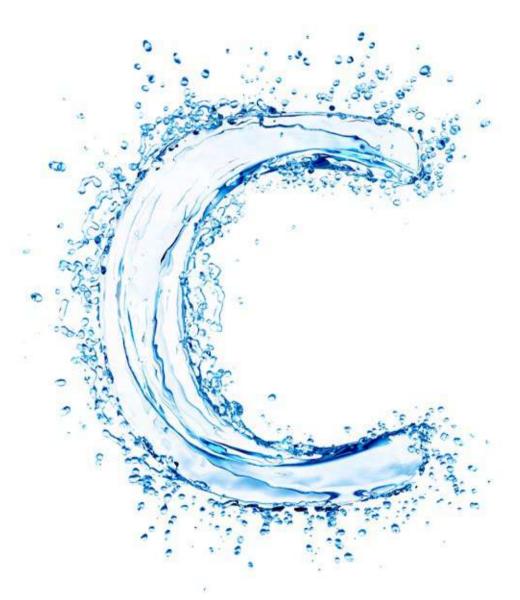
Calidad del Agua en las Américas

Riesgos y Oportunidades













Calidad del Agua en las Américas

Riesgos y Oportunidades

IANAS La Red Interamericana de Academias de Ciencias

IANAS es la red regional de Academias de Ciencias creada para apoyar la cooperación con el interés de fortalecer la ciencia y la tecnología como herramientas para el avance en la investigación, desarrollo, prosperidad y equidad en las Américas.

IANAS

Co-Chairs: Juan Asenjo y Jeremy McNeil Directora Ejecutiva: Adriana de la Cruz Molina

Comité Editorial

Gabriel Roldán (Colombia), Jose Tundisi (Brazil), Blanca Jiménez (Mexico), Katherine Vammen (Nicaragua), Henry Vaux (USA), Ernesto González (Venezuela) con la colaboración de Miguel Doria de UNESCO-IHP para Latinoamérica y el Caribe.

Coordinación Editorial

Katherine Vammen, Heny Vaux y Adriana de la Cruz Molina

Comité de Revisores

Gabriel Roldán (Colombia), Katherine Vammen (Nicaragua), Henry Vaux (USA), Ernesto González (Venezuela), Ricardo Izurieta (Ecuador), José Fábrega (Panamá) y Pablo Pastén González (Chile)

Programa de Agua de IANAS

Co-Chairs: Katherine Vammen (Nicaragua), Henry Vaux (USA) y **Co-Chair Honorarios:** Jose Tundisi (Brasil) y Blanca Jiménez (México)

Corrección de estilo

Ma. Areli Montes Suárez y autores de los capítulos

Traducción

Suzanne D. Stephens

Diseño editorial

Víctor Daniel Moreno Alanís

Apoyo administrativo

Alejandra Buenrostro

Agradecemos las revisiones de los Comités Nacionales y Puntos Focales del Programa Hidrológico Internacional, así como a los miembros de CODIA que respondieron a la solicitud de revisión de los capítulos de esta publicación.

Impreso por The Inter-American Network of Academies of Sciences (IANAS) Calle Cipreses s/n, Km 23.5 de la Carretera Federal México-Cuernavaca, 14400 Tlalpan, Ciudad de México, México y por United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO), 7, place de Fontenoy, 75352 Paris 07 SP, France, con oficina UNESCO en Montevideo, Edificio Mercosur, Luis Pereira 1992, 20 piso, casilla de correo 859, 11200 Montevideo, Uruguay.

