha.

A través de los años, la Autoridad de Acueductos y Alcantarillados (AAA) ha presentado problemas serios de infraestructura. Es a través de acuerdos, a largo plazo, con la Agencia de Protección Ambiental (EPA, por sus siglas en inglés) que se han atendido los problemas de infraestructura de agua potable, y al presente han dejado de ser el problema principal que presenta dicha agencia. Por lo tanto, ya resuelto este problema, debemos dirigir nuestros esfuerzos hacia otras áreas que necesitan atención inmediata. El reto es grande, pero tenemos que hacerlo. Es por ello que hoy estaré hablando sobre los Proyectos Ambientales Suplementarios (SEP, por sus siglas en inglés). El SEP es una herramienta que provee la EPA para ayudar, en cierta manera, a financiar las necesidades ambientales que tenemos en Puerto Rico. Esta ayuda no es a gran escala, sin embargo cuando lo analizamos por el volumen de acciones ambientales que se atienden, al final de la jornada es algo muy significativo y de gran aportación para Puerto Rico.

Los proyectos ambientales suplementarios requieren que se obtenga un beneficio ambiental. Tienen el propósito de mejorar, proteger y reducir el riesgo a la salud pública y el medio ambiente. Para designar un proyecto ambiental suplementario, la EPA tiene que evaluar el caso y otorgar el mismo. Para que esto ocurra tiene que haber ocurrido una violación, una orden administrativa o una acción judicial. Una vez identificada la violación, se desarrolla una negociación y se asigna una multa. La EPA tiene la oportunidad de formular los tipos de proyectos

---

<sup>1</sup> Director Environmental Protection Agency (EPA), Caribbean Environmental Protection Division, font.jose@epa.gov • 787-977-5870

que pudieran llevarse a cabo y se ofrece la oportunidad de utilizar parte del dinero de la multa para convertirse en un proyecto ambiental suplementario. No obstante, el proyecto tiene que traer beneficios ambientales relacionados a las violaciones incurridas porque parte de la penalidad va a sufragar el costo del SEP. Esto es lo que predica nuestra agencia y es nuestra misión el proteger, en todo momento, la salud pública y el medio ambiente. Es importante señalar que estos proyectos son voluntarios y no son un requisito legal. Estas acciones no pueden incluir lo que conocemos como el *Injunction relief*. Por lo tanto, los proyectos que aplican son todos aquellos que se llevan a cabo para mitigar la violación. Si es un requisito legal ya deja de ser un SEP.

Hay unas guías principales que tenemos que cumplir. No podemos ser inconsistentes con ninguna otra ley o estatuto federal aplicable o violarlo. La EPA no puede desempeñar ningún papel en la gestión o control de los fondos ahorrados o depositados para el desempeño del SEP, pero puede llevar a cabo la supervisión. En otras palabras, es responsabilidad del violador de separar los fondos y manejarlos o hasta pudiera buscar una entidad neutral que ejecute el proyecto. La EPA debe proveer fiscalización de estos proyectos durante el proceso. También puede delinear el alcance del proyecto. Es bien importante que la EPA mantenga estrecha comunicación con la comunidad donde ocurrió la violación para maximizar el beneficio ambiental y obtener mayor provecho. Si la entidad viola la ley, tiene que pagar por llevar a cabo las acciones correctivas. No se puede utilizar el SEP, bajo ningún concepto, para financiar los trabajos a los que usted está obligado por ley. Estos proyectos tampoco pueden proveer fondos adicionales para parear fondos de otros proyectos.

Cabe señalar que a nivel de agencia federal, la EPA recibe fondos o apropiación federal a través del Congreso y estos son limitados. Por tal razón, nosotros tenemos que velar que las acciones que se tomen, de manera paralela, no aumenten los recursos que nos otorga el Congreso para llevar a cabo las funciones de la agencia. Por ejemplo, la EPA no puede llevar a cabo un SEP para aumentar el número de inspectores que tiene la agencia. Porque hay un número finito de 10 inspectores, según el presupuesto otorgado por el Congreso, para realizar inspecciones en determinado estatuto. No se puede utilizar esos fondos para contratar otros 5 inspectores. De igual manera, tampoco se le permite a un ente que haya recibido fondos federales aumentar sus fondos a través de un SEP. Por ejemplo, si usted recibe fondos federales para ejecutar un proyecto ambiental suplementario, no puede parear estos fondos para complementar el proyecto. Los SEP tienen que



adelantar el beneficio ambiental y los estatutos aplicables bajo una ley en particular. Por ejemplo, si la violación que ocurre se da bajo el amparo de la Ley Federal de Aire Limpio, ese SEP tiene que adelantar los objetivos de esa ley. Tiene que haber una conexión. La EPA no puede utilizar violaciones del recurso agua para desarrollar proyectos ambientales suplementarios en un proyecto del recurso aire. Tienen que estar íntimamente ligados.

---

<sup>1</sup>José C. Font Camacho es el director de la Agencia de Protección Ambiental en la Región del Caribe. Posee una licenciatura en Ingeniería Química y una Maestría en Administración de Empresas. Desde el 1997 trabajó como Director Interino de la División de Protección Ambiental del Caribe. Comenzó su carrera en 1984 con la Región 2 de EPA en Nueva York como director de proyectos bajo el programa *Superfund* a cargo de la evaluación y remediación de lugares *Superfund* en Puerto Rico y las Islas Vírgenes. En el 1987 fue transferido a la Oficina del Caribe de la EPA, donde continuó trabajando con el programa *Superfund* y cumplimiento.

## COMMUNITY DEVELOPMENT BLOCK GRANT (CDBG)

*Lcdo. Edgar Rodríguez Méndez<sup>1</sup>*

Hoy vengo a presentar el *Community Development Block Grant* (CDBG, por sus siglas en inglés) bajo el Programa de Vivienda Pública Federal (HUD, por sus siglas en inglés). El CDBG es el único programa bajo HUD que puede proveer fondos para el desarrollo de proyectos de sistemas sanitarios. Es un programa de financiamiento catalogado como donativo en bloque o de fórmula porque el dinero que reciben las jurisdicciones se calcula de acuerdo a los resultados de las poblaciones que determina el Censo. Es por tal razón, que es importante que todos en Puerto Rico participemos en completar el Censo.

El CDBG se divide en dos clases. Los fondos que reciben las comunidades que han adquirido el derecho a administrarlo directamente, conocidas como *Entitlement Communities*, y las comunidades que reciben los fondos por medio de la Oficina del Comisionado de Asuntos Municipales (OCAM). En Puerto Rico, hay 27 municipios que han adquirido ese derecho por tener una población de 50,000 habitantes. Tan pronto un municipio llega a esa población, adquiere el derecho de administrar los fondos que otorga CDBG. Cabe señalar que hay otros tipos de requisitos, pero son más técnicos. Por otro lado, en Puerto Rico existen 51 municipios que no han adquirido el derecho de administrar el Programa de CDBG y reciben los fondos por OCAM. Estos fondos son importantes para estos municipios ya que utilizan gran parte de estos para hacer carreteras, empitados y otros proyectos.

En qué se puede gastar los fondos del programa CDBG? ¿Para qué tipo de actividades o proyectos se pueden utilizar los fondos? Estos fondos pueden ser utilizados para cualquier proyecto que demuestre el beneficio a las familias cuyo ingreso no exceda el nivel económico bajo moderado, según lo define el la Oficina del Censo Federal. Pueden ser utilizados para el desarrollo de cualquier proyecto o actividad para evitar que se forme o rescatar un arrabal. Además, para necesidades urgentes creadas por situaciones que presenten una seria, grave e inminente amenaza a la salud y el bienestar de la comunidad para los cuales no hay otros fondos disponibles. Esto es sumamente importante conocerlo porque si hay fondos disponibles no se puede utilizar el CDBG. De hecho, el CDBG es el único programa federal que se puede utilizar para un desastre local sin que medie una

---

<sup>1</sup> Especialista de Operaciones, Departamento de Vivienda y Desarrollo Urbano de Estados Unidos, Oficina del Caribe, edgar.rodriguez-mendez@hud.gov • 787-766-5201

declaración presidencial.

Entre los proyectos de vivienda que se han financiado a través de este programa se encuentran:

- Rehabilitar viviendas existentes de una persona o familia, elegible de ingreso bajo o moderado;
- Convertir en accesible una vivienda para una persona con impedimento elegible de ingreso bajo o moderado;
- Pagar todo o parte del pronto de una vivienda accesible, en un proyecto de vivienda de interés social, a una persona o familia, elegible de bajo o moderado ingreso y
- Pagar todo o parte de los gastos de cierre de una vivienda accesible, en un proyecto de vivienda de interés social, a una persona, o familia, elegible de ingreso bajo o moderado.

En términos de los sistemas de infraestructura sanitaria, que estamos hablando en este simposio, estos son gastos elegibles bajo el programa de CDBG. Como proyecto, se puede desarrollar un sistema sanitario, siempre y cuando sea para personas o familias cuyo ingreso no exceda el nivel de bajo o moderado según definido por el Censo de Población y Vivienda. En la ruta del sistema de infraestructura sanitaria puede haber personas que se excedan del ingreso y se beneficien de igual manera, pero el beneficio mayor del proyecto debe ser para las personas que verdaderamente tengan la necesidad. En términos de gastos, el programa CDBG permite gastar hasta un máximo de un 15% en actividades de servicio público, siempre y cuando no se exceda en un 20% en las otras categorías de administración, actividades, capacitación y planificación. Los fondos del CDBG no se pueden utilizar para el desarrollo de infraestructura de comunicaciones como lo son: teléfonos, celulares, cable tv y otros medios de comunicación. Esto es un gasto inelegible. Si algún municipio llega a utilizar esos fondos para estos fines, deberá devolver el dinero más los intereses.

Cuando el municipio no es quien administra los fondos del programa CDBG, la entidad interesada en solicitar los fondos deberá hacerlo a través del municipio. Esto lo debe hacer tomando en consideración el Plan Consolidado y Plan Anual de Acción del municipio o del Estado. Ambos planes del Estado lo redacta OCAM con la ayuda de otras agencias del Estado. En el caso de los 27 municipios que han adquirido el derecho de administrar los fondos, cada uno

redacta su Plan de Acción y Plan Consolidado. El Plan Consolidado se prepara cada 5 años y el Plan de Acción anualmente. Cabe señalar que estos planes tienen que cumplir con las Leyes Federales de Vivienda Justa e Igualdad de Oportunidades (*Fair Housing and Equal Opportunity Laws*). Esto es importante, porque durante la monitoria de los proyectos de *Housing and Urban Development* (HUD, por sus siglas en inglés) se verifica si cumple con las disposiciones establecidas bajo esta ley federal. Para someter cualquier proyecto bajo el programa CDBG, es necesario saber los objetivos prioritarios establecidas por HUD. Es importante que los proyectos que se presenten atiendan al menos uno de los siguientes 5 objetivos. Estos son:

- Fortalecer el mercado de la vivienda de la nación para impulsar la economía y proteger los consumidores;
- Satisfacer la necesidad de viviendas asequibles de calidad;
- Utilizar la vivienda como plataforma para mejorar la calidad de vida;
- Construir comunidades inclusivas y sostenibles libres de discriminación y
- Transformar la manera en que HUD hace negocios.

Además, la Sección 3 de la Ley Federal de Vivienda Pública dispone como un requisito que las oportunidades económicas creadas con los fondos de los Programas de Vivienda, Vivienda Pública, y Desarrollo Comunitario de HUD sean, al grado que sea posible, accesibles a las personas de ingresos bajo y bien bajo. Particularmente, a aquellos que son recipientes de asistencia gubernamental de vivienda, así como a empresas y comerciantes que les provean oportunidades económicas a estas personas. Los recipientes de fondos de HUD (*grantees*) tendrán que proveer empleo, adiestramiento y capacitación y otorgar contratos a empresarios y comerciantes que cumplan con los requisitos de elegibilidad de la Sección 3.

---

<sup>1</sup>El licenciado Edgar Rodríguez Méndez es químico, posee un *Juris Doctor* y una maestría en Administración de Empresas y en Estadística e Investigación Operativa en Investigación de Mercado. Es miembro del Colegio de Abogados de Puerto Rico. Actualmente, labora como Especialista en Operaciones en el Departamento de la Vivienda y Desarrollo Urbano de los Estados Unidos (HUD), Área de Política de Campo y Gerencia, en la Oficina de Campo de San Juan. Fue Asesor Jurídico de la Autoridad de Edificios Públicos y de la Autoridad de Acueductos y Alcantarillados.

## ESTUDIO DE ACTUALIZACIÓN DEL INVENTARIO DE SISTEMAS DE ACUEDUCTOS INDEPENDIENTES EN PUERTO RICO NON-PRASA

*José A. Martí<sup>1</sup>, René E. Renta<sup>2</sup> & Carlos Velázquez Figueroa<sup>3</sup>*

---

Abstract - This is an updated version of the article originally published by the authors in 2004, which presented the findings of a study aimed at updating the inventory of independent water supply systems in Puerto Rico. These systems primarily serve communities not served by the main public system, and are commonly known as non-PRASA systems, referring to the Puerto Rico Aqueduct and Sewer Authority (PRASA). Due to the nature of the systems and legal implications, it is difficult to determine the exact number of existing systems and the population served. When the original article was published in 2004, it was estimated that there were over 240 independent community water systems, serving a population of not less than 114,640 people. In mid-2014, the Drinking Water Program of the Puerto Rico Department of Health has recorded 246 such systems, serving an estimated 142,565 people population. Of these systems, 58, serving an estimated 12,400 people, do not provide any treatment (even disinfection) to the water they provide. When comparing the findings of 2004 with the 2014 data, it is found that the same fundamental problems identified in 2004 persist. These community systems present particular challenges. The results of this study may be useful to those involved in the planning of water supply systems in other regions.

*Palabras clave: agua, potable, acueductos, non-PRASA, sistemas, comunitarios, ley de agua potable segura, AAA, Puerto Rico.*

---

### Introducción

La Autoridad de Acueductos y Alcantarillados (AAA), corporación pública creada por la Ley Núm. 40 de 1 de mayo de 1945 (Ley de Acueductos y Alcantarillados de Puerto Rico), es la agencia gubernamental encargada de proveer servicios de agua y alcantarillados a través de todo el territorio de Puerto Rico. El propósito de dicha Ley fue absorber una serie de sistemas de acueductos municipales y privados que daban un servicio deficiente a la comunidad así como proveer servicio de alcantarillado sanitario, que era muy limitado para esa época, usando un modelo

---

<sup>1</sup>Technical Consulting Group (TCG), Apartado 191303, San Juan, Puerto Rico 00919-1303, [jmarti@technical-consulting.com](mailto:jmarti@technical-consulting.com) • 787-753-6575

<sup>2</sup>RER Environmental Services, San Juan, Puerto Rico

<sup>3</sup>ETAG Corporation, Caguas, Puerto Rico.

de corporación pública, previamente usado para el servicio eléctrico y el manejo de los recursos de agua, que permitía a una entidad gubernamental operar con ciertas características de empresa privada y emitir deuda directamente. Durante las primeras décadas de su creación, la AAA tuvo grandes logros proveyendo agua potable segura a los núcleos poblacionales de Puerto Rico y brindando el servicio de alcantarillado sanitario a todos los centros urbanos. Tal fue el éxito de la AAA, que se utilizó como modelo en países de América Latina durante la vigencia del programa “Alianza para el Progreso” de la administración Kennedy. La situación de la AAA en los últimos años y los retos que enfrenta han sido extensamente discutidos por el público y la prensa, al grado que mucha gente piensa que la AAA se encarga de todos los sistemas de agua de Puerto Rico, y que, atendiendo la AAA, se resolverían todos los problemas relacionados al agua potable en la Isla. Sin embargo, esto no es así.

Desde sus inicios, la AAA estableció la política de no extender el servicio de agua potable a pequeñas poblaciones aisladas porque entendía que no era económicamente viable. Estas comunidades, en su mayoría, se abastecían de sistemas operados por dueños de fincas, asociaciones de vecinos u otras entidades privadas. En un acrónimo derivado de las iniciales del nombre de la AAA en inglés (PRASA), se les ha designado como sistemas Non-PRASA. Debido a que estos sistemas están sujetos a la misma reglamentación que aplica a los sistemas de agua potable en los Estados Unidos, los mismos presentan una situación con retos particulares.