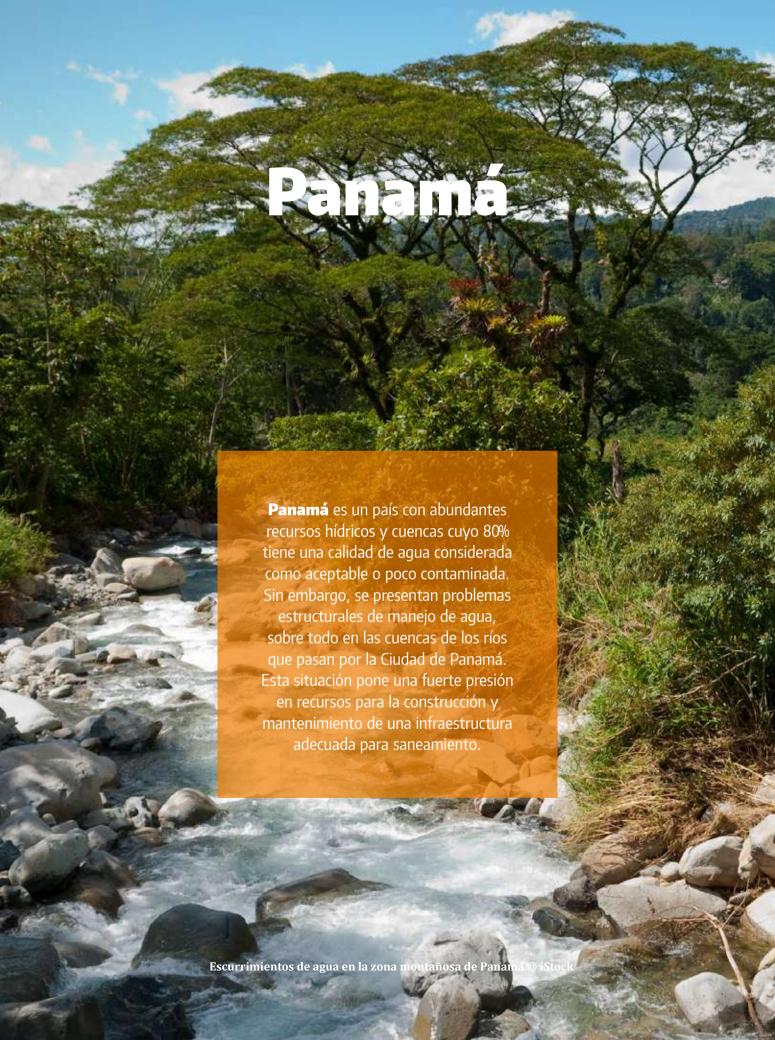
© IANAS 2019

ISBN: 978-607-8379-33-0 Impreso en México

Al usar los contenidos de esta publicación, los usuarios aceptan los términos y condiciones de UNESCO Open Access Repositorio (http://www.unesco.org/open-access/terms-use-ccbysa-en). Para la versión impresa, la presente licencia aplica exclusivamente al contenido de la publicación. Para cualquier material que no esté claramente identificado como propiedad de UNESCO, se deberá solicitar previa autorización a publication.copyright@unesco.org o UNESCO Publishing, 7, place de Fontenoy, 75352 Paris o7 SP France.

Los contenidos y conceptos presentados en esta publicación de ninguna forma implican la expresión pública o de opinión de la UNESCO o CODIA en relación con la condición legal de algún país, territorio, ciudad o área o de sus autoridades, o relacionado con las delimitaciones fronterizas o límites. Las ideas y opiniones expresadas en esta publicación son de los autores y no representan necesariamente las ideas de IANAS, IAP, UNESCO o CODIA y no comprometen a la organización.

Esta obra ha sido impresa en papel ecológico: una parte de las fibras proviene de materiales reciclados y, otra, de bosques explotados de manera sustentable (certificación FSC). Además, el papel es libre de cloro elemental en su producción (Certificación ECF) con objeto de contribuir a la conservación de los recursos hídricos.



Calidad del agua en Panamá

José Fábrega, Elsa Flores, Manuel Zárate, Miroslava Morán, Denise Delvalle, Argentina Ying, Marilyn Diéguez, Euclides Deago y Kathia Broce

Resumen

La situación actual de la calidad del agua en Panamá es analizada desde diversas perspectivas, siendo claro el hecho de que, a pesar de tener abundantes recursos hídricos, Panamá presenta una serie de problemas estructurales en el contexto de la calidad del agua. Esta situación se agrava por un fuerte crecimiento demográfico en áreas urbanas, haciendo que la atención al saneamiento sea un tema que cobra cada vez más relevancia. Así, frente a los retos que plantea el futuro, la gestión integrada del recurso hídrico se considera como la opción más sostenible para mantener y mejorar la calidad del agua de nuestros ríos. Sin embargo, para que la misma tenga éxito, es necesario un marco regulatorio moderno y la asignación de recursos suficientes para la construcción de nueva infraestructura y el mantenimiento de la ya existente.

1. Introducción

1.1 Antecedentes

Panamá es un país con una disponibilidad hídrica per cápita que para el año 2014 rondaba los 34.990 m³/hab/año (http://data.worldbank.org/indicator/ER.H2O.INTR.PC). Adicionalmente, de acuerdo con el Plan Nacional de Seguridad Hídrica (PNSH) 2015-2050: Agua para todos, la oferta total de agua dulce en Panamá es de 119.500 millones de m³/año, de los cuales se emplea 25%. Esta demanda se distribuye así: uso energético 89,61%; transporte por el Canal de Panamá 7,39%; seguridad alimentaria 1,68%, consumo humano 1,27%; industria y otros rubros menos de 0,05% (MiAMBIENTE, 2016b).

José Fábrega. jose.fabrega@utp.ac.pa Coordinador del capítulo y autor correspondiente. Director e investigador, Centro de Investigaciones Hidráulicas e Hidrotécnicas, Universidad Tecnológica de Panamá; Secretario y Punto Focal del tema Agua de APANAC; Investigador Distinguido del Sistema Nacional de Investigación de Panamá (SNI). Elsa Flores. elsa.flores@utp.ac.pa Investigadora, Centro de Investigaciones Hidráulicas e Hidrotécnicas, Universidad Tecnológica de Panamá. Manuel Zárate. mzarate46@gmail.com Consultor ambiental y Gerente de Planeta Panamá Consultores, S.A. Miroslava Morán. mmoran@conagua.gob.pa Consejo Nacional del Agua. Denise Delvalle. denise.borrero@utp.ac.pa Investigadora, Centro de Investigaciones Hidráulicas e Hidrotécnicas, Universidad Tecnológica de Panamá. Argentina Ying. yingargentina@gmail.com Facultad de Medicina, Universidad de Panamá. Marilyn Diéguez. mdieguez@pancanal.com Unidad de Calidad de Agua, Autoridad del Canal de Panamá (ACP). Euclides Deago. euclides.deago@utp.ac.pa Director de Sanidad Básica, CONADES, e Investigador del Centro de Investigaciones Hidráulicas e Hidrotécnicas, Universidad Tecnológica de Panamá. Kathia Broce. kathia.broce@utp.ac.pa Investigadora, Centro de Investigaciones Hidráulicas e Hidrotécnicas, Universidad Tecnológica de Panamá.

Si bien el istmo realiza su primera potabilizadora hacia la mitad del siglo XIX en la ciudad de Colón con la construcción del ferrocarril transístmico, no es sino hasta principios del siglo XX, con motivo de la construcción del Canal de Panamá, cuando se introducen las primeras redes de distribución de agua potable y de manejo de aguas residuales en las ciudades de Panamá y Colón. Se instalan, entonces, las potabilizadoras de Aguas Claras (1911) en Colón, la de Monte Esperanza (1914) y la de Miraflores (1915) que abastece a la Ciudad de Panamá (MiAMBIENTE, 2016b). No obstante, las aguas residuales y los flujos pluviales se conducían directamente a los ríos, desembocando sobre las bahías de Panamá en el Pacífico y de Manzanillo en el Caribe.