La situación de estos pequeños sistemas de agua se ha complicado en los últimos años, debido a varios factores. El primero es el crecimiento poblacional y la tendencia de los habitantes a dejar los centros urbanos buscando una mejor calidad de vida. Los cambios en la reglamentación que aplica a sistemas de agua potable, han sido otro factor importante. Estos reglamentos imponen requisitos muy estrictos, incluyendo el proveer filtración a las tomas de agua superficiales. Otro factor ha sido de índole económico. La amplia cobertura mediática y discusión pública de los problemas que ha enfrentado la AAA en tiempos recientes ha causado que alguna gente prefiera no depender del sistema de abasto de agua de la AAA por percepciones incorrectas sobre la calidad del agua servida por la AAA. Otros usuarios no desean los servicios de la agencia para evitar el pago por servicio de agua. Según datos del Programa de Agua Potable del Departamento de Salud de Puerto Rico (DSPR), a principios de 2014 había unos 246 sistemas de este tipo, sirviendo a una población estimada de 142,565 personas. Cincuenta y ocho de estos sistemas, que sirven a una población estimada de sobre 12,400 personas, no proveen tratamiento alguno al agua que sirven ni siquiera desinfección.

Debido al riesgo a la salud que representa el incumplimiento con la reglamentación aplicable a agua potable en gran parte de estos sistemas, la Agencia de Protección Ambiental de los EEUU (EPA, por sus iniciales en inglés) y el DSPR, entidades a cargo de la calidad del agua potable en Puerto Rico, desearon investigar medidas para ayudar a estos sistemas a proveer a sus usuarios agua potable segura. Como resultado, en el 2004, se acordó entre la AAA, el DSPR, y la EPA, efectuar un proyecto ambiental suplementario (SEP, por sus iniciales en inglés), donde se estudiarían estos sistemas y se investigarían medidas para eventualmente llevar los mismos a cumplimiento con la reglamentación aplicable. El estudio también identificaría medidas paliativas a corto plazo, dirigidas a mejorar la calidad del agua provista por los sistemas hasta que las medidas permanentes pudieran ser implementadas. Los autores de esta ponencia tuvieron a cargo la ejecución de dicho estudio.

En este ensayo, presentamos los hallazgos del estudio citado, y las lecciones aprendidas durante el mismo. Esta versión actualizada de 2014, pone al día el número de sistemas y usuarios, y discute cuan efectivamente se han implementado las recomendaciones del estudio original. Entendemos que lo aprendido en este proyecto puede ser de utilidad a las personas envueltas en la planificación de sistemas de agua potable en otros países.

### **Equipo a cargo del estudio**

Para efectuar el estudio, la AAA contrató los servicios de Technical Consulting Group (TCG), empresa consultora en ingeniería ambiental y planificación. Los trabajos de campo fueron subcontratados por TCG a ETAG Corporation (ETAG). RER Environmental Services (RER) representó a la AAA como gerente y supervisor técnico del proyecto. Sin embargo, desde el principio se logró un alto grado de integración entre las partes, las cuales trabajaron como un solo equipo.

### **Ámbito de trabajo**

El proyecto responde a la necesidad de ampliar las evaluaciones llevadas a cabo por el DS y la EPA sobre los sistemas Non-PRASA, para ayudar a determinar la viabilidad de la integración de cada sistema Non-PRASA a los sistemas que opera la AAA, donde sea posible. Donde esto no fuera posible, se identificarían mejoras en las prácticas operacionales, mantenimiento y físicas de cada sistema para asegurar que el agua servida cumpla con las normas locales y federales de calidad de

agua. El mismo comprendía los siguientes pasos:

- Recopilar datos disponibles en archivos oficiales
- Entrevistar personas que puedan aportar información sobre los sistemas;
- Diseño de forma estándar de recopilación de datos de campo;
- Visitar cada uno de los sistemas para actualizar datos disponibles en archivo;
- Levantar datos compatibles con sistema de información geográfica (GIS);
- Determinar grado de cumplimiento con reglamentación aplicable y
- Evaluar la efectividad de operación y mantenimiento actual y mejoras necesarias.

En los sistemas que no cumplían con la reglamentación, se identificarían soluciones permanentes que aseguren la calidad de agua. Estas soluciones envuelven una de dos alternativas: conectar el sistema a la AAA o proveer las medidas necesarias para que el agua potable producida por estos sistemas cumpla con normas de calidad locales y federales. Además, se pretendía identificar medidas paliativas a corto plazo para mejorar la calidad del agua producida por estos sistemas hasta que se pueda implementar una solución permanente.

### **Trabajos iniciales**

El equipo a cargo del proyecto comenzó sus labores con las siguientes tareas:

- Recopilación de datos de archivo sobre sistemas.
- Adquisición de equipo de sistema de posicionamiento global (GPS) con altímetro.
- Diseño y validación de hoja de recolección de datos.
  - Entrevistas y reuniones con personal familiarizado con los sistemas tales como el DSPR, la AAA, el Departamento de Recursos Naturales y Ambientales (DRNA), el Servicio de Extensión Agrícola (SEA), el Centro de Educación, conservación e Interpretación Ambiental (CECIA), y otros.



- Reclutamiento y entrenamiento de equipos de campo.
- Visita a un sistema típico usado como ejemplo y preparación de informe modelo.
- Reuniones con AAA y otras entidades envueltas en el proyecto.

### **Trabajo de campo**

Luego del entrenamiento, se movilizaron las brigadas de campo. Se mantuvo un progreso constante. Se visitaron los 239 sistemas en la lista oficial, y se identificaron sobre 30 sistemas adicionales. Sin embargo, se sospechaba que había más, pero los usuarios son reacios a proveer información, por temor a acciones legales de cumplimiento de EPA contra los dueños u operadores de sistemas.

Luego de ser recopilados en el campo, los datos pasaban a la oficina y servían de insumo a los equipos de ingeniería que evaluaban las medidas de cumplimiento permanente y recopilaban los informes. Debido a lo remoto e inaccesible de los sistemas, el trabajo de campo fue sumamente complejo. Hay que reconocer los esfuerzos de los profesionales del Programa de Agua Potable del DSPR, quienes tienen que visitar estos sistemas a diario.

### **Principales hallazgos de los estudios de campo**

El estudio de 2004 encontró lo siguiente:

- Sobre 92% de los datos presentes en los inventarios del DSPR son correctos y están al día;
- Sólo un 5% de los sistemas tienen información incorrecta o incompleta sobre su localización o es difícil localizar a los encargados;
- Alrededor de un 3% de los sistemas rechazaron colaborar con el estudio;
- Los sistemas estudiados en 2004 servían a 114,640 personas (25,266 viviendas);
- Promedio de 112 familias por sistema (la cifra varía desde 5 hasta sobre 1,000 familias);
- Capacidad total de los sistemas visitados: cerca de 12 millones de galones por día (MGD), equivalente a 45,300 m<sup>3</sup>/día);

- Capacidad promedio por sistema: 47,296 galones por día (gpd) (179 m<sup>3</sup>/día);
- Consumo promedio per cápita: 93.4 galones per cápita por día (gpcd) (353 L/pers/día);
- Costo promedio anual por familia \$77.38 y
- La mayor parte (61%) de los sistemas rechazaban ser conectados a la AAA.

Existen comunidades altamente organizadas, con gran interés en mantener sus sistemas y cumplir con la reglamentación y requisitos vigentes. Hay oficinas, directivas, sistemas de administración y cobro eficientes, sumamente organizados y totalmente administrados por personal voluntario. Los encargados de la mayor parte de sistemas son altamente dedicados y trabajan voluntariamente o por una compensación mínima. Hay grandes ejemplos de autogestión comunitaria y colaboración libre, no-gubernamental. El problema es la falta de familiaridad con los requisitos de tratamiento y desinfección de agua y las razones para los mismos. Aún los más organizados tienen deficiencias técnicas serias que pueden afectar la calidad del agua. Muchos operadores desconocen sus limitaciones.

### **Fuentes de abasto**

De los sistemas visitados, 64% de los sistemas visitados se abastecen de pozos y 36% de los sistemas de fuentes superficiales. Hay sistemas con ambas fuentes. Setenta por ciento proveen por lo menos desinfección, pero 30% no proveen tratamiento alguno. Esencialmente, ningún sistema superficial cumple con los requisitos de filtración requeridos por EPA como tratamiento mínimo para fuentes superficiales. No obstante, muchas de las comunidades con fuentes superficiales sin tratamiento rechazan la conexión a AAA, muchas veces por quejas sobre la disponibilidad del servicio.

Según los datos del Departamento de Salud de Puerto Rico, todavía hoy (agosto de 2014) existen 58 sistemas registrados sin tratamiento alguno, 48 de los cuales sirven agua superficial.

### **Datos económicos**

De un punto de vista económico, el presupuesto promedio anual por sistema era de aproximadamente \$9,125, con un máximo de \$80,000 y un mínimo de \$0. Setenta y seis por ciento cobran tarifas a los usuarios, 14% han recibido fondos

estatales o federales, 16% han recibido fondos municipales y 23% han recibido fondos privados o de organizaciones no gubernamentales (ONG's).

### **Datos operacionales**

Según la evaluación de operación y mantenimiento (O&M) efectuada, se encontró que sólo un 5% de los sistemas tenía operación adecuada, un 25% tenía una operación mínimamente aceptable, y un 70% tenía operación francamente deficiente. El operador tenía entrenamiento en sólo 15% de los casos, y sólo el 5% tiene operadores formalmente certificados. El 80% de los operadores no tenía entrenamiento alguno. La mayor parte de operadores son voluntarios o semi-voluntarios. Los operadores trabajan unas 19.2 horas-hombre promedio por semana. En general, son personas sumamente dedicadas y comprometidas. Sin embargo, hay casos donde ocurre abandono craso.

### **Hallazgos principales**

Los sistemas Non-PRASA son las únicas fuentes de abasto para un sector importante de la población. En 2014, se estima que sirven a alrededor de 142,600 personas, posiblemente a muchos más. Existen zonas (partes de Yabucoa, Barranquitas, Las Marías, etc.) donde estos sistemas son las fuentes principales de abasto para la población.

Contrario a lo que se piensa, no es un problema limitado a comunidades pobres, sino más bien a comunidades fuera de los centros urbanos que no fueron incluidas en el proceso de planificación de la AAA en el pasado. Muchas veces, se encuentran en núcleos de varios sistemas muy cercanos unos a otros (Barranquitas, Yabucoa, etc.). De no existir estos sistemas, las crisis de servicio de agua (“sequías”) que periódicamente afectan a Puerto Rico hubieran sido mucho más graves.

Un hallazgo crítico del estudio es que existe una cantidad considerable de sistemas donde los usuarios no están conscientes de los peligros de consumir agua sin el tratamiento adecuado. Hay sistemas (no son la mayoría) donde nadie se ocupa de proveer desinfección, y a nadie le importa proveerla. Esto puede ser reflejo de los medios, que no siempre proveen información adecuada a la comunidad sobre la calidad del agua. Por esto, se entiende que es necesaria una campaña educacional, a nivel de comunidad, para proveer información correcta y objetiva a los ciudadanos sobre el agua. Aquí hay un posible rol para entidades no-gubernamentales, tales como AWWA y WEF, colegios profesionales, etc.

Una lección técnica aprendida resulta del hecho de que los usuarios informan que el servicio de muchos sistemas es altamente confiable (libre de interrupciones). La razón es que muchos sistemas aprovechan la gravedad para proveer servicio, localizando tanques en puntos altos con líneas de alimentación y descarga separadas. Esto hace los sistemas resistentes a interrupciones de servicio en casos de fallas eléctricas. La AAA no siempre diseña los sistemas de este modo (muchas veces usa la misma línea para llenar y sacar agua de los tanques de almacenaje), lo que es más vulnerable a fallas.

Otro hallazgo significativo que, en 2004, la imagen que tenía el pueblo de la AAA y entidades relacionadas era muy deficiente. Las comunidades consideraban que el servicio provisto por la AAA no era confiable, y dudaban de la calidad del agua que provee la agencia, aunque en la mayor parte de los casos, la AAA provee agua de mucha mejor calidad que la de los sistemas privados. El factor principal que afecta la imagen del servicio de la AAA entre los usuarios aparenta ser la disponibilidad del servicio, aún más que la calidad. Las interrupciones en servicio hacen gran daño a la imagen de la AAA. Esto llega al grado de que hay sistemas en zonas servidas por la AAA que no quieren el servicio, y otras que mantienen el sistema privado aunque tienen servicio de la AAA. Estos últimos casos con doble servicio representan un riesgo de que agua del sistema privado pueda contaminar el sistema público debido a las interconexiones inadecuadas (*cross-connections*).

Se identificaron varios sistemas fuera de la lista oficial, los que fueron incluidos en el estudio. Un problema al tratar de orientar a estas comunidades es el encontrar las mismas. Debido al temor a ser objeto de acciones legales, los usuarios son renuentes a compartir información. Por esto, el sistema reglamentario y legal que existe actualmente en Puerto Rico y los EEUU, no parece ser el mejor método para trabajar con estos sistemas.

### **Recomendaciones a corto plazo (paliativas)**

Es necesario efectuar actividades de información pública para que el pueblo entienda la necesidad de proveer tratamiento adecuado al agua potable y los requisitos que esto envuelve. Necesario enfatizar la importancia de desinfección adecuada. Se deben organizar actividades de información y capacitación para los operadores de sistemas comunitarios. Entidades como la Asociación Interamericana de Ingeniería y Ciencias del Ambiente (AIDIS), la Puerto Rico Water and Environment Association (PRWEA), el programa *Partnership for Pure Water* (PPW) auspiciado por la industria, el Servicio de Extensión Agrícola (SEA), los colegios profesionales

y grupos comunitarios pueden colaborar en esta gestión. Se deben proveer equipos básicos en algunos casos (cloradores, medidores de cloro, etc.) a sistemas que no los tienen, y ayuda para adquirir suministros: principalmente cloro y consumibles a sistemas sin capacidad económica. Los pozos pueden ser una alternativa viable y rápida para eliminar sistemas superficiales sin tratamiento.

### **Recomendaciones a medio y largo plazo**

En el futuro, debe tomarse en cuenta mejor la posible expansión de las áreas de servicio, particularmente en un caso como el de Puerto Rico. Es claro que la política sobre servicio de agua potable establecida en la década del 40 no es la adecuada. La AAA debe investigar en detalle situación en zonas donde el servicio deficiente lleva a la población a desconectarse.

El resolver a cabalidad el problema de las comunidades *non-PRASA* es un proyecto a largo plazo. La solución no es conectar a la AAA precipitadamente sin efectuar los estudios adecuados. Hay sistemas donde la conexión no es económicamente viable al presente. Existe una necesidad de estudios de planificación integrales en zonas donde hay núcleos de sistemas Non-PRASA. Dichos estudios deben llevarse a cabo en base a cuencas (*watersheds*). Las alternativas deben incluir combinación de servicios por AAA y otras entidades (comunitarias, etc.). Las preferencias y preocupaciones de los usuarios tienen que tomarse en cuenta al planificar los servicios de agua y las soluciones a estos casos.

### **Recapitulación en 2014**

Al prepararse esta versión del artículo en 2014, observamos que los problemas fundamentales relacionados a estos sistemas son los mismos que se identificaron en 2004, no obstante los grandes esfuerzos de las agencias que trabajan con el tema. Todavía hay sobre 246 sistemas independientes registrados por el Departamento de Salud. De estos, cincuenta y ocho que sirven a una población estimada de sobre 12,400 personas, no proveen tratamiento alguno al agua que sirven. Esto representa un serio riesgo a la salud pública, y es señal de que las percepciones y preferencias de muchos de los usuarios de estos sistemas independientes no han cambiado significativamente. Es por esto que el autor de esta actualización entiende que el proveer medidas de información pública de un modo efectivo debe seguir siendo la primera prioridad de las agencias y entidades envueltas en este tema.

### **Agradecimientos:**

Los autores agradecen la gran contribución del personal de Programa de Agua Potable del Departamento de Salud de Puerto Rico al éxito de este trabajo, y el apoyo de la Autoridad de Acueductos y Alcantarillados de Puerto Rico, la cual decidió emprender el estudio en 2004. En la preparación de esta versión actualizada del 2014, el autor reitera el agradecimiento al personal del Programa de Agua Potable del DSPR que proveyó datos actualizados.