Antes, las subcuencas múltiples de la ciudad de Panamá —las de los ríos Matasnillo, Río Abajo, Curundú— eran las fuentes del abastecimiento hídrico de la población bajo sistemas de dotación de carruajes para su transporte; la letrina era el mejor receptor de las excretas, y las aguas domésticas y basuras caían sobre las playas, pantanales y manglares. En el resto del país, los primeros acueductos se produjeron tan sólo entre 1914 y 1920, en las ciudades de Aguadulce, Pesé y Las Tablas (MiAMBIENTE, 2016b) —áreas estrechamente conectadas a la metrópolis como fuentes de suministros agrícolas—, todos de carácter privado, pero en general sobresalió siempre en esta materia el claro abandono del sector rural.

Panamá cuenta con 56 plantas potabilizadoras y 2.830 Juntas Administradoras de Acueductos Rurales con personería jurídica (JAAR) (MiAMBIEN-TE, 2016b), aunque de distribución bastante heterogénea. Las urbes del corredor interoceánico, por ejemplo, concentran una notable capacidad en infraestructuras mientras que existe una importante deuda con las provincias de Los Santos, Herrera y Darién, así como con las comarcas indígenas Guna, Ngábé-Büglé y Emberá-Wounnan que presentan las más precarias condiciones de servicio. El correcto manejo y disposición final de las aguas residuales (domésticas o industriales) representan un enorme reto para Panamá (Fábrega et al., 2015). Sin embargo, aquí igualmente se ve una desproporción importante entre la población urbana y rural. De acuerdo con el Banco Mundial, la población urbana en Panamá cuenta con 80% de acceso a facilidades de saneamiento mejoradas que incluyen sistemas de alcantarillado, tanques sépticos y letrinas (http://data.worldbank.org/indicator/SH.STA.ACSN.UR).

Específicamente, en lo relacionado con la cobertura de servicios de alcantarillados sanitarios, el Boletín Estadístico del IDAAN N° 26 (2010-2012) muestra que el porcentaje de la población con sistema de alcantarillado (poblaciones mayores a 1.500) –de la cual es responsable el IDAAN– es de 57%, lo cual se traduce en aproximadamente 45% de la población total del país (Fábrega et al., 2013). En el tema de plantas de tratamiento, Panamá cuenta con cerca de 100 plantas de tratamiento secundario concentradas principalmente en las ciudades de Panamá, La Chorrera y Arraiján, las cuales benefician a cerca de 100.000 personas (FOCARD-APS, 2013).

Adicionalmente, desde 2006, se inició el proyecto de Saneamiento de la Bahía, dentro del cual se inaugura en Panamá la primera fase de una gran planta de tratamiento de aguas residuales que brinda servicios a cerca de 250.000 personas y recibe 1,8 m³/s (FOCARD-APS, 2013).

Igualmente, se cuenta con un solo relleno sanitario, medianamente amigable con el ambiente. Estos proyectos (Saneamiento de la Bahía y relleno sanitario) se ubican en la Ciudad de Panamá. Nuevamente, se aprecia la diferencia en inversión entre el área urbana a los extremos de la Cuenca del Canal en comparación con centros urbanos del interior nacional, donde grandes transformaciones estructurales, junto a la densificación poblacional urbana por efecto de los procesos de desruralización, han ocurrido en diversas ciudades (Colón, Santiago, David, Penonomé, Changuinola y otros).

1.2. Principales problemas de calidad de agua

Se puede destacar que los más grandes problemas de contaminación se encuentran en las regiones del Pacífico, con particular incidencia en las zonas marino-costeras por la mayor concentración demográfica y la densa red hidrográfica que las alimenta,¹ además de los atrasos tecnológicos en los procesos productivos agrario e industrial, y los déficits existentes en las infraestructuras domésticas de gestión sanitaria del recurso, sobresaliendo la situación en las costas de la Bahía de Panamá.