*Artículo original presentado en la Convención de la Asociación Interamericana de Ingeniería y Ciencias del Ambiente (AIDIS), San Juan, Puerto Rico, mayo de 2004. Versión de agosto de 2014 preparada por José A. Martí, sobre la base del artículo original.*

---

### **Referencias**

- Martí, J., Renta, R., & Velázquez-Figueroa, C. (2004). Estudio de actualización del inventario de Sistemas de Acueductos Independientes en Puerto Rico (Non-PRASA). Recuperado de <http://www.bvsde.paho.org/bvsAIDIS/PuertoRico29/martir.pdf>
- Ley de Acueductos y Alcantarillados de Puerto Rico (Ley Núm. 40 de 1 de mayo de 1945, según enmendada)
- Enciclopedia de Puerto Rico (2014). Corporaciones públicas. Recuperado de <http://www.encyclopediapr.org/esp>
- García-Passalacqua, J. M. (1961). Puerto Rico en la alianza para el progreso. *Journal of Inter-American Studies*, 3, (4), 469-475.
- Technical Consulting Group y ETAG Corporation (2004). *Actualización del inventario acueductos comunitarios independientes de Puerto Rico: Informe final del proyecto*. Sometido a la Autoridad de Acueductos y Alcantarillados el 9 de julio de 2004 (informe confidencial no-publicado).

## EVALUACIÓN DE LOS SISTEMAS DESCENTRALIZADOS DE TRATAMIENTO DE AGUAS DE UNA COMUNIDAD RURAL COMPACTA

*Jacqueline Otero Vega, MSEM<sup>1</sup>, Neftalí García Martínez, Ph.D.<sup>2</sup>, Daliz Estades Santaliz, MSEM<sup>3</sup>, Annelly Díaz Figueroa, MP, PPL<sup>4</sup>*

---

Abstract- The use of decentralized water treatment systems could be the solution to the problem of the limitation in drinking and sewage water services that occur in rural areas of Puerto Rico. Septic and rudimentary drinking water treatment systems are used at present. When these systems are not operated properly they cause environmental and human health damage. Our goal was to evaluate the operation and benefits of the decentralized systems localized in Bo. Barrazas, Carolina that were built to supply the compact housing project and the Municipal Services Center. The compact construction of this project provides the benefit of allowing space for the construction of the water treatment systems and additional environmental benefits when compared to rural sprawl. The design of this research was a secondary data analysis of water quality data along with other secondary data and site visits for the comparison of centralized with decentralized water treatment systems. The results showed that indeed Barrazas decentralized systems operate efficiently and decentralized systems may be more beneficial reducing the impact on the environment. The reduction in environmental impacts in this compact project includes less pressure on nature due to limited land, energy and water use. We conclude that this compact housing project with its decentralized systems could serve as a model in regards the general environment and human health.

*Palabras clave: sistema descentralizado de tratamiento de agua, comunidad rural, desarrollo compacto, desarrollo desparramado, pozo séptico, agua subterránea.*

---

### Introducción

La Autoridad de Acueductos y Alcantarillados (AAA) provee agua potable al 98% de los habitantes de Puerto Rico. El servicio se logra principalmente a través de plantas de filtración centralizadas que reciben agua, en su mayoría, de cuerpos de aguas superficiales. Además, la AAA, provee servicios de tratamiento de aguas residuales al 54% de la población localizada mayormente en áreas urbanas (Quiñones, 2012). En el caso de las aguas residuales de las zonas rurales, el pozo séptico es el método de disposición o tratamiento de aguas usadas de mayor utilización en

---

<sup>1</sup> Universidad Metropolitana, Apartado 21150, San Juan, Puerto Rico 00928-1150, jacoter@yahoo.com

<sup>2</sup> RR9 Buzon 1722, San Juan PR, 00926, sctinc1@gmail.com

<sup>3</sup> PO Box 727, Dorado PR 00646, destades@gmail.com

<sup>4</sup> Condominio Río Vista #284 Carolina PR, 00987, annellydiaz@gmail.com

Puerto Rico (AAA, 2013). Massoud, Tarhini y Nasr (2009) reconocen al sistema del pozo séptico como uno de los métodos más conocidos de tratamiento primario descentralizado. Los pozos sépticos funcionan como un digestor anaerobio donde la remoción de la mayoría de los sólidos sedimentables se logra por la digestión parcial de la materia orgánica (Massaoud et al., 2009).

Un sistema descentralizado de tratamiento de aguas es instalado y operado para recibir el efluente de aguas residuales cerca del punto de generación (Cook, Tjandraatmadja, Ho & Sharma, 2009). Existen sectores rurales que han logrado conectarse al servicio de alcantarillado, pero para otros esto no es posible por razones topográficas o económicas (Valencia, Silva & Narváez, 2010). El sistema de alcantarillado centralizado requiere que las aguas residuales viajen por tuberías desde grandes distancias lo que hace el sistema mucho más costoso.

Por muchos años, una población significativa del área rural en Puerto Rico ha recibido un servicio de agua potable deficiente. Por estas razones, el U. S. Geological Survey (USGS, por sus siglas en inglés), en colaboración con el municipio de Carolina, realizaron un estudio, entre marzo de 1998 y julio de 1999, para evaluar las aguas superficiales y subterráneas de la zona rural de Carolina que permitiera encontrar un abasto apropiado y seguro para la población (Rodríguez, Gómez, Santiago & Oliveras, 2002). El estudio incluyó el análisis de coliformes y otras bacterias fecales para determinar la calidad de agua. Como resultado, encontraron que el 79.4% de los ríos y quebradas al sur del municipio de Carolina estaban contaminados con bacterias fecales. El Municipio Autónomo de Carolina (2003) realizó otro estudio para identificar las fuentes de contaminación puntual y dispersas en esta zona rural e incluyó recomendaciones para el manejo de las mismas. En el estudio se concluyó que los pozos sépticos es la fuente principal de contaminación de estos cuerpos de agua superficial.

Es importante evaluar nuevas opciones para la solución de las limitaciones en la provisión de servicios de agua potable y tratamiento de aguas usadas en zonas rurales que a su vez permita reducir impactos ambientales. Como existía un pozo de agua subterránea que se utilizaba en el barrio Barrazas en Carolina, en el 2000 se desarrolló un sistema de tratamiento de agua potable supliendo agua potable al Centro de Servicios Municipales de esta zona. En el 2002, el municipio de Carolina desarrolló el complejo de viviendas a bajo costo en el barrio Barrazas compuesto de 168 apartamentos tipo *walkup*, también dependiente de este sistema de agua potable. En este complejo también se construyó un sistema de tratamiento de aguas usadas. El carácter compacto o construcción vertical del proyecto, permitió al municipio de



Carolina proveer agua potable y tratamiento de aguas usadas sin afectar el carácter rural del área. El sistema de tratamiento de agua potable es conocido como Sistema de Aguas Dual (SD) y las aguas residuales son tratadas en la Planta de Tratamiento de Aguas Usadas (PTAU). Las características de los sistemas de tratamiento descentralizados del complejo de viviendas rural del barrio Barrazas podrían ser una solución a las limitaciones e impactos ambientales de esta zona.

En este estudio, evaluamos la calidad de los sistemas descentralizados de tratamiento del proyecto rural y los comparamos con los sistemas de tratamiento tradicionales. Además, comparamos el impacto al ambiente en sistemas descentralizados y centralizados. Con la evaluación de los sistemas, intentamos obtener información de la eficacia de su operación que sirva de modelo para complejos rurales o densificación de comunidades rurales existentes.

## **Método**

Esta investigación es un análisis de datos secundarios del sistema de tratamientos de aguas en un complejo de vivienda compacto, localizado en el barrio Barrazas de Carolina (Figura 1). Utilizamos los datos obtenidos de los muestreos del SD y la PTAU para los años del 2009 hasta el 2012, generados por el Departamento de Acueducto Municipal del Municipio Autónomo de Carolina. El Departamento muestrea 6 pozos SD anualmente. Evaluamos estos datos utilizando las normas establecidas por la Environmental Protection Agency (EPA) para determinar su cumplimiento.

Además, comparamos el uso de agua, calidad de agua y descarga de aguas usadas de desarrollo compacto con uno desparramado. Evaluamos las ventajas de los sistemas de tratamiento de aguas de Barrazas y las características de las aguas usadas domésticas. Para la evaluación, utilizamos los datos más recientes de los muestreos de USGS de los cuerpos de aguas superficiales más cercanos al sistema descentralizado como el del río Canovanillas, quebrada Maracuto, localizados en los barrios Cedros y Trujillo Bajo de Carolina, respectivamente. Además se incluyeron los datos del embalse Loíza localizado en Trujillo Alto ya que de ese cuerpo de agua es el que se suple la mayoría de la población del municipio de Carolina. Estos datos son suministrados por la Junta de Calidad Ambiental (2005). Comparamos los

datos de estos cuerpos de agua superficial con los datos de los muestreos de agua de los seis pozos subterráneos aledaños al sistema descentralizado y su cumplimiento con las normas de la EPA.



Figura 1. Área de estudio: complejo de vivienda en el barrio Barrazas en el Municipio de Carolina, Puerto Rico. (Fuente : <https://www.google.com.pr/maps/>, 2013)

Además, determinamos el volumen de aguas residuales que se descarga a pozos sépticos del sector, utilizando la cantidad de unidades de viviendas de Barrazas reportado por el Departamento de Comercio de Estados Unidos de América para el año 2012 (USDC, por sus siglas en inglés) y datos del promedio diario de agua descargada a pozos sépticos en las residencias puertorriqueñas, según el estudio de Quiñones (2012). Además, determinamos las descargas de aguas residuales al sistema de tratamiento de aguas usadas dentro de la comunidad rural compacta, utilizando datos del flujo del efluente tratado en la PTAU en el año 2012 y datos del estudio de Quiñones (2012).

Para comparar los datos de los sistemas descentralizados con los sistemas centralizados, utilizamos los siguientes parámetros y límites establecidos por la EPA (Tabla 1).

Tabla 1

*Características típicas de las aguas usadas domésticas y su cumplimiento con los estándares de la EPA*

Componente	Concentración típica	Límites EPA
Total de sólidos suspendidos	250	≤ 45 mg/L por día
Demanda de oxígeno bioquímico 5 días	250	≤ 15 mg/L por día
pH	6.5	6.00-9.00
Coliformes totales	10 <sup>9</sup>	10000 Unidades Formadoras de Colonias/100 mL
Coliformes fecales	10 <sup>7</sup>	200 Unidades Formadoras de Colonias/100 mL
Amoníaco-Nitrógeno (NH <sub>4</sub> -N)	10	5 mg/L
Nitrato-Nitrógeno (NO <sub>3</sub> -N)	< 1	10 mg/L
Nitrógeno total	60	10 mg/L
Fosfatos Totales	10	1 mg/L

Fuente: Gross, 2004.

## Resultados y discusión

### Sistema de tratamiento de agua potable

Los seis pozos subterráneos estudiados evidenciaron la buena calidad de las aguas subterráneas que suplen el abasto de agua al sistema de tratamiento de agua potable. La Tabla 1 presenta los resultados de uno de los pozos del cual se extrae la mayor cantidad de agua subterránea para ser potabilizada en este sistema. La Tabla 2 muestra el cumplimiento con parámetros que poseen límites establecidos por la EPA. Para el año 2012 no presentamos datos, ya que en los tres años anteriores todos los parámetros estaban bajo cumplimiento.

Tabla 2

Resultados del promedio anual para los parámetros de calidad del pozo subterráneo #5 y los estándares de la EPA

Parámetro	Pozo muestreado				Estándares EPA
	2009	2010	2011	2012	MCL (Nivel máximo de contaminante)
Sulfato (mg/L)	22.3	15.7	24.9	-	250
Conductancia Especifica (umhos/cm)	727	669	668	-	ninguno
Calcio Total (mg/L)	70.8	64.8	60.2	-	ninguno
Hierro-Total (mg/L)	0.23	BDL	BDL	-	0.3
Magnesio-Total (mg/L)	34.4	32.5	29.1	-	ninguno
Manganeso-Total (mg/L)	BDL	BDL	BDL	-	0.05
Potasio-Total (mg/L)	0.46	BDL	BDL	-	ninguno
Sodio-Total (mg/L)	25.1	35.4	33.7	-	ninguno
Alcalinidad-Total (mg/L)	358	305	302	-	ninguno
Nitrato como N (mg/L)	1.43	2	1.44	-	10
Carbono Orgánico Total (mg/L)	0.579	0.354	0.397	-	ninguno
Dureza (mg/L)	318	296	270	-	ninguno
Residuos filtrables (TDS) (mg/L)	469	418	438	-	500
Cloruro (mg/L)	32.8	27.8	32.9	-	250
Sílica (mg/L)	57.9	63.3	57.8	-	ninguno
pH (SU)	6.97	6.85	6.45	-	6.5-8.5

MCL = maximum concentration level; BDL= *below detection level*; TDS = *total dissolved solids*; SU = *standard unit*. (Fuente: Acueducto Municipal de Carolina, 2009 -2012a.)

En el caso del SD (Tabla 3) muestra que todos los parámetros cumplen con las normas establecidas por la EPA. Los datos de plomo y cobre en el 2012 no se presentan porque cumplieron consecutivamente por tres años (2009-2011) con los límites establecidos por la agencia.

Tabla 3

*Resultados del promedio anual para los parámetros de calidad de aguas en el Sistema de Aguas Dual (SD) del barrio Barrazas*

Parámetro	2009	2010	2011	2012	Estándares de la EPA
pH	7.3	7.4	7.2	7.3	6.5-8.5 (SU)
Coliformes Totales	0	0	0	0	máximo de 1 muestra positiva al mes
<i>Escherichia coli</i>	0	0	0	0	no coliformes fecales
Recuento heterotrófico en placa	1.3	5.5	1.3	1.2	≤ 500 CFU/mL
Turbidez	0.1	0.1	0.1	0.1	≤ 0.5 NTU
Cloro residual	1.7	1.4	1.4	1.3	≤ 4 mg/L
Nitrato como N	0.81	0.81	1.02	0.91	≤ 10 mg/L
Cobre - Total	1.11	1.27	1.01	N/A	≤ 1.3 mg/L
Plomo - Total	0.0034	0.0046	0.0037	N/A	≤ 0.015 mg/L
Trihalometanos - Total	0.0094	0.0104	<0.0040	0.0066	≤ 0.080 mg/L
Ácidos Halo-acético-Totales	0.004	<0.0060	<0.0060	<0.0060	≤ 0.060 mg/L

N/A = no aplica porque cumplieron anteriormente. (Fuente: Acueducto Municipal de Carolina, 2009-2012b.)

### Sistema de tratamiento de aguas usadas

La Planta de Tratamiento de Aguas Usadas (PTAU) cumplió con todos los parámetros establecidos por la EPA. Aunque para los años 2009 y 2010, el sistema de tratamiento no cumplía con el parámetro de cobre, según establecido por la EPA, luego de los cambios con el producto utilizado para desinfección, se logró alcanzar y mantener los estándares de cumplimiento de cobre. La Figura 2 muestra la reducción en el parámetro de cobre y el cumplimiento con la norma establecida por la EPA para los años 2011 y 2012.

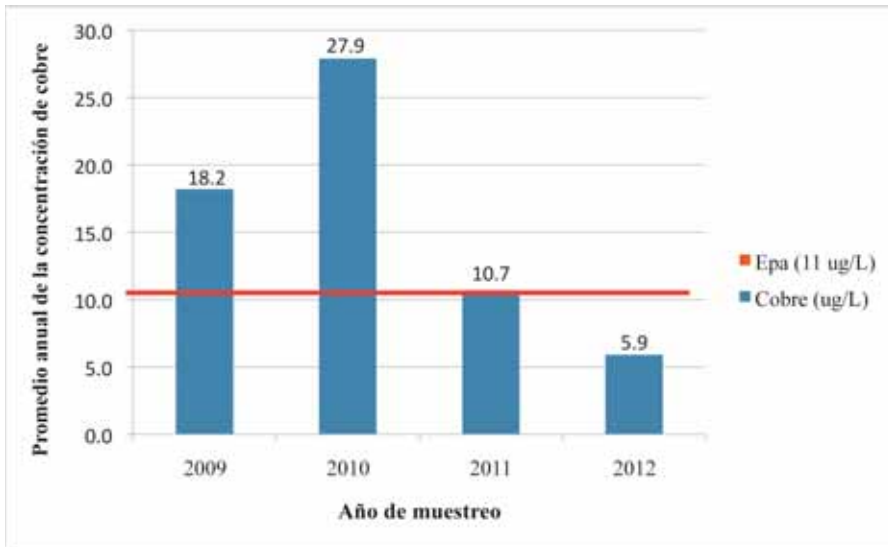


Figura 2. Promedio anual de los niveles de concentración de cobre en la PTAU y su cumplimiento con los niveles establecidos por EPA para los años 2009-2012. (Fuente: Acueducto Municipal de Carolina, 2009-2012c)

### Comparación sistemas descentralizado con los sistemas centralizados

Al ser un desarrollo compacto y con un sistema de tratamientos de aguas dedicado, se espera que los sistemas sean más eficientes y que el servicio de agua no tenga interrupciones como ocurre en las áreas rurales. Al utilizar un sistema PTAU se reduce el riesgo que representa el descargar al ambiente aguas sin el tratamiento apropiado como en otros sistemas. La operación de sistemas descentralizados podría reducir los costos de operación de los sistemas centralizados típicos y reducir los impactos ambientales, que incluyen la salud de las comunidades rurales (Hernández & Rovirosa, 2007). Por ejemplo, en otro complejo de viviendas en Carolina comparable con el utilizado en este estudio, calculamos que se descargan aproximadamente 20,707 galones por día (GPD) de aguas usadas al sistema de tratamiento de aguas usadas. Así también, en el barrio Barrazas se descargan unos 468,900 GPD de aguas usadas a pozos sépticos. Si contemplamos que el 90% de los pozos sépticos en Puerto Rico (Quiñones, 2012) son operados deficientemente, las descargas de aguas usadas al ambiente representarían 422,010 GPD sin el tratamiento apropiado.

Cuando comparamos las concentraciones del muestreo más reciente realizado por el USGS al río Canovanillas (Tabla 4) con los límites establecidos por la EPA (Tabla 3), podemos observar que los coliformes totales y fecales, así como para nitrógeno y fósforo no cumplen con los límites establecidos por la EPA. Por lo tanto, la descarga de estas aguas sin tratamiento presenta un riesgo, tanto a la salud como al ambiente. La presencia de coliformes fecales puede provocar enfermedades al ser humano. Así también, la presencia de nitrógeno y fósforo pueden ocasionar la eutrofización de los cuerpos de agua. Para el sistema de pozos de aguas subterráneas de la zona estudiada no existen datos de coliformes fecales y totales.

Tabla 4

*Resultados del muestreo más reciente realizados por el USGS al río Canovanillas y su cumplimiento con los estándares de la EPA.*

Parámetro	2 de agosto de 2005 Río Canovanillas (Bo. Cedros)	Reglamentación EPA
Oxígeno disuelto (mg/L)	7.53	> 5.0
pH (S.U.)	8.09	6.0-9.0
Conductividad (ms/cm)	461	-
Temperatura (°C)	25.7	-
Turbidez (NTU)	21.9	50
Calcio (mg/L)	-	-
Magnesio (mg/L)	-	-
Dureza	193	100
Amoníaco (mg/L)	0.048	1
NO <sub>2</sub> +NO <sub>3</sub> (mg/L)	0.682	10
Nitrito (mg/L)	-	0.0027
Fosforo (mg/L)	0.094	1
Nitrógeno (mg/L)	-	10
Coliformes fecales (Colonias/100 mL)	3200	200
Coliformes totales (Colonias/100 mL)	8636	10000
Cadmio (ug/L)	0.047	2
Cromio (ug/L)	2.185	50
Cobre (ug/L)	5.801	7
Plomo (ug/L)	0.274	25

Mercurio (ug/L)	<0.01	0.05
Zinc (ug/L)	7.101	50
Arsénico (ug/L)	<1.9	50
Cianuro (mg/L)	<0.008	5.2
Selenio (ug/L)	0.408	5

(Fuente: Junta de Calidad Ambiental, 2005.)

## Sectores y municipios que se benefician del Sistema de Aguas Dual

Los sistemas descentralizados pueden constituir una alternativa viable para proveer agua y servicios de tratamiento de aguas residuales en zonas suburbanas, rurales y remotas (Sharma, Tjandraatmadja, Grant, Grant & Pamminger, 2010). El SD en el barrio Barrazas no solo beneficia al proyecto compacto de esta zona, sino que suministra 93,100 galones de agua potable por mes a la población de Carolina y sectores limítrofes. Esta agua se sirve a través de camiones cisternas o por la visita directa de las personas al oasis para recoger agua. Los barrios de Carolina que se benefician son Barrazas, Cedros, Carruzo, Cacao y sectores limítrofes de Trujillo Alto, Juncos y Canóvanas.

Como resultado de la evaluación del sistema descentralizado en el barrio Barrazas, destacamos las siguientes ventajas:

La planta de tratamiento de aguas usadas tiene:

- Menor impacto ambiental durante su construcción y operación
- Reducción de dependencia de pozos sépticos en el área
- Creación de empleos y oportunidad mayor de crecimiento del sector

El sistema de potabilización de agua cruda:

- Es un tratamiento simple y de menor costo, ya que utilizan aguas subterráneas de buena calidad
- Provee agua (oasis) a vecinos de barrios limítrofes
- Corta distancia en línea de distribución reduce la probabilidad de roturas y contaminación del agua potabilizada



### **Limitaciones del estudio**

Este estudio presentó las limitaciones de que los datos más recientes de muestreos de las aguas domésticas es del 2005, lo cual no permite la comparación de datos en ese renglón. No se han realizado muestreos para analizar coliformes fecales y totales a los 6 pozos subterráneos que suplen al SD. Esto impidió que pudiéramos evaluar en más detalle el alcance de la contaminación por pozos sépticos en el barrio Barrazas. Además, nos limitó para poder realizar una mejor comparación de la calidad de los cuerpos de agua superficial y subterránea.

### **Conclusiones y aplicaciones futuras**

La construcción compacta del proyecto rural de Barrazas brindó la oportunidad de desarrollar un sistema descentralizado que ofrece un tratamiento de agua efectivo a sus efluentes, evitando de esta manera impactos al ambiente y a la salud humana. Este sistema descentralizado del municipio de Carolina es un modelo para densificar la población rural sin afectar las características rurales del Bo. Barrazas. La construcción compacta de este proyecto y sus sistemas descentralizados de tratamiento de aguas no descargan aguas sanitarias sin tratamiento (estimado de 20,707 GPD) a los cuerpos superficiales de la zona, como puede ocurrir con pozos sépticos deficientes. Los estimados de descargas de aguas sanitarias producto de pozos deficientes en viviendas que no están conectadas al sistema de tratamiento de aguas usadas en el barrio Barrazas son cerca de 422,010 GPD.

Por otro lado, el SD utiliza agua pura de pozos subterráneos, que tiene mejor calidad que los cuerpos de aguas superficiales y por ende su tratamiento es más fácil y más seguro. Así también, la disponibilidad de agua potable es ininterrumpida, y produce beneficios económicos al sector. Estos sistemas de tratamiento de aguas han permitido que en el sector se desarrollen otros proyectos como el centro de servicios municipales, una sala de urgencias, el parque acuático Aquasol, un *head start* y un centro de ancianos. Además, se está construyendo un supermercado que también se beneficiará de estos sistemas descentralizados. En esta zona se desarrollaron nuevas viviendas y comercios que benefician toda la comunidad sin que represente un riesgo de contaminación de los cuerpos de agua causados por el uso de pozos sépticos deficientes.

Es importante que se tomen medidas para el buen uso de los espacios verdes. Lo ideal sería que se identifiquen las comunidades que presenten problemas con los servicios de agua para poder desarrollar soluciones específicas. Se deben evaluar los diferentes sistemas de tratamientos de aguas descentralizados que existen al

presente, para encontrar el que mejor se ajuste a las necesidades de Puerto Rico. En fin, la intención principal de este estudio es presentar una opción para desarrollar proyectos más seguros para la salud y el ambiente. El barrio Barrazas es un modelo que deben emular los municipios que planifican desarrollar los sectores rurales, así como el desarrollo de proyectos de vivienda.

### **Agradecimientos**

Al Departamento de Acueducto Municipal y al Gobierno Municipal Autónomo de Carolina por facilitarnos los datos solicitados para realizar esta investigación. Al Sr. Luis S. Rodríguez por asistirnos en la preparación de tablas y figuras.

---

### **Literatura citada**

Acueducto Municipal de Carolina. (2009- 2012a). [Eqlab's laboratory test report]. Pozos Subterráneos, Carolina, PR. Datos no publicados.

Acueducto Municipal de Carolina. (2009- 2012b). [Eqlab's laboratory test report]. Sistema Dual, Carolina, PR. Datos no publicados.

Acueducto Municipal de Carolina. (2009- 2012c). [Eqlab's laboratory test report]. Planta de Tratamiento de Aguas Usadas, Carolina, PR. Datos no publicados.

Autoridad de Acueductos y Alcantarillados. (2013). *Visión y metas*. Recuperado de <http://www.acueductospr.com/NUESTRAAUTORIDAD/vision.htm>

Cook, S., Tjandraatmadja, G., Ho, A. & Sharma, A. (2009). *Definition of decentralized systems in the South East Queensland context*. Technical Report No. 12. Urban Water Security Research Alliance.

Departamento de Comercio de EE.UU. (2012). Puerto Rico: 2010. Recuento de población y unidades de vivienda. Recuperado de <http://www.census.gov/prod/cen2010/cph-2-53sp.pdf>

Gross, M. A. (2004). Wastewater characterization text. *University curriculum development for decentralized wastewater management*. National Decentralized Water Resources Capacity Development Project. University of Arkansas, Fayetteville, AR.

- Hernández Hernández, H. & Rovirosa Morell, N. F. (2007). Tratamiento descentralizado de aguas residuales domésticas en una comunidad costera de Ciudad de La Habana. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 28(3), 33-40.
- Junta de Calidad Ambiental. (2005). Resultados de muestreo del río Canovanillas realizado por la USGS. [Datos no publicados.]
- Massoud, M. A., Tarhini, A., & Nasr, J. A. (2009). Decentralized approaches to wastewater treatment and management: Applicability in developing countries. *Journal of Environmental Management*, 90(1), 652-659. doi: 10.1016/s0301-4797(03)00104-x.
- Municipio Autónomo de Carolina (2003). Identificación y recomendaciones en torno al manejo de fuentes de contaminación puntuales y dispersas en la zona rural del municipio de Carolina. Geosistemas.
- Otero, J. (2013). *Evaluación de los sistemas descentralizados de tratamiento de aguas de una comunidad rural compacta*. Disertación de tesis de maestría no publicada. Escuela de Asuntos Ambientales, Universidad Metropolitana, San Juan PR.
- Quiñones, F. (2012). Impacto ambiental de pozos sépticos en Puerto Rico y su diseño y control. Recuperado de: [http://www.recursosaguapuertorico.com/Pozos\\_Septicos\\_en\\_PR\\_por\\_Ferdinand\\_Qui\\_ones\\_Abril\\_2012.pdf](http://www.recursosaguapuertorico.com/Pozos_Septicos_en_PR_por_Ferdinand_Qui_ones_Abril_2012.pdf)
- Rodríguez Martínez, J., Gómez Gómez, F., Santiago Rivera, L. & Oliveras Feliciano, M.L. (2002). Surface-water, water-quality, and ground-water assessment of the Municipio of Carolina, Puerto Rico, 1997-9. U.S. Geological Survey & Municipio Autónomo de Carolina. Water Resources Investigations Report 01-4267.
- Sharma, A. K., Tjandraatmadja, G. G., Grant, A. L., Grant, T. T., & Pamminer, F. F. (2010). Sustainable sewerage servicing options for peri-urban areas with failing septic systems. *Water Science & Technology*, 62(3), 570-585. doi:10.2166/wst.2010.205.
- Valencia, G. E., Silva, G. I. J. & Narváez, R. C. P. (2010). Sistemas descentralizados integrados y sostenibles para el tratamiento de aguas residuales domésticas. *Revista Ingeniería y Región*, 7.

## EVALUACIÓN DE LA CALIDAD MICROBIOLÓGICA DEL AGUA DEL CAÑO LA MALARIA Y EL RIESGO A LAS COMUNIDADES

Gloria M. Mendoza Pantojas, MSEM<sup>1</sup>, Christian Vélez, MSEM<sup>1</sup>, Beatriz Zayas, Ph.D.<sup>1</sup>, Karlo Malavé Llamas, MS<sup>2</sup>

---

Abstract - La Malaria Creek is located in Cataño, and with 12.8 km long has the function of collecting runoff water from an urban and industrial area before emptying into the Bay of San Juan. We conducted a water quality evaluation on the Caño La Malaria and its potential risks to the community health. We evaluated physic and chemical parameters such as pH and temperature, and the concentration of enterococci and fecal coliforms. We collected a total of 36 samples analyzing water by membrane filtration according to the EPA 1600 method. We performed the bacterial identification using the Biolog system. We compared the results with the standards established by the Environmental Quality Board (JCA). The sample results indicated the presence of pathogenic bacteria such as *Proteus mirabilis*, *Aeromonas veronii*, *Enterobacter aerogenes* and *Enterococcus faecalis*, *Methylbacterium mesophilicum*, *Ralstonia pickettii*, *Aeromonas schubertii*, *Cupriavidus gilardii* and *Raoultella terrigena*. The values for enterococci and fecal coliforms exceed the parameters established by the JCA. The microbiological contamination of the creek water poses a risk of exposition of the surrounding communities who use the estuary for recreational purposes. The proper management of the sanitary discharges at the community needs to be the priority for the pertinent agencies to decrease the potential risks to the human health.

*Palabras clave:* calidad de agua, coliformes fecales, enterococos fecales, Biolog, patógenas, factores de riesgo.

---

### Introducción

La ciénaga Las Cucharillas es uno de los humedales herbáceos más grandes en el área metropolitana de Puerto Rico. Como ecosistema, forma parte del estuario de la bahía de San Juan (EBSJ) y cuenta con una gran variedad de especies, algunas en peligro de extinción (Programa del Estuario de la Bahía de San Juan [PEBSJ], 2001). El caño La Malaria recorre los terrenos de la ciénaga Las Cucharillas con una longitud de aproximadamente 12.8 Km que se extienden desde la carretera

---

<sup>1</sup> Escuela de Asuntos Ambientales, Universidad Metropolitana, Aptdo. 21150, San Juan, PR  
gmendozapr@gmail.com • 787-766-1717

<sup>2</sup> Escuela de Ciencias y Tecnología, Universidad del Este, Aptdo. 2010, Carolina, PR 00984, 787-257-7373

PR-22, hasta su desembocadura en el EBSJ. Las quebradas Santa Catalina y San Diego alimentan al Caño con sus aguas. Además, el Caño recibe descargas de aguas residuales provenientes de viviendas cercanas que no cuentan con sistema sanitario ni pozos sépticos funcionales. Durante temporadas de lluvias intensas, el Caño se desborda y ocasiona inundaciones en las comunidades cercanas (Municipio de Cataño, 2005). Los sedimentos, basura y vegetación provocan el estancamiento del agua, razón por lo que el flujo de las aguas se ve afectado ocasionando inundaciones (Estado Libre Asociado de Puerto Rico [ELA], 2012).

En el 2010, la Agencia de Protección Ambiental (EPA, por sus siglas en inglés), incluyó al EBSJ en la lista de aguas inhabilitadas al cual se le requiere reportar la carga máxima diaria. Esta lista se enfoca en el manejo adecuado para el tratamiento de aguas contaminadas (EPA, 2010). Las descargas de aguas residuales domésticas e industriales no procesadas por lo general son responsables del deterioro de los acuíferos e impactan la salud pública (Line, White, Smith, & Potts, 2008).

Entre los contaminantes más frecuentes en el agua se encuentra la contaminación microbiana. En este grupo, tenemos algunas agentes patógenos para el ser humano que causan enfermedades como lo son el cólera, la disentería y problemas gastrointestinales, entre otras (Zuluaga et al., 2007). La presencia de materia fecal en el agua está relacionada con la presencia de estos agentes patógenos (Amador, Sotomayor, Martínez, Chen, & Bachoon, 2008). Entre los factores que influyen en la presencia de estos contaminantes en el agua, se encuentran, los desechos industriales y residenciales de fuentes puntuales y no puntuales, así como eventos climatológicos. Debido a que las alteraciones en los sistemas acuáticos y marinos provocan el deterioro de los mismos, resulta crucial que nos aseguremos de mantener medios favorables para el desarrollo de organismos acuáticos (Carmenate et al., 2012). En este estudio, evaluamos la calidad microbiológica del agua del caño La Malaria y el riesgo a las comunidades aledañas.