^{1.} Panamá tiene 52 cuencas que abarcan 350 ríos en el litoral Pacífico (70% del total) y 150 en el litoral Caribe.

Igual de preocupante es la presión por el recurso hídrico en la Cuenca del Canal de Panamá, sobre todo por el vertiginoso incremento de la población urbana que se abastece del mismo recurso empleado para los procesos de navegación en el canal.

1.3. Objetivos y alcance del capítulo

Los principales objetivos de este capítulo son:

- a. Presentar un retrato actual de la situación de la Calidad del Agua en el país desde diversos aspectos (gobernabilidad, salud, contaminación, Metas de Desarrollo Sostenible, etcétera).
- Establecer posibles causas de las situaciones encontradas.

2. Autoridades y gobernanza de la calidad del agua

La gobernanza del agua en Panamá está contenida en una serie de excertas legales (constitución política, leyes formales, decretos ejecutivos, reglamentos, resoluciones, políticas nacionales, etcétera) que comprenden las normas que rigen los niveles de calidad para las aguas continentales de uso recreativo con y sin contacto directo, las normas de reutilización de las aguas tratadas y las normas de calidad de agua para consumo humano.

Ahora bien, la evaluación de calidad del agua (física, química y microbiológica) para consumo humano (potable) es realizada de forma continua por parte de los suplidores más importantes, como lo son el Instituto de Acueductos y Alcantarillados Nacionales (IDAAN) y la Autoridad del Canal de Panamá (ACP). Para comunidades con poblaciones inferiores a las 1.500 personas, son las JAAR las suplidoras de agua para consumo humano. Las JAAR son regentadas por el Ministerio de Salud (MINSA), el cual cuenta con laboratorios en sólo algunas regiones del país, por lo que para estas juntas existe en muchos casos una incertidumbre relativa a la calidad del agua entregada.

De acuerdo con el Censo de 2010, realizado por la Contraloría General de la República, la población panameña aumentó entre los años 2000 a 2010, de 2.839.177 a 3.405.813 personas. De este total, 12,3% corresponde a distintas poblaciones indígenas (INEC, 2012). Cuando tocamos el tema de calidad de agua en zonas indígenas, la situación es otra ya que por

patrones culturales ancestrales estos grupos "consideran que el agua es fundamental para la vida, pero que su máximo poder se manifiesta cuando está fluyendo" (MINSA, 2016). De allí que cualquier intervención humana que corte este flujo es considerada antinatural. La construcción de tomas de agua para acueductos, por ejemplo, es vista como una limitante al uso del agua para aseo personal y actividades de sanación (OPS/OMS/MINSA, 2016).

2.1. Marco legal

En relación con la gobernanza de la calidad del agua, la Constitución Política de Panamá (2004) -en su Título II Deberes y Derechos Individuales y Sociales, Capítulo 7 Régimen Ecológico, Artículos 118 a 121-establece, entre otras cosas, que "es deber fundamental del Estado garantizar que la población viva en un ambiente sano y libre de contaminación, en donde el aire, el agua y los alimentos satisfagan los requerimientos del desarrollo adecuado de la vida humana". El establecimiento a nivel constitucional de la responsabilidad del Estado con respecto a agua y saneamiento hace que las demás leyes del país deban ser cónsonas con ella. Este marco jurídico general es desarrollado en otro conjunto de normas que, aunque de menor jerarquía, igualmente buscan garantizar los derechos tutelados en la Constitución. En este sentido deben resaltarse los reglamentos dictados por el MINSA, el Ministerio de Comercio e Industrias (MICI) y el Ministerio de Ambiente (MiAM-BIENTE), los cuales se listan en la Tabla 1.