## **Método**

El área de estudio está ubicada en el caño La Malaria en Cataño. Los puntos de muestreo los rotulamos con las letras A, B y C (Figura 1). En cada punto, tomamos los parámetros de temperatura y pH del agua con un metro portátil calibrado de pH y temperatura (°C/F) Hanna modelo HI 98127. Sumergimos el metro en una profundidad aproximada de seis pulgadas para obtener la lectura de la temperatura y pH del agua. En cada punto, tomamos muestras de agua en triplicado, para un total de 36 muestras. Para obtener las muestras de agua, utilizamos bolsas estériles

Whirl-pak de 100ml, y las identificamos con la letra correspondiente, fecha y hora. Utilizando guantes, sumergimos una bolsa estéril contra corriente. Una vez dentro del agua, despegamos el sello permitiendo que el agua entrara hasta la línea que indica el máximo. Colocamos las muestras en una nevera con hielo para ser transportadas al laboratorio.

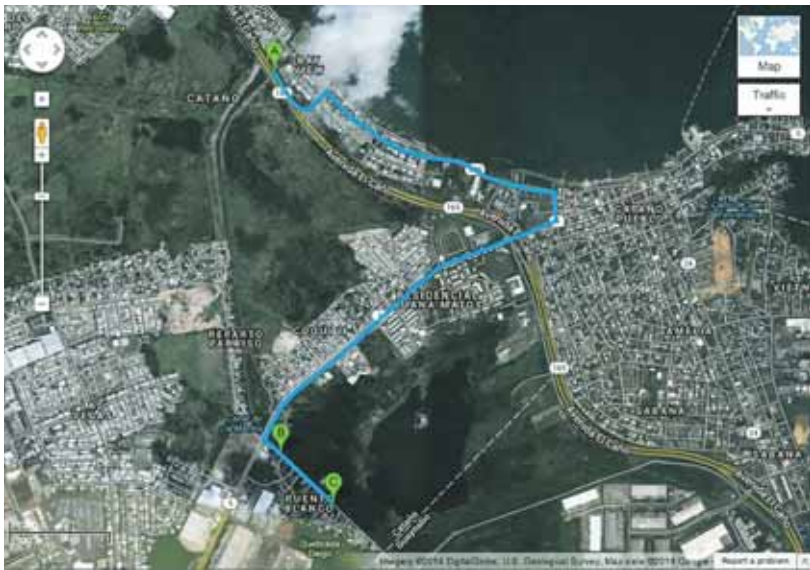


Figura 1. Área de estudio en el caño La Malaria en Cataño, indicando los tres puntos de muestreo.

Antes de pasadas seis horas de la recolección de muestras, procedimos a preparar el área de trabajo en el laboratorio. Dividimos las muestras por puntos y por cada punto de muestreo realizamos una filtración por membrana, según el método EPA-1600. Para realizar los cultivos de las muestras, por filtración, utilizamos el método EPA-821-R-02022 (EPA, 2002c). El aislamiento de bacterias lo llevamos a cabo en *triptic soy agar*, *mannitol salt agar*, *endo agar* y *MacConkey*. Estos son medios selectivos y diferenciales para las enterobacterias y organismos Gram negativos. El *mannitol salt* y el *MacConkey agar* son medios selectivos y diferenciales que permiten el crecimiento de microorganismos que toleran altas concentraciones de sal, así como el crecimiento de enterobacterias y otros organismos Gram negativos. En el caso del *triptic soy agar*, este medio permite el crecimiento de microorganismos aerobios y anaerobios, y también nos permitiría visualizar reacciones en las placas.

Para completar y proceder a la incubación preparamos placas Petri de 5 ml con los medios de cultivo: *triptic soy agar*, *MacConkey agar* y *mannitol salt agar*. Llevamos a cabo dos recultivos adicionales, en el mismo medio para purificar, esto

debido a que la cantidad de bacterias crecidas sobrepasaban los 300 CFU por cada 100 ml, lo cual consideramos como *too numerous to count* (TNTC, por sus siglas en inglés). Estriamos la placa por cuadrante en placas petri de 25 ml y recultivamos por 48 horas.

En ambos cultivos tuvimos TNTC, por lo que procedimos a realizar un tercer muestreo donde realizamos una dilución en serie con un factor de dilución de  $10^{-3}$ . Antes de transcurridas 18 horas de incubación, preparamos las muestras para obtener la identificación microbiológica utilizando el *Biolog GEN III MicroPlate* del fabricante Biolog. Este sistema es capaz de identificar microorganismos Gram positivos y negativos. Las muestras fueron depositadas en una microplaqueta con 96 pozos que contienen un tinte reductor de *tetrazolium violet*, en un medio de carbón. Este nos permite determinar colorimétricamente lo que ocurre en una célula oxidada (Holmes, Costa, Ganner, Lon, & Steven, 1994).

## Resultados y discusión

El estándar establecido para pH por la Junta de Calidad Ambiental (JCA) para aguas designadas como aguas superficiales (SD) es de entre 6.0 y 9.0 (Puerto Rico Environmental Quality Board [PREQB], 2000). En cuanto a la temperatura, la JCA establece que los valores no deben ser mayores de 32°C a menos que esté ocurriendo algún evento como tormentas. Nuestros resultados indican que la temperatura promedio fue de 28.3°C y la del pH de 7.17, por lo que los resultados obtenidos comprueban que tanto en los parámetros de temperatura como de pH cumplen los estándares establecidos para SD por la JCA. Mantener estos niveles de acuerdo a lo recomendado es crítico ya que son esenciales para la supervivencia de la mayoría de las plantas acuáticas y animales.

En cuanto al análisis de las bacterias, luego de realizar observaciones en todas las placas, determinamos que hubo crecimiento bacteriano en todas las placas (Tabla 1). En las placas de *mannitol salt agar* y *MacConkey*, observamos un cambio de color amarillo a violeta, el cual indica la presencia de fermentación. En las placas de *endo agar* prevalecieron las colonias de color verde metálico. El medio *endo agar* es un medio ligeramente selectivo y de diferenciación que se utiliza para aislar enterobacterias y otros bacilos Gram negativos. Los coliformes fermentan lactosa y producen colonias color rosa oscuro a rojizo con un brillo metálico verdoso. Características que podrían indicar la presencia de bacterias como *Escherichia coli*. En un 90% de las placas hubo fermentación completa, mientras que en el restante de las placas, observamos fermentación en algunas áreas de las placas, estas placas

la nominamos como fermentación parcial. La fermentación es indicativo de la presencia de bacterias Gram negativas, fermentadores de lactosa (Forbes, Sahm, & Weissfeld, 2002). La cantidad de colonias formada en cada placa fue clasificada como TNTC, ya que observamos un crecimiento de más de 300 *Unit Count Factor* (CFU, por sus siglas en inglés).

Tabla 1  
*Conteo bacterias (CFU) por punto y diluciones*

Punto de muestreo	CFU	Descripción	Punto de muestreo	CFU	Descripción
A-1	TNTC	crema, no colonias separadas, mucosa, brillante	A-1	100	crema, amarillo, anaranjado, redonda
A-2	TNTC	fucsia, vino intenso	A-2	280	crema, amarillo, redondas, glossy
A-3	2	rosa claro	A-3	1	amarillo
A-4	TNTC	fucsia, vino intenso, redonda convexa	A-4	232	rosa oscuro, amarillo oscuro
A-5	TNTC	vino, rosa claro, verde metálico, redonda convexa, brillante	A-5	165	crema, rosado claro
A-6	TNTC	vino, fucsia	A-6	237	crema, blanco
B-1	201	verde metálico brillante, fucsia, vino, redonda convexa	B-1	12	amarillo, rosa oscuro, redonda
B-2	167	verde metálico brillante, fucsia, vino, redonda convexa	B-2	19	rosa claro, amarillo, redonda
B-3	TNTC	verde metálico brillante, fucsia, vino, redonda convexa	B-3	52	rosa claro, rosa oscuro, amarillo, redonda
B-4	TNTC	vino, rosa oscuro	B-4	TNTC	rosa claro, rosa oscuro, redondas
B-5	TNTC	rosa oscuro	B-5	TNTC	rosa claro, rosa oscuro, amarillo, redonda
B-6	TNTC	vino, rosa oscuro	B-6	TNTC	rosa oscuro
C-1	TNTC	verde brillante, vino, rosa oscuro, redonda convexa	C-1	58	rosa oscuro, amarillo oscuro, redonda



C-2	TNTC	verde brillante, vino, rosa oscuro, redonda convexa	C-2	11	rosa oscuro, amarillo oscuro, redonda
C-3	TNTC	verde brillante, vino, rosa oscuro, redonda convexa	C-3	19	amarillo oscuro
C-4	TNTC	rosa claro, anaranjado, redonda y plana	C-4	19	rosa oscuro, anaranjado, crema, redonda convexa
C-5	240	amarillo, rosa claro, redonda convexa	C-5	23	amarillo, rosa, redonda
C-6	1	rosa claro, brillante, redonda y plana	C-6	TNTC	redonda, glossy, crema oscuro, rosa claro

En el caso de coliformes totales y enterococos fecales (Figura 2), nuestros resultados sobrepasan los parámetros establecidos por la JCA, donde se establecen que no se excederá de 10,000 colonias/ml de coliformes totales y de 200/ml de coliformes totales (JCA, 2004b).

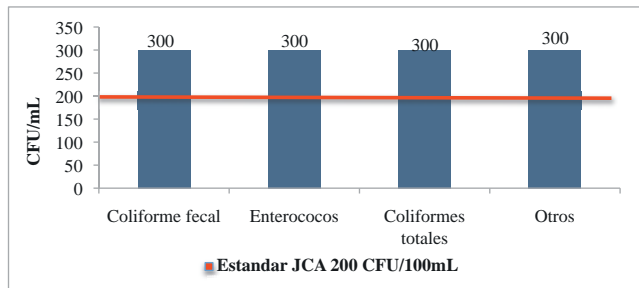


Figura 2. Resultados de los conteos (CFU/ml) de bacterias de origen fecal y la comparación con los límites de la JCA.

Los conteos en las placas de agar sobrepasaron en cada incubación más de 300 CFU por 100 ml (Figura 3). Por lo que procedimos a realizar un tercer muestreo usando dilución en serie, con diluciones de 1/10 ( $10^{-1}$ ), 1/100 ( $10^{-2}$ ) y 1/1000 ( $10^{-3}$ ). Un 48% de las bacterias identificadas por el sistema Biolog son consideradas patógenas (Figura 4). Encontramos que un 57% de las bacterias identificadas son relacionadas con heces fecales y sobrepasan los estándares establecidos por la JCA. La junta establece para aguas clasificadas como superficiales, estándares de 10,000 CFU/100mL coliformes totales y en el caso de coliformes fecales 200 CFU/100mL (JCA, 2003b; PREQB, 2004).

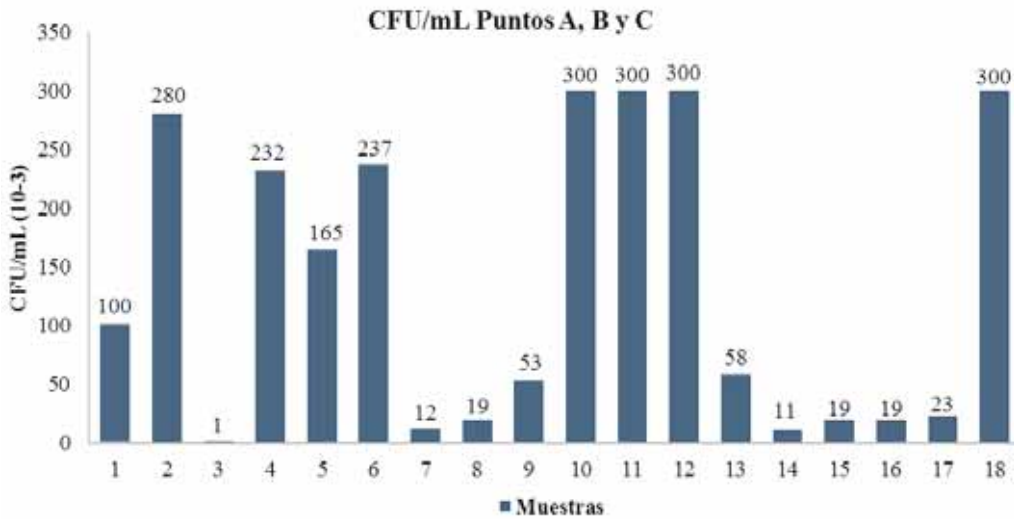


Figura 3. Resultados de los conteos (CFU/ml) de bacterias de origen fecal en placas de agar en los Puntos A, B y C en el caño La Malaria.

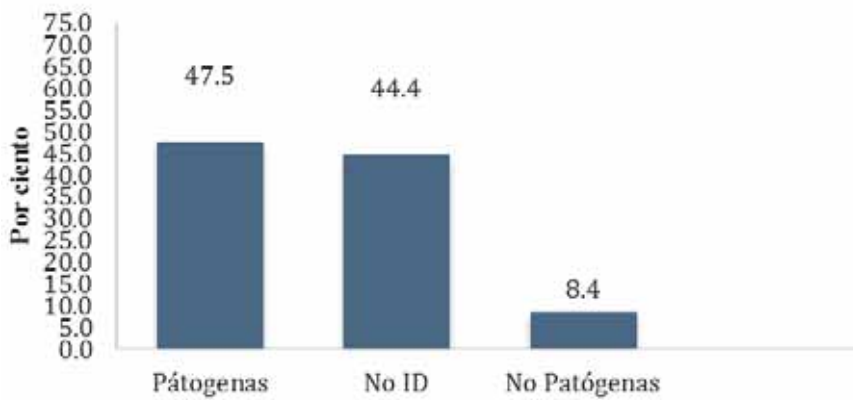


Figura 4. Identificación de la patogenicidad de las bacterias encontradas en los muestreos de agua, según el sistema Biolog.

La Tabla 2 presenta las bacterias que fueron identificadas en cada uno de los puntos de muestro, utilizando el sistema de Biolog. Las especies *Enterobacter aerogenes*, *Klebsiella spp.*, *Aeromonas veronii* y *Enterococcus faecalis* están relacionados a humanos, aves y animales (Saleem, Kamili, Kakru, & Bandh, 2013). Su presencia en el agua nos sirve como indicador de contaminación. Además, las especies

*Methylbacterium mesophilicum*, *Ralstonia pickettii*, *Aeromonas schubertii*, *Cupriavidus gilardii* y *Raoultella terrigena* también son asociadas con aguas contaminadas y relacionadas con enfermedades.

Tabla 2

*Bacterias identificadas por el sistema de Biolog, según los puntos de muestreo.*

Punto de muestreo	Identificación bacteriológica	Número	Por ciento
A	No ID	7	19.0
	<i>Methylbacterium mesophilicum</i>	2	5.6
	<i>Klebsiella pneumoniae</i>	1	2.8
	<i>Carnobacterium inbibens</i>	1	2.8
B	<i>Cupriavidus gilardii</i>	1	2.8
	<i>Paenibacillus wynnii</i>	1	2.8
	<i>Weisella halotolerans</i>	1	2.8
	<i>Lactobacillus acidophilus</i>	1	2.8
	<i>Methylbacterium mesophilicum</i>	1	2.8
	No ID	6	16.7
	<i>Enterobacter aerogenes</i>	1	2.8
	<i>Proteus mirabilis</i>	1	2.8
	<i>Bacillus argaradbaerens</i>	1	2.8
C	<i>Ralstonia pickettii</i>	1	2.8
	<i>Aeromonas schubertii</i>	1	2.8
	<i>Raoultella terrigena</i>	1	2.8
	<i>Klebsiella oxytoca</i>	1	2.8
	<i>Mycobacterium gadium</i>	1	2.8
	<i>Aeromonas veronii DNA group 10</i>	1	2.8
	<i>Enterococcus faecalis</i>	2	5.6
	No ID	3	8.3
Total de muestras		36	100.0

### Punto A

En el primer y segundo muestreo del Punto A, el sistema Biolog reportó como no identificación (No Id, por sus siglas en inglés), lo cual nos indica que

el crecimiento estuvo por debajo de los límites de detención del sistema. Este resultado no quiere decir que no exista la presencia de microorganismos en las placas. Como mencionamos antes, pudimos observar crecimiento bacteriano, así como fermentación en las placas de agar. Las placas con el medio *MacConkey* del Punto A fueron las que presentaron el color violeta más intenso. Esto sugiere la presencia de coliformes fecales o totales. Por esta razón, realizamos una dilución en serie para el tercer muestreo y específicamente en la dilución 1/1000. En esta dilución, el sistema identificó especies como *Methylbacterium mesophilicum*, *Carnobacterium inhibens*, *Ralstonia picketti* y *Klebsiella pneumoniae*.

*M. mesophilicum* es considerado un patógeno oportunista en pacientes inmunocomprometidos. Es un coco Gram negativo que puede tardar hasta 7 días en crecer; colonizan agua de grifo y áreas de examinación en oficinas dentales y equipos médicos como los catéteres (Rice, Reasoner, Johnson, & DeMaria, 2000). Se han reportado contagios a través del contacto con agua de ríos y por ingesta de vegetales crudos. Ha sido aislado de fluidos corporales, incluyendo sangre, líquido peritoneal, líquido cefalorraquídeo, líquido ascítico y synovial (Sander, Martin, Hooke, & Hooke, 2000). *Carnobacterium inhibens* es un organismo psicotolerante que ha sido aislado en comidas refrigeradas. Tiene la capacidad de inhibir bacterias patógenas en algunos peces como lo es el caso del salmón del Atlántico (Jobborn, Dorsch, Olsson, Westerdahl, & Kjelleberg, 1999). *Ralstonia picketti* es considerada patógeno oportunista. Las infecciones asociadas a esta bacteria pueden incluir bacteremias y septicemias causada por soluciones que estén contaminadas, como por ejemplo, agua destilada y agua para soluciones. También es relacionada con meningitis, artritis séptica y osteomielitis. Se han registrado muertes en casos individuales relacionados con *R. pickettii* (Ryana, Pembrokeb, & Adleya, 2005). Por último, en el punto A también detectamos la presencia de la enterobacteria *Klebsiella pneumoniae*. Esta bacteria es asociada con infecciones como la neumonía, infecciones del torrente sanguíneo y meningitis (Centers for Disease Control and Prevention [CDC], 2012).

## Punto B

En el Punto B, identificamos la presencia de *Enterobacter aerogenes*. Esta bacteria es responsable del 8.6% de las infecciones nosocomiales reportadas. Se puede encontrar tanto en suelos, agua, humanos como en animales (Jalaluddin, Devaster, Gerard, & Butzler, 1998). También, identificamos la presencia de *Proteus mirabilis*, la cual es causante de infecciones en el tracto urinario en individuos con inmunodeficiencias o con catéteres (Burall et al., 2004). *P. mirabilis* también está

relacionada con septicemias, especialmente en pacientes inmunocomprometidos y producir infección pulmonar (Rahman, Petter, Asokan, Hughes, & Carlson, 1999; Villamil et al., 2006).

Para este Punto, al igual que en el Punto C, aislamos la bacteria *Enterococcus faecalis*, la cual es considerada un agente patógeno nosocomial. De esta bacteria, Saval, Heikens, y Huebner (2010) reportaron cepas multi-resistentes a antibióticos, lo cual es de suma preocupación ya que la multi-resistencia a antibióticos hace las opciones de tratamiento cada vez más limitadas. Estudios recientes demuestran la tolerancia de esta bacteria a metales pesados, cuando han sido expuestas a ambientes contaminados con metales (Aktan, Tan, & Iegen, 2013). Cabe señalar que los estudios realizados en los sedimentos del caño La Malaria documentan la presencia de metales pesados (Febres & Morales, 2013).

En el tercer muestreo cultivado en el medio MacConkey a una dilución de 1/1000, aislamos la bacteria bacilo Gram positiva, *Weisella haoltolerans*. Esta bacteria es aislada de vegetales frescos, plantas de zonas desérticas, productos embutidos y de aguas residuales. Ha sido aislada de las truchas *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum) en China y asociada con enfermedades en peces (Yu, Li, Cheng, & Yang, 2009). También identificamos el bacilo Gram negativo, *Cupriavidus gilardii*, el cual se ha aislado de plantas y suelos contaminados con metales pesados. También ha sido recuperado de líquido cefalorraquídeo, médula ósea, heridas y el tracto respiratorio y en el esputo de pacientes con fibrosis quística (Karafin, Romagnoli, & Carroll, 2010). *Paenibacillus wynnii*, anaerobio facultativo, motil capaz de crecer a temperaturas tan bajas como 4°C forman esporas elipsoidales y fijadoras de nitrógeno (Rodríguez et al., 2005).

### **Punto C**

En el Punto C, identificamos la bacteria *Klebsiella oxytoca*, la cual ha sido recuperada en ambientes acuáticos que reciben desechos de aguas industriales como fábricas de papel o madera (Minami, Okabe, Shiode, & Hayashi, 1989). Es considerada un patógeno oportunista nosocomial que puede causar infecciones pulmonares en caballos, ganado y aves (Brisse, Grimont, & Grimont, 2006). También aislamos la bacteria *Aeromonas veronii*, la cual habita en aguas frescas y es un patógeno de vertebrados e invertebrados. Investigaciones de esta bacteria demuestran su virulencia especialmente en peces (Sreed, Philip, & Bright, 2013; Abbot, Serve, & Janda, 1994). Además, ha sido asociada como organismo simbiote de sanguijuelas de uso medicinal (Silver et al., 2011).

*Aeromonas schubertii* ha sido aislada de úlceras, fluido pleural y sangre. Asociada con casos de celulitis (Carnahan, Fanning, Pass, & Joseph, 1989). Investigaciones en peces demuestran especies infectadas con *A. schubertii* mostraron necrosis, congestión en el hígado, el riñón y el bazo además de daño en el músculo cardíaco, intestino y branquias (Chen, Liang, Zhuo, Wu, & Zou, 2012). *Raoultella terrigena* está clasificada como una enterobacteria bacilo Gram negativo que ha sido asociada de sepsis en humanos (Muddassir, Shaikh, & Morgan, 2011). Aislamos también *Mycobacterium gadium* y *Bacillus agaradhaerens*; sin embargo, hasta el momento no han sido asociadas con ninguna enfermedad en humanos ni en animales.

Los valores que obtuvimos para coliformes fecales evidencian que los parámetros establecidos por la JCA para este grupo se exceden. Los coliformes son utilizados en Puerto Rico como indicadores y componen este grupo las enterobacterias, *Klebsiella*, *Escherichia coli*, las cuales son buenas indicadoras de contaminación. Una muestra representativa es considerada positiva de presentar valores mayores de 10,000 colonias/100 ml de coliformes totales o 200 colonias/100 ml de coliformes fecales (EPA, 2002b). En el caso de coliformes fecales, los mismos sobrepasan los estándares de igual forma la presencia de otras bacterias asociadas a contaminación fecal como lo es *Proteus mirabilis*. En el caso de enterococos fecales, nuestros resultados también sobrepasan los estándares establecidos por la JCA, donde se espera que no exista presencia de enterococos fecales para aguas superficiales (Figura 4).

## Conclusiones y aplicaciones futuras

Esta evaluación de la calidad del agua del caño La Malaria reveló que la contaminación microbiológica sobrepasa los estándares establecidos para cuerpos de aguas superficiales (SD), según establece la Junta de Calidad Ambiental. El tipo de bacterias presentes están asociadas a descargas sanitarias. Esta situación pone en posible riesgo de enfermedades a las comunidades cercanas que utilizan el área para actividades recreativas.

Es meritorio el desarrollo e implementación de estrategias de restauración y manejo que minimicen el impacto de las actividades que se llevan a cabo alrededor del Caño. Entre estas estrategias, es necesario que se incluya un programa de concienciación a las comunidades aledañas para que conozcan el estado de este cuerpo de agua, las consecuencias de las malas prácticas de disposición de basura y de las descargas sanitarias en estos cuerpos de agua. De igual forma, es necesario que las agencias encargadas tomen acción inmediata para atender el problema de las

descargas de aguas sanitarias al Caño, ya que representan un alto riesgo para la salud humana, según lo demuestra la cantidad de patógenos encontrados.

### **Agradecimientos**

Al proyecto URGREAT-MBRS-RISE (#Grant 5R25-GM066250) de la escuela de Ciencias y Tecnología de la Universidad del Este por el uso del laboratorio y equipos durante la investigación. A las estudiantes Johannys Jiménez y Melanie De la Rosa del proyecto URGREAT-MBRS-RISE. Al Sr. Luis Enrique por el apoyo con los muestreos y geo localización de los puntos de muestreo.

---

### **Literatura citada**

- Abbot, S., Serve, H., & Janda, J. (1994). Case of *Aeromonas veronii* (DNA Group 10) bacteremia. *Journal of Clinical Microbiology*, 32(12), 3091-3092. Recuperado de <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7883912>
- Agencia de Protección Ambiental. [EPA]. (2002b). Puerto Rico water quality assessment report, assessed waters of Puerto Rico by watershed Recuperado de [http://www.iaspub.epa.gov/waters10/attains\\_state.control?p\\_state=PR](http://www.iaspub.epa.gov/waters10/attains_state.control?p_state=PR)
- Agencia de Protección Ambiental. [EPA]. (2002c). Method 1600: Enterococci in water by membrane filtration using membrane-Enterococcus indoxyl- $\beta$ -D-Glucoside Agar (mEI). Recuperado de <http://www.epa.gov/microbes/documents/1600sp02.pdf>
- Agencia de Protección Ambiental. [EPA]. (2010). Fact sheet on Puerto Rico's 2010 impaired water list. Recuperado de [http://www.epa.gov/region02/water/waterbodies/2010pr\\_final\\_impairedwaters\\_fs\\_final.pdf](http://www.epa.gov/region02/water/waterbodies/2010pr_final_impairedwaters_fs_final.pdf)
- Aktan, Y., Tan, S., & Iegen, B. (2013). Characterization of lead resistant river isolate *Enterococcus faecalis* and assessment of its multiple metal. *Environmental Monitor Assessment*, 5285-5293. doi: 10.1007/s10661-012-2945-x.
- Amador, J., Sotomayor, D., Martínez, G., Chen, L., & Bachoon, D. (2008). Tracking human

- faecal contamination in tropical reservoirs in Puerto Rico. *Lake & Reservoirs: Research and Management*, 13(4), 301-317. doi:10.1111/j.1440-1770.2008.00378.x.
- Brisse, S., Grimont, F., & Grimont P. (2006). The genus *Klebsiella*. *Prokaryotes*, 6, 159-196. doi: 10.1007/0-387-30746-x\_8.
- Burall, L., Harro, J., Li, X., Lockatell, C., Himpf, S., Hebel, R., Johnson, D., & Mobley, H. (2004). *Proteus mirabilis* genes that contribute to pathogenesis of urinary tract infection: identification of 25 signature-tagged mutants attenuated at least 100-fold. *Infect Immunology*, 72(5), 2922-38. doi: 10.1128/IAI.72.5.2922-2938.2004.
- Carmenate, M., Arriaza, L., Busutill, A., Durán, A., García, C., & García, I. (2012). Calidad del agua marina en un tramo costero con uso industrial de la provincia la Habana. *Ocean Documents*. Recuperado de <http://www.oceandocs.org/handle/1834/3565>.
- Carnahan, A., Fanning, M., Pass, M., & Joseph, S. (1989). Characterization of *Aeromonas schubertii* strains recently isolated from traumatic wound infections. *Journal of Clinical Microbiology*, 27(8), 1826-1830. doi: 0095-1137/89/081826-05\$02.00/0.
- Center for Disease Control and Prevention. [CDC]. (2012). *Klebsiella pneumoniae* in healthcare settings Recuperado de <http://www.cdc.gov/HAI/organisms/klebsiella/klebsiella.html>
- Chen, Y., Liang, R., Zhuo, X., Wu, X., & Zou, J., (2012). Isolation and characterization of *Aeromonas schubertii* from diseased snakehead, *Channa maculata* (Lacepède). *Journal of Fish Diseases*, 35(6), 421-430. doi:10.1111/j.1365-2761.2012.01362.x
- Estado Libre Asociado de Puerto Rico. [ELA, PR]. (2012). Informe R. de la C. 2069. Recuperado de <https://www.camaraderepresentantes.org>
- Febres, L. M., & Morales, C. (2013). Presencia de metales pesados en el área urbana asociada a la Reserva Natural Ciénaga Las Cucharillas. *Perspectivas en Asuntos Ambientales*, 2, 149-162. Recuperado de [http://issuu.com/panorama\\_pr/docs/perspectivas\\_2da\\_edici\\_\\_n](http://issuu.com/panorama_pr/docs/perspectivas_2da_edici__n)



- Forbes, B., Sahm, D., & Weissfeld, A. (2002). *Bacteriology*. Bailey & Scott Diagnostic Microbiology, eleventh edition. Mosby an affiliate of Elsevier publisher. 260 - 285.
- Holmes, B., Costa, M., Ganner, M., S. Lon., & Steven, M. (1994). Evaluation of biolog system for identification of some Gram negative bacteria of clinical importance. *Journal of Clinical Microbiology*, 32(8), 1970-1975. Recuperado de <http://jcm.asm.org/>
- Jalaluddin, S., Devaster, R., Gerard, M., & Butzler, J. (1998). Molecular epidemiological study of nosocomial *enterobacter aerogenes* isolates in a Belgian hospital. *Journal of clinical microbiology*, 36(7), 1846-1852. Recuperado de <http://jcm.asm.org/>
- Jobborn, A., Dorsch, M., Olsson, C., Westerdahl, A., & Kjelleberg, S. (1999). *Carnobacterium inhibens* sp. nov., isolated from the intestine of Atlantic salmon. *International Journal of Systematic Bacteriology*. 49(4), 1891-1898. doi: 10.1099/00207713-49-4-1891.
- Junta de Calidad Ambiental. [JCA]. (2003b). Contaminación del agua. Estado Libre Asociado de Puerto Rico. Oficina de la Gobernadora. Recuperado de <http://www2.pr.gov/agencias/jca/areasproGramaticas/Biblioteca/Documents/contaminacionAgua.pdf>
- Junta de Calidad Ambiental. [JCA]. (2004b). Informe sobre el estado y condición del ambiente en Puerto Rico. Recuperado de <http://www2.pr.gov/agencias/jca/Documents/Publicaciones de Interés/Informes Ambientales/Informe Ambiental 2004/Capítulo 2 Recurso Agua.pdf>
- Karafin, M., Romagnoli, L., & Carroll, K. (2010). Fatal infection caused by *Cupriavidus gilardii* in a child with aplastic anemia. *Clinical Microbiology*, 48(3), 1005–1007. doi: 10.1128/JCM.01482-09.
- Line, D., White, N., Smith, K., & Potts, J. (2008). Fecal coliform export from four coastal North Carolina areas. *Journal of the American Water Resources Association*, 44(3), 606-617. doi: 10.1111/j.1752-1688.2008.00185.x.
- Minami, J., Okabe, A., Shiode, J., & Hayashi, H. (1989). Production of a unique cytotoxin by *Klebsiella oxytoca*. *Microbial Pathogenesis*, 7(3), 203-11. doi: 10.1016/0882-4010(89)90056-9.

- Muddassir, M., Shaikh, L., & Morgan, M. (2011). Sepsis caused by *Raoultella terrigena*. *Royal Society of Medicine Press Journal*, 2(6), 49. doi: 10.1258/shorts.2011.010127
- Municipio de Cataño. (2005). Historia del pueblo de Cataño. Recuperado de <http://www2.pr.gov/municipios/catano/catano/Pages/Historia.aspx>
- Puerto Rico Environmental Quality Board. [PREQB]. (2000). Goals and progress of statewide water quality management planning Puerto Rico 1998-1999. Recuperado de <http://www2.pr.gov/agencias/jca/Documents/Publicaciones%20de%20Interés/Informes%20Ambientales/Informe%20Ambiental%202000/1.%20Agua.pdf>
- Programa del Estuario de la Bahía de San Juan. [PEBSJ]. (2001). Plan integral de manejo y conservación para el estuario de la Bahía de San Juan (Volumen 1). San Juan, Puerto Rico: United States Environmental Protection Agency.
- Puerto Rico Environmental Quality Board. [PREQB]. (2004). Puerto Rico water quality inventory and list of impaired waters. Puerto Rico. Final report. Recuperado de <http://water.epa.gov/scitech/swguidance/standards/criteria/nutrients/upload/PR-2010-Nutrient-Plan.pdf>
- Rahman, M., Petter, J., Asokan, K., Hughes, C., & Carlson, R. (1999). The structure of the colony migration factor from pathogenic *Proteus mirabilis*: a capsular polysaccharide that facilitates swarming. *Journal of Biology*, 274(33), 22993-22998. doi:10.1074/jbc.274.33.22993.
- Rice, E., Reasoner, D., Johnson, H., & DeMaria, L. (2000). Monitoring for methylobacteria in water system. *Journal of Clinical Microbiology*, 38(11), 4296-4297. doi: 0095-1137/00/S04.00+0.
- Rodríguez, M., Lebbe, L., Rodelas, B., Heyrman, J., De Vos, P., & Logan, N (2005). *Paenibacillus wynnii* sp. nov., a novel species harboring the nifH gene, isolated from Alexander Island, Antarctica. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 55(5), 2093-2099. doi: 10.1099/ijs.0.63395-0.
- Ryana, M., Pembroke, J., & Adley, C. (2005). *Ralstonia pickettii*: a persistent Gram-negative nosocomial infectious organism. *Journal of Hospital Infection*, 62(3), 278-284.

doi:10.1016/j.jhin.2005.08.015.