Existen otros tipos de normas sectoriales que establecen el marco de funcionamiento y desarrollo del sector agua y saneamiento, como la Ley No. 26 de 1996 que creó el Ente Regulador, el que tendría, entre otras funciones, la regulación, el control, la supervisión y la fiscalización de la prestación de los servicios públicos de abastecimiento de agua potable y alcantarillado sanitario en la República de Panamá. El Decreto Ley 10 de 2006 modifica esta ley, renombrando al Ente como la Autoridad Nacional de los Servicios Públicos (ASEP), cuyo reglamento (Decreto Ejecutivo N° 279 de 2006) le otorga funciones para el cobro coactivo, la coordinación interinstitucional y el control de la prestación de los servicios públicos.

Otra norma sectorial fundamental es la Ley General de Ambiente (Ley N° 41 de 1998) que crea la Autoridad Nacional de Ambiente (ANAM), la cual es

Nombre (Institución)	mbre (Institución) Aspecto cubierto		
Reglamento Técnico DGNTI- COPANIT 21-393-99 (MICI)	Toma de muestras para análisis físico-químicos	Gaceta Oficial N° 23.941 del 6 d diciembre de 1999.	
Reglamento Técnico DGNTI- COPANIT 22-394-99 (MICI)	Toma de muestras para análisis biológicos	Gaceta Oficial N° 23.949 del 17 de diciembre de 1999.	
Reglamento Técnico DGNTI- COPANIT 23-395-99 (MICI)	Requisitos físicos, químicos, biológicos y radiológicos que debe cumplir el agua potable	Gaceta Oficial N° 23.942 del 7 de diciembre de 1999.	
Resolución No 507 del 30 de diciembre de 2003 (MINSA)	Procedimiento para controlar la calidad del agua potable	Gaceta Oficial N° 24.970 del 20 de enero de 2004.	
Reglamento Técnico DGNTI- COPANIT 24-99 (MICI)	Reutilización de las aguas residuales tratadas	Gaceta Oficial N° 24.008 del 13 de marzo de 2000.	
Reglamento Técnico DGNTI- COPANIT 35-2000 (MICI)	Descarga de efluentes líquidos directamente a cuerpos de agua y masas de agua superficiales y subterráneas	Gaceta Oficial N° 24.115 del 10 de agosto de 2000.	
Reglamento Técnico DGNTI- COPANIT 39-2000 (MICI)	Descarga de efluentes líquidos directamente a sistemas de recolección de aguas residuales	Gaceta Oficial N° 24.115 del 10 de agosto de 2000.	
Reglamento Técnico DGNTI- COPANIT 47-2000 (MICI)	Usos y disposición de lodos	Gaceta Oficial No. 24.115 del 10	

Tabla 1. Reglamentos relativos a calidad de agua en Panamá

modificada por la Ley N° 8 de 2015 que crea el Ministerio de Ambiente (MiAMBIENTE) como la entidad rectora del Estado en materia de protección, conservación, preservación y restauración del ambiente y el uso sostenible de los recursos naturales para asegurar el cumplimiento y aplicación de las leyes, los reglamentos y la Política Nacional del Ambiente. El Ministerio de Ambiente debe monitorear las actividades que varíen el régimen de la calidad del agua e igualmente es el responsable de que el agua sea del dominio de todos los ciudadanos del país. Dentro del monitoreo de la calidad del agua de los ríos, también tiene la responsabilidad de monitorear la calidad de los vertidos de aguas residuales que se hacen a ellos. Estas regulaciones valen tanto para el sector público como para el privado.