- Saleem, S., Kamili, A., Kakru, D., & Bandh, S. (2013). Water quality assessment of dal lake, Kashmir using the coliforms as indicator bacteria. *New Biological Reports*, 2(1), 30-35. doi.org/10.1007/s11033-012-2426-x.
- Sander, J., Martin, J., Hooke, M., & Hooke, J. (2000). Methyl *bacterium mesophilicum* infection: Case report and literature review of an unusual opportunistic pathogen. *Clinical Infection Diseases*, 30(6), 936-938. doi: 10.1086/313815.
- Saval, G., Heikens, E., & Huebner, J. (2010). Pathogenesis and immunity in enterococcal infections. *Clinical Microbiology and Infectious Diseases*, 16(6), 533-340. doi:0.1111/j.1469-0691.2010.03213.x.
- Silver, A., Williams, D., Faucher, J., Homeman, A., Gogarten, J., & Graf, J. (2011). Complex evolutionary history of the *Aeromonas veronii* group revealed by host interaction and DNA sequence data, 6(2). doi: 10.1371/journal.pone.0016751.
- Sreed, K., Philip, R., & Bright, I. (2013). Characterization and virulence potential of phenotypically diverse *Aeromonas veronii* isolates recovered from moribund fresh water ornamental fishes of Kerala, India. *Springer Science*, 103(6), 53-67. doi: d.1007/5104820129786-2.
- Villamil, I., Vanden, A., Villacián, M., Martínez, R., Rodríguez, L., & Rodríguez, M. (2006). Neumonía comunitaria por *Proteus mirabilis*. *Anales de Medicina Interna*, 23(3). doi: 10.4321/S0212-71992006000300016.
- Yu, J., Li, L., Cheng, J., & Yang, W. (2009). First description of a novel *Weissella* species as an opportunistic pathogen for rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum) in China. *Veterinary Microbiology*, 136, 314–320. doi:10.1016/j.vetmic.2008.11.027.
- Zuluaga, J., Drovand, A., Filippini, M., Valdes, A., Cónsoli, D., Bermejillo, A., Nacif, N. (2007). Caracterización de contaminantes del río Blanco previo a su descarga en el embalse potrerrillos, Mendoza. *Instituto Nacional del Agua*. Recuperado de <http://www.cadp.org.ar/docs/congresos/2008/81.pdf>

## EVALUACIÓN BACTERIANA EN VEGETALES DE HOJAS VERDES PRODUCIDOS EN HIDROPÓNICO Y SU POSIBLE RIESGO A LA SALUD HUMANA

Mario E. Díaz Rivera<sup>1</sup>, MSEM, Christian Vélez<sup>1</sup>, MSEM, Beatriz Zayas, Ph.D.<sup>1</sup>,  
Karlo Malavé Llamas, MS<sup>2</sup>

---

Abstract – The Food World Organization has categorized the foodborne diseases (FBD) as a general public health problem especially for the young, elderly and immunocompromised risk-groups. Raw leafy green vegetables consumption has been associated as a risk factor for *Salmonella* spp. and *Escherichia coli* O157:H7 related diseases. We evaluated the presence and number of pathogenic bacteria in the green leafy vegetable (*Lactuca sativa*) produced in two hydroponic systems farms in Puerto Rico. We analyzed water and leaf samples utilizing membrane filtration (EPA 1600 method). CFU/ml and pathogen identification were made. All water samples were TNTC while leaf samples were 33%. Results from external leaves were 67% TNTC compared to 17% for external/internal leaves. We identified 24 microorganisms in the three culture media (MSA, TSA and MC). In conclusion, results obtained for all the water samples (TNTC) reflects the poor water quality where the *Lactuca sativa* grows. Also, the greater contact the leaf of the *Lactuca sativa* has with the water source, the greater probability to host a pathogen. The presence of *Salmonella* spp. and *Escherichia coli* O157:H7 were not found in any sample tested. The most relevant pathogen found related to the FBD was *Enterococcus faecalis*. Given the microbial diversity found in this study, we propose the need for more strict sanitary control to ensure the quality of food that is consumed daily by our citizens.

Keywords: *Lactuca sativa*, patógenos, contaminación de alimentos, ETA's, sistema hidropónico, manejo de riesgo

---

### Introducción

La contaminación biótica es un tema de discusión en la comunidad científica a nivel mundial (Havelaar et al., 2010). Son múltiples las bacterias, parásitos y virus que pueden llegar a causar serios problemas de salud causados por la ingesta de alimentos, conocidos como las Enfermedades Transmitidas por Alimentos (Barrantes & Achí, 2011). Esta asociación ha sido mayor cuando se ingieren en estado crudo.

---

<sup>1</sup> Escuela de Asuntos Ambientales, Universidad Metropolitana, Aptdo. 21150, San Juan, PR 00928, 787-766-1717

<sup>2</sup> Escuela de Ciencias y Tecnología, Universidad del Este, Aptdo. 2010, Carolina, PR 00984, emildiaz23@gmail.com • 787-257-7373

Los patógenos transmitidos por alimentos han sido catalogados como un peligro biológico (Ofor et al., 2009). La presencia de *Escherichia coli* O157:H7 en conjunto con *Salmonella spp.*, han sido identificados como los principales patógenos asociados a enfermedades y brotes alrededor del mundo causados por la ingesta de alimentos. Entre las principales condiciones asociadas a las Enfermedades Transmitidas por Alimentos (ETAs) se incluyen: diarrea, gastritis, gastroenteritis, fiebre tifoidea y shigelosis (Rivera et al., 2009; Callejas et al., 2011; Beuchat, 1996). Las ETAs han sido catalogadas por la Organización Mundial de Alimentos (OMA) como un problema de salud pública (Barrantes & Achi, 2011). Esta situación ha provocado que se realicen investigaciones más profundas que identifiquen los factores asociados a la contaminación microbiana de los alimentos.

No cabe duda que los vegetales de hoja verde proveen numerosos beneficios para la salud del ser humano. Su consumo en estado crudo presenta un mayor riesgo de transmitir enfermedades causadas por bacterias patógenas, pues no existe una etapa que elimine la mayoría de la carga microbiana presente en ellos previo a su comercialización (Barrantes & Achí, 2011; Heaton & Jones, 2007; Erkam & Vural, 2008; Bordini, Asturiano, Jakabi, & Gelli, 2007). Es por ello que el consumo de vegetales de hoja verde ha sido visto como un factor de riesgo de infección con patógenos como los son *Salmonella spp.* y *Escherichia coli* O157:H7, a raíz de los brotes vinculados por la ingesta de estos productos (Abadías, Usall, Anguera, Solsona, & Viñas, 2008; Vandamm, Li, Harris, Schaffner, & Danyluk, 2013; Havelaar et al., 2010; Callejas et al., 2011; De Giusti et al., 2010; Zhang et al., 2009). En su mayoría, las enfermedades causadas por *Salmonella spp.* se vinculan a vegetales de hoja verde en la que las lechugas son la de mayor asociación. La contaminación bacteriana en vegetales de hoja verde se ha relacionado a la calidad del agua con el cual es regada. Por lo tanto, cuando el agua entra en contacto con los vegetales frescos, existe una posibilidad mayor de contaminación por patógenos que, ciertamente, dependerá de la calidad del recurso agua. Además, existen otros factores que inciden en la contaminación por patógenos como el estado del cultivo y el tipo de vegetal, el tiempo que transcurre entre el contacto y la cosecha, y la forma en que se manejen los vegetales una vez han sido recolectados (FAO, 1998).

Hoy día, la mayoría de estos productos se cultivan mediante mecanismos agrícolas alternos como los hidropónicos. Estos sistemas de cultivos son excelentes recursos para la rápida producción. No obstante, existe poca información sobre la calidad microbiológica que poseen los productos cosechados por este método en Puerto Rico. La falta de información sobre la calidad microbiológica en los alimentos

producidos en sistemas de hidropónicos en la Isla nos llevó a realizar este estudio. El objetivo fue analizar el tipo y cantidad de bacterias presentes en la lechuga, *Lactuca sativa* que es una variedad tropicana, así como la calidad microbiológica del agua en la cual crece. Además, clasificar los patógenos presentes en la *Lactuca sativa* e identificar el riesgo que presenta a la salud de la población para recomendar alternativas en el manejo de riesgo.

## Método

Para el análisis del estudio, seleccionamos dos fincas de hidropónicos en la Isla, las cuales denominamos F1 y F2. En cada finca, realizamos toma de muestras de hojas de lechuga y del agua en la cual crecen. Seleccionamos tres tubos de riego (1, 2 y 3) para tomar las muestras en tres puntos: inicio (A), centro (B) y final (C), basado en la ubicación del tubo hidropónico y su cercanía al sistema de agua. Con guantes estériles, coleccionamos de 3-4 hojas del mazo de lechuga en cada punto de muestreo. Para evaluar la diferencia, seleccionamos hojas de dos lugares (posición más externa e interna) en los tubos 1 y 2. Del tubo 3, seleccionamos solo hojas de la parte externa. Esto equivale a un total de 9 muestras de hojas y 9 muestras de agua, para un total de 18 muestras por finca y un total de 36 muestras para el estudio. Para la toma de 20 g de hojas y 100 ml de agua, utilizamos bolsas estériles de 100 ml *Whirlpack*, según el estudio de Abadías, Usall, Anguera, Solsona, y Vinas (2008). Las muestras fueron colocadas en nevera a temperatura aproximada de -7 °C hasta ser llevadas al laboratorio. El manejo de las muestras se llevó a cabo antes de seis horas desde su colección. Utilizamos el método EPA 1600 para la recolección y el manejo de las muestras.

## Manejo de las muestras

*Agua* – Filtramos los 100 ml recolectados a través de una membrana de celulosa de 0.45 µm. Descartamos el agua filtrada y utilizamos la membrana para el análisis bacteriológico.

*Hojas* – Añadimos 25 ml de agua destilada a la bolsa utilizada en la colección de la muestra. Por 10 min consecutivos, movimos delicadamente la bolsa con la muestra para asegurar desprender cualquier microorganismo en su superficie. Posteriormente, retiramos las hojas y filtramos el agua a través de una membrana de celulosa de 0.45 µm. Descartamos el agua filtrada y utilizamos la membrana para el análisis bacteriológico.

## **Análisis bacteriológico**

Utilizamos el método EPA 1600 para determinar el crecimiento y conteo de colonias, tanto en las muestras de agua como las hojas. Utilizando una pinza estéril, procedimos a retirar la membrana y colocarla en un plato Petri de 35 mm en presencia del agar correspondiente: *Tryptic Soy Agar*, *McConkey Agar* o *Mannitol Salt Agar*. Seleccionamos estos agares ya que son los más utilizados según la literatura, además de ser medios de cultivo selectivos para enterobacterias y microorganismos gram negativos. Incubamos las muestras por 72 hr a 28°C. Procedimos a contar las colonias de mayor abundancia.

Llevamos a cabo subcultivos para purificar y obtener mayor rendimiento para su identificación. Reduciendo de esta manera alguna contaminación existente, si alguna, en la muestra. Además, para evaluar otras características de la bacteria como su patrón de fermentación. Para ello, seleccionamos la colonia de mayor prominencia y la subcultivamos en su respectivo medio de cultivo (*Tryptic Soy Agar*, *McConkey Agar* o *Mannitol Salt Agar*) y los incubamos por 48 hr a 28°C.

Luego de los subcultivos, procedimos a seleccionar la colonia discreta de cada muestra. La colocamos en 20 ml de *inoculating fluid* (IF, por sus siglas en inglés) y la colocamos en el turbidómetro hasta alcanzar el 80% de turbidez. Vertimos el contenido en una bandeja estéril *Biolog*. Añadimos 10 µl en 12 celdas del *Biolog Gen 3 MicroArray Panel* e incubamos por 18 hr para su análisis e identificación del microorganismo presente.

Utilizamos el programa MiniTab 14 para el análisis descriptivo y la prueba t-pareado. Consideramos con significancia valores de  $p > 0.05$ .

## **Resultados y discusión**

Las muestras se organizaron según el punto de muestreo y la finca. La Tabla 1 presenta el crecimiento de colonias (CFU, por sus siglas en inglés) por mililitros para las muestras de lechuga y agua obtenidas en ambas fincas. Cada finca tuvo un 33% (3/9) de crecimiento de colonias sobre el valor de 300 CFU por mililitro, consideradas como muy numerosas para contar (TNTC, por sus siglas en inglés). Todos los resultados obtenidos para las muestras de agua fueron TNTC. Para ambas fincas, este dato refleja la cuestionable calidad del agua en la cual crece la lechuga. Cuando comparamos la concentración bacteriana, en CFU, de las muestras de lechuga vs agua por finca, encontramos que existe una diferencia estadísticamente significativa ( $p = 0.004$ ) entre los mismos. Los resultados demostraron consistencia confirmando la pobre calidad del agua. El 67% de las muestras con hojas externas (tubo 3) y el 11%

de las muestras de hojas internas y externas (tubos 1 y 2) revelaron valores TNTC de CFU. Este dato puede significar que mientras mayor contacto tengan las hojas con el agua, su carga microbiana será más alta comparada con el resto de la lechuga.

Tabla 1

*Resultados obtenidos de crecimiento de colonias por mililitros (CFU/ml) en hojas de Lactuca sativa y el agua en la cual crece.*

Punto de muestreo	CFU/ml			
	F-1		F-2	
	Hojas	Agua	Hojas	Agua
A1	70.0	TNTC	15.0	TNTC
A2	13.0	TNTC	32.0	TNTC
A3	4.0	TNTC	TNTC	TNTC
B1	TNTC	TNTC	26.0	TNTC
B2	26.0	TNTC	17.0	TNTC
B3	TNTC	TNTC	TNTC	TNTC
C1	9.0	TNTC	4.0	TNTC
C2	TNTC	TNTC	6.0	TNTC
C3	5.0	TNTC	TNTC	TNTC

Los números (1, 2 y 3) representan los tubos de riego y las letras (A, B y C) representan los puntos de muestreo: inicio (A), centro (B) y final (C). TNTC = CFU/ml > 300. Cuando se compararon los CFU de las muestras de hoja de lechuga versus las del agua en la cual crece, existe diferencia significativa entre ambas ( $p = 0.004$ ).

En la Tabla 2 presentamos el porcentaje de muestras que llevaron a cabo el proceso de fermentación en los medios de cultivo selectivos para el primer y segundo subcultivo. Estos resultados nos indican que muchas de las cepas de nuestros microorganismos aislados son capaces de fermentar la lactosa, además de crecer en ambientes con pH ácido. En el caso de MSA es un medio diferencial de estafilococos. Este medio de cultivo se utiliza para el crecimiento de especies que son capaces de crecer a altas concentraciones de sal, que pueden fermentar el manitol, produciendo un color amarillo. En los dos subcultivos del medio MC realizados en la Finca 1, se obtuvo un 33% de fermentación para las muestras de hojas, mientras que para



las muestras de agua fue de 66%. Si comparamos estos valores con los de la Finca 2 se observa que para el primer y segundo subcultivo en hojas no ocurrió ningún proceso fermentativo, mientras que para las muestras de agua el primer subcultivo fermentó en un 100%, mientras que el segundo subcultivo disminuyó a un 33%. En el caso de TSA, para ambos subcultivos en la Finca 1, se aprecia que en las muestras de hojas ocurrió la fermentación en un 33%, sin embargo en agua no se observó ningún proceso fermentativo. Los resultados para la Finca 2 tanto para las muestras de hojas y agua ocurrió fermentación de un 33% en ambos subcultivos. Mientras que para el MSA, en la Finca 1, ocurrió un proceso de fermentación en hojas de 100% en ambos subcultivos. Para las muestras de agua, la fermentación del primer subcultivo fue un 33% comparado con el segundo subcultivo, en el cual aumentó a un 66%. Sin embargo, en la Finca 2, para las muestras de hojas no hubo cambio ya que el 100% de las muestras fermentaron en ambos subcultivos, en comparación con el de hojas en el cual el primer subcultivo fermentó en un 100% vs un 66% en el agua con el cual crece el vegetal.