Adicionalmente, Panamá cuenta con una Política Nacional de los Recursos Hídricos formalizada a través del Decreto Ejecutivo N° 84 de 2007. Igualmente, el Decreto 202 de 1990, modificado por el Decreto Ejecutivo 441 de 2008, crea el Comité Interinstitucional de Agua Potable y Saneamiento, el cual aglutina a las principales instituciones del sector, tanto a nivel operativo como regulador, y a otras instituciones de investigación y de educación. Fi-

nalmente, cabe resaltar que en el año 2016 se aprueba el Plan Nacional de Seguridad Hídrica 2015-2050 (MiAMBIENTE, 2016b): Agua para todos mediante la Resolución de Gabinete 114 del 2016. Este plan identifica metas concretas a alcanzar en la gestión del recurso hídrico como son: i) Acceso universal al agua de calidad y servicios de saneamiento, ii) Agua para el crecimiento socioeconómico inclusivo, iii) Gestión preventiva de riesgos, iv) Cuencas hidrográficas saludables y v) Sostenibilidad hídrica. En esta resolución de 2016 se crea igualmente el Consejo Nacional del Agua (CONAGUA) y la Secretaria Técnica del mismo, la cual entre otras funciones debe garantizar la implementación de las acciones del PNSH 2015-2050.

2.2. Relaciones con Organizaciones No Gubernamentales (ONG) y universidades

La estructura y organización del sector agua y saneamiento en la República de Panamá es compleja dada la multiplicidad de instituciones y actores que forman parte de él. En la **Figura 1** se muestra la composición del sector, desde la intervención de los organismos de cooperación internacional y las instituciones nacionales que acompañan esta gestión, hasta las relaciones con las universidades y empresas privadas.

A nivel universitario y centros de formación técnica, en el sector público destacan la Universidad de Panamá (UP), la Universidad Tecnológica de Panamá (UTP), la Universidad Autónoma de Chiriquí (UNACHI) y el Instituto Nacional de Formación Profesional y Capacitación para el Desarrollo Humano (INADEH). Asimismo, en el sector privado destacan la Universidad Santa María La Antigua (USMA) y la Universidad Latina.

Aquí, la participación de la gestión es a través de la formación del recurso humano y la investigación científica. La investigación en las universidades se da a través de tesis de grado, de maestría o de desarrollo de proyectos de investigación en el tema que realizan sus facultades o Centros de Investigación, como es el caso del Centro de Investigaciones Hidráulicas e Hidrotécnicas (CIHH) de la UTP.

Desde el punto de vista regulatorio y de gestión de calidad, cabe destacar los servicios prestados por los laboratorios o institutos universitarios como son el Laboratorio de Aguas Industriales y Calidad Ambiental (LABAICA) de la UTP, el Instituto Especializado de Análisis (IEA) de la UP y el Laboratorio de Aguas y Servicios Físico Químicos (LASEF)

de la UNACHI. Es importante mencionar, también, que existe al menos una decena de laboratorios privados que igualmente realizan análisis de calidad del agua.

Las Organizaciones No Gubernamentales (ONG) y las agencias bilaterales y multilaterales de crédito y cooperación internacional participan en el sector agua y saneamiento principalmente mediante capacitación, asesoría técnica y financiamiento de inversiones.

2.3. Monitoreo, base de datos y disponibilidad de la información

El monitoreo de la calidad del agua, en las cuencas hidrográficas del país, es llevada a cabo institucionalmente por el MiAMBIENTE, el MINSA, el IDAAN y la ACP, esta última dentro de su competencia exclusiva sobre la cuenca hidrográfica del Canal de Panamá. En el caso del IDAAN, la **Figura 2** muestra el comportamiento en cuanto a cumplimiento de agua potable entre los años 1999-2015.