Tanto en agua como las hojas, en los medios de cultivo diferenciales utilizados existe la presencia de bacterias gram-negativas a las cuales se les atribuye el proceso de fermentación ocurrido en nuestras muestras. Estos resultados reflejan entonces que los microorganismos aislados y cultivados, con alta probabilidad, pertenecen a los grupos de coliformes fecales. Por tanto, el agua de riego y donde crecen las lechugas contienen estos organismos que, por su relación con organismos patógenos, no deben estar presentes en agua o alimento. Esto cobra particular importancia si tomamos en consideración que la lechuga es una parte importante en nuestra dieta y es un alimento que principalmente se come crudo. Al no pasar por el proceso de cocción, estas bacterias permanecerán en el alimento al momento de consumo. Entonces, es importante que la cantidad y tipo de bacterias aisladas no estén presentes en estos alimentos.

Tabla 2

Por ciento de muestras de hojas y agua del primer y segundo subcultivo que fermentaron en los diferentes medios de cultivo.

Finca	Porcentaje de fermentación por medio de cultivo (1) y subcultivo (2)					
	MC		TSA		MSA	
	1	2	1	2	1	2
F-1 <sub>hojas</sub>	33	33	33	33	100	100
agua	66	66	0	0	33	66
F-2 <sub>hojas</sub>	0	0	33	33	100	100
agua	100	33	33	33	100	66

McConkey (MC), Tryptic Soy Agar (TSA) y Mannitol Salt Agar (MSA)

Con relación a la clasificación de los microorganismos, en la Tabla 3 presentamos que el 78% (28/36) de las muestras obtenidas para ambas fincas (n=36) resultaron positivas a los siguientes microorganismos: *Methylobacterium mesophilicum*, *Aeromonas bestiarum*, *Cupriavidus necátor*, *Bacillus horti*, *Providencia rettgeri*, *Pediococcus acidilactici*, *Mycobacterium phlei*, *Cupriavidus gilardii*, *Aeromonas DNA group 11*, *Bacillus pseudofirmus*, *Corynebacterium mycetoides*, *Paenibacillus thiaminolyticus*, *Pseudomonas stutzeri*, *Enterobacter aerogenes*, *Pantoea agglomerans bgp 6*, *Serratia liquefaciens/grimesii*, *Raoultella terrigena*, *Enterococcus faecalis*, *Pseudomonas syringae pv pisi*, *Shewanella algae*, *Exiguobacterium undae*, *Serratia odorifera*, *Mycobacterium senegalense*. Presentamos en la Tabla 4 los patógenos encontrados y su relación con los efectos adversos a la salud humana.

Tabla 3

*Microorganismos aislados, por finca y medio de cultivo seleccionado, de las muestras de hojas de lechuga *Lactuca sativa* y el agua en el cual crece.*

F-1		F-2	
Bacterias	Medio	Bacterias	Medio
<i>Corynebacterium mycetoides</i>	MSA	<i>Methylobacterium mesophilicum</i>	MC/TSA
<i>Paenibacillus thiaminolyticus</i>	MSA	<i>Aeromonas bestiarum</i>	MC
<i>Pseudomonas stutzeri</i>	MSA	<i>Cupriavidus necator</i>	TSA
<i>Enterobacter aerogenes</i>	MC	<i>Bacillus horti</i>	MC
<i>Pantoea agglomerans bgp 6</i>	MC	<i>Providencia rettgeri</i>	MC
<i>Serratia liquefaciens/grimesii</i>	MC	<i>Pediococcus acidilactici</i>	MC
<i>Raoultella terrigena</i>	MSA	<i>Mycobacterium phlei</i>	TSA
<i>Enterococcus faecalis</i>	MSA	<i>Cupriavidus gilardii</i>	TSA
<i>Bacillus halodurans</i>	MSA	Aeromonas DNA group 11	MC/TSA
<i>Pseudomonas syringae pv pisi</i>	MSA	<i>Bacillus pseudofirmus</i>	MC
<i>Shewanella algae</i>	TSA		
<i>Exiguobacterium undae</i>	TSA		
<i>Serratia odorifera</i>	TSA		
<i>Mycobacterium senegalense</i>	TSA		

*McConkey (MC), Tryptic Soy Agar (TSA) y Mannitol Salt Agar (MSA)*

Tabla 4

*Presencia de patógenos en la lechuga *Lactuca sativa* y el agua en el cual crece y su efecto adverso a la salud humana.*

Bacteria	Efecto adverso a la salud
<i>Pseudomonas stutzeri</i>	Septicemia y neumonía
<i>Pantoea agglomerans bgp 6</i>	Artritis séptica, bacteriemia, neumonía
<i>Enterococcus faecalis</i>	Bacteriemia, diarrea, fiebre, gastroenteritis
<i>Serratia odorifera</i>	Infección del tracto urinario, infección de la sangre
<i>Mycobacterium senegalense</i>	Bacteriemia
<i>Shewanella algae</i>	Osteomielitis, bacteriemia, y enfisema/ celulitis
<i>Paenibacillus thiaminolyticus</i>	Bacteriemia
<i>Methylobacterium mesophilicum</i>	Bacteriemia

<i>Aeromonas bestiarum</i>	Gastroenteritis y diarrea
<i>Providencia rettgeri</i>	Cólera e infección ocular
<i>Mycobacterium phlei</i>	Bacteriemia
<i>Aeromonas DNA group 11</i>	Diarrea, infección gastrointestinal y gastroenteritis
<i>Cupriavidus gilardii</i>	Infección de la sangre , edema pulmonar, anemia aplásica
<i>Raoultella terrigena</i>	Sepsis, diarrea, fiebre
<i>Enterobacter aerogenes</i>	Bacteriemia, meningitis
<i>Serratia liquefaciens/grimesii</i>	Bacteriemia, infección del tracto urinario

En este estudio no encontramos la presencia de *E. coli* O157:H7 ni *Salmonella spp.*, que son los microorganismos de mayor asociación a las ETAs. No obstante, encontramos presencia de coliformes fecales (*Enterococcus faecalis*) que están asociados a los ETAs. Un 11% (1/9) de las lechugas tuvo presencia mientras que no hubo presencia en las muestras de agua. Cuando comparamos nuestro estudio con otros realizados con vegetales (Erkan & Vural, 2008), estos encontraron contaminación por *E. coli*, *C. perfringenes* y *B. cereus* en un 100% (n = 106) de sus muestras. No obstante, al igual que nuestro estudio, en ninguna de sus muestras encontraron *Salmonella spp.* Una posible explicación de la no presencia de *E. coli* en nuestras muestras es que este microorganismo pudiera estar presente en concentraciones por debajo de los niveles de detección del instrumento. Por su parte, Rivera et al. (2009) mencionó que encontraron la presencia de coliformes fecales en el 40% de las hortalizas analizadas. Encontraron que el perejil y la lechuga eran los de mayor porcentaje con un valor de 36.8% individualmente. Por otra parte, Barrantes y Achí (2011) documentaron que el 65% de las muestras de lechuga analizadas detectaron contaminación fecal por *E. coli*. También indicaron que los niveles de *Salmonella spp.* están por debajo del nivel de detección analítico, pero esto no descarta su presencia. Monge et al. (2011), muestra en su estudio una comparación de distintos métodos de cultivos en los cuales expone la hidroponía. Indica que de las muestras de vegetales de hojas verdes cultivadas en hidropónico el 70% (7/10) fueron positivas para coliformes fecales. Este valor obtenido por Monge et al. es mayor al 11% encontrado en nuestro estudio.

## Conclusiones

Existen varias formas en las cuales un vegetal verde puede contaminarse y aumentar el riesgo de causar ETA's cuando estas se consumen en estado crudo. En todas las etapas de su manejo: siembra, desarrollo, recolección y distribución existe el potencial de este ser contaminado. Este estudio encontró que las muestras

estudiadas no tenían presencia de las bacterias más asociadas con las ETA's como lo son *E. coli* y *Salmonella spp.* No obstante, la ausencia de estos patógenos no garantiza que su presencia sea nula, si no que puedan encontrarse por debajo del límite de detección. Esto significa que aún puede existir la posibilidad de su existencia y el riesgo a la salud al consumidor. Por otro lado, un 5.6% de las muestras de lechuga, arrojaron presencia de *Enterococcus faecalis* lo cual presenta un riesgo a la salud. Además, el *Enterococcus faecalis* presenta un riesgo ambiental por su afinidad a ambientes extremos y altas concentraciones de sal. Dado a que este microorganismo es un patógeno de origen fecal y multi resistente a antibióticos, esto lo identifica en nuestro estudio como el de mayor relevancia en cuanto a su potencial efecto a la salud. Es interesante indicar que el 100% de las muestras de agua no arrojaron presencia de *Enterococcus faecalis*. Por ende, cabe la posibilidad que la fuente de contagio por *Enterococcus faecalis* en la lechuga ocurra en la etapa de manejo ya que observamos que el personal encargado del cultivo no utilizaba guantes. También, existe la posibilidad que se deba a un vector mecánico (Pesquero, Carneiro, & Pires, 2012).

El 100% (18/18) de las muestras de agua dieron valores TNTC para el CFU. Esto sustenta que el agua es la fuente principal para la diversidad de patógenos encontrados. Estos datos son consistentes con lo reportado en la literatura. Los resultados demostraron que aquellas hojas más cercanas al hidropónico tienen mayor contacto con el agua, y su carga microbiana es más alta comparada con el resto de las hojas de la lechuga. Se ha demostrado que el agua utilizada en la agricultura se asocia como el principal causante de la contaminación microbiana en vegetales de hoja verde sin importar su método de cultivo (Monge et al., 2011). Por lo tanto, esta investigación advierte que el agua utilizada para el crecimiento de este vegetal es la principal fuente de contaminación microbiana en lechuga *Lactuca sativa*. El uso del agua de riego sin un buen sistema de tratamiento representa una fuente de transmisión de patógenos que pone en riesgo la salud humana.

### **Agradecimientos**

A Melanie De La Rosa, estudiante en adiestramiento de URGREAT-MBRS-RISE y Johannys Jiménez, estudiante voluntaria del Proyecto URGREAT-MBRS-RISE de la Escuela de Ciencias y Tecnología de la Universidad del Este y al Proyecto URGREAT-MBRS-RISE (#Grant 5R25-GM066250) de la Escuela de Ciencias y Tecnología de la UNE, por el uso del BIOLOG y el Laboratorio L-104A.

---

## Literatura citada

- Abadías, M., Usall, J., Anguera, M., Solsona, C., & Vinas, I. (2008). Microbiological quality of fresh, minimally-processed fruit and vegetables, and sprouts from retail establishments. *International Journal of Food Microbiology*, 123, (1-2), 121-129. doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2007.12.013.
- Barrantes, K., & Achí, R. (2011). Calidad microbiológica y análisis de patógenos (*Shigella* y *Salmonella*) en lechuga. *Revista de la Sociedad Venezolana de Microbiología*, 31(1), 1-36. Recuperado de [http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev\\_vm/article/viewFile/3081/2946](http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev_vm/article/viewFile/3081/2946)
- Beuchat, L. R. (1996). Pathogenic microorganisms associated with fresh produce. *Journal of Food Protection*®, 59(2), 204-216. Recuperado de <http://www.ingentaconnect.com/content/iafp/jfp>
- Bordini, M., Asturiano, R. C., Jakabi, M., & Gelli, D. S. (2007). Incidence, internalization and behavior of *Salmonella* in mangoes, var. Tommy Atkins. *Food control*, 18(8), 1002-1007. Recuperado de <http://www.aseanfood.info/Articles/11018084.pdf>
- Callejas, A., López, G., Camacho, A., Artés, A., Artés- Hernández, F., & Suslow, T., (2011). Survival and distribution of *Escherichia coli* on diverse fresh-cut baby leafy greens under preharvest through postharvest conditions. *International Journal of Food Microbiology* 151, 216-222. 2011. Recuperado de <http://ucce.ucdavis.edu/files/datas-tore/234-2527.pdf>
- De Giusti, M., Aurigemma, C., Marinelli, L., Tufi, D., De Medici, D., Di Pasquale, S., & Boccia, A. (2010). The evaluation of the microbial safety of fresh ready-to-eat vegetables produced by different technologies in Italy. *Journal of Applied Microbiology*, 1364-5072, doi: 10.1111/j.1365-2672.2010.04727.x.
- Erkan, M., & Vural, A. (2008). Investigation of microbial quality of some leafy green vegetables. *Journal of Food Technology*, 6(6), 285-288. Recuperado de <http://docsdrive.com/pdfs/medwelljournals/jftech/2008/285-288.pdf>

- Food and Agricultural Organization. [FAO]. (1998). Guía para reducir al mínimo el riesgo microbiano en los alimentos, para frutas y vegetales. Recuperado de <http://www.fda.gov/Food/GuidanceRegulation/GuidanceDocumentsRegulatoryInformation/ProducePlantProducts/ucm188933.htm>
- Havelaar, A. H., Brul, S., De Jong, A., De Jonge, R., Zwietering, M. H., & Ter Kuile, B. H. (2010). Future challenges to microbial food safety. *International Journal of Food Microbiology*, 139, S79-S94. Recuperado de <http://jpkc.nefu.edu.cn/zdkc/spwsw/Upload-Files/wsw1/Future%20challenges%20to%20microbial%20food%20safety.pdf>
- Heaton, J., & Jones, K. (2007). Microbial contamination of fruit and vegetables and the behaviour of enteropathogens in the phyllosphere: a review. *Journal of Applied Microbiology*, 1364-5072. doi: 10.1111/j.1365.2672.2007.03587.x.
- Monge, C., Chaves, C., & Arias, M. L. (2011). Comparación de la calidad bacteriológica de la lechuga (*Lactuca sativa*) producida en Costa Rica mediante cultivo tradicional, orgánico o hidropónico. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 61(1), 69-73. Recuperado de <http://alanrevista.org/ediciones/2011-1/art9.asp>
- Ofor, M., Okorie, V., Ibeawuchi, I., Ihejirika, G., Obilo, O., & Dialoke, S. (2009). Microbial contamination in fresh tomato wash water and food safety considerations in South-Eastern, Nigeria. *Life Science Journal*, 80-82. Recuperado de [http://www.sciencepub.net/life/0603/12\\_1197\\_microbial\\_life0603\\_80-82.pdf](http://www.sciencepub.net/life/0603/12_1197_microbial_life0603_80-82.pdf)
- Pesquero, M. A., Carneiro, L. C., & Pires, D. D. J. (2012). Insect/Bacteria association and nosocomial infection. Recuperado de <http://cdn.intechopen.com/pdfs/26469.pdf>
- Rivera, M., Rodríguez, C., & López, J. (2009). Contaminación fecal en hortalizas que se expanden en mercados de la ciudad de Cajamarca, Perú. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*. 26(1), 45-48. 2009. Recuperado de [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1726-46342009000100009&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1726-46342009000100009&script=sci_arttext)

- Vandamm, J., Li, D., Harris, L., Schaffner, D., & Danyluk, M. (2013). Fate of *Escherichia coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes*, and *Salmonella* on fresh cut celery. *Food Microbiology*, 34, 151-157. Recuperado de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0740002012002602>
- Zhang, G., Ma, L., Beuchat, L. R., Erickson, M. C., Phelan, V. H., & Doyle, M. P. (2009). Evaluation of treatments for elimination of foodborne pathogens on the surface of leaves and roots of lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Journal of Food Protection*<sup>®</sup>, 72(2), 228-234. Recuperado de <http://www.ingentaconnect.com/content/iafp/jfp>





# Perspectivas

en asuntos ambientales

La Escuela de Asuntos Ambientales de la Universidad Metropolitana presenta la tercera edición de *Perspectivas en Asuntos Ambientales*, la cual recoge la temática de la infraestructura sanitaria en Puerto Rico. Los artículos seleccionados destacan los retos de la disposición inadecuada de las aguas residuales y su impacto en la calidad del agua y la salud pública en Puerto Rico. Se enfatiza sobre cantidad de sistemas de aguas usadas que operan con deficiencias y las implicaciones sobre la salud pública de las comunidades que carecen de agua potable. También, se discuten las soluciones económicas existentes para dotar a estas comunidades de sistemas de saneamiento. A través de la diseminación de los artículos presentados en esta edición, esperamos continuar con el compromiso de la discusión pública hacia la búsqueda de soluciones a los problemas que enfrentamos. Esperamos que esta edición sirva como herramienta de consulta para los municipios y comunidades que deseen desarrollar iniciativas innovadoras de infraestructura sanitaria en sus respectivas áreas.

Carlos M. Padín Bibiloni, Ph.D.  
Rector Universidad Metropolitana