Para el caso de MiAMBIENTE (antigua ANAM), se establece en 2002 una red de monitoreo de calidad del agua en 16 cuencas hidrográficas a nivel nacional. Esta red se vuelve operativa (dotación de equipo y entrenamiento) para finales de 2003

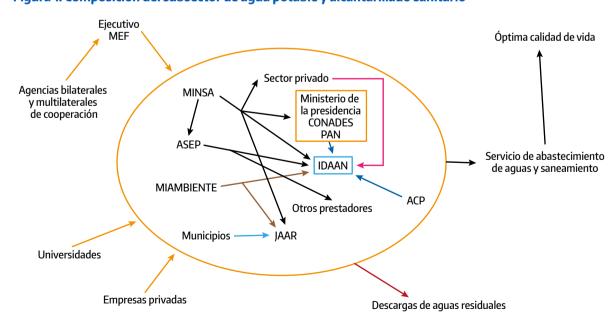


Figura 1. Composición del subsector de aqua potable y alcantarillado sanitario

Elaborado por: Darío Delgado (OPS/OMS/MINSA, 2016).

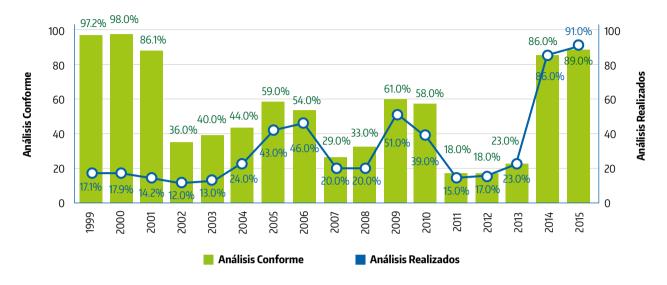


Figura 2. Cumplimiento histórico de calidad de agua potable del IDAAN 1999-2015

Fuente: Autoridad de los Servicios Públicos (ASEP, 2016). Datos obtenidos en entrevista con el Ing. Carlos Gómez de la ASEP, el 7 de marzo de 2017.

gracias, en gran medida, al Provecto Técnicas de Monitoreo de Calidad del Agua (PROTEMOCA), patrocinado por la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA, por sus siglas en inglés) (ANAM, 2013). El último de los informes de monitoreo de la calidad del agua presentado por la entonces ANAM recoge información para el período de 2009 a 2012, de 35 cuencas en la vertiente del Pacífico y 10 cuencas en la vertiente del Atlántico. En total, se monitorearon 100 ríos del país, con 277 puntos de monitoreo ubicados en las partes altas, medias y bajas de las cuencas involucradas. En este informe se presentan valores de Índice de Calidad de Agua (ICA) compuesto por 11 parámetros de calidad del agua: pH, conductividad, temperatura, turbiedad, sólidos totales disueltos, oxígeno disuelto (OD), demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), nitratos, fosfatos y coliformes fecales. Los valores correspondientes a estos monitoreos pueden ser consultados en: http:/miambiente.gob.pa/index.php/ es/2013-02-20-08-51-24/biblioteca-virtual

En la cuenca hidrográfica del Canal de Panamá (CHCP), en el año 2015 la ACP realizó mediciones en 38 estaciones de monitoreo ubicadas en embalses, ríos y subcuencas prioritarias (ver **Figura 3**). Se analizaron 25 parámetros: OD, DBO5, ortofosfatos,

nitratos, coliformes totales, *E. coli*, sólidos totales suspendidos, cloruros, sodio, alcalinidad total, calcio, clorofila, conductividad, dureza total, potasio, magnesio, nitritos, pH, salinidad, sulfatos, sólidos totales y disueltos, temperatura, transparencia, carbono orgánico total y microcistinas.

3. Aspectos sociales y de salud

Cuando asumimos el ambiente como sistema, encontramos que toda alteración ambiental está concatenada de alguna forma con la sociedad. No podemos, pues, encarar los problemas de la calidad del agua sin ubicarlos en su estrecha relación con los paradigmas y ordenamientos que dominan la vida social.

3.1 Zonas rurales y urbanas

El campo padece actualmente de un bajo crecimiento humano vegetativo en general, lo que unido al abandono de la actividad agraria por el joven campesinado y a la emigración hacia las urbes tras la búsqueda de la movilidad social, va dejando reducidas densidades de población rural, permitiendo que los factores de la resiliencia natural cubran

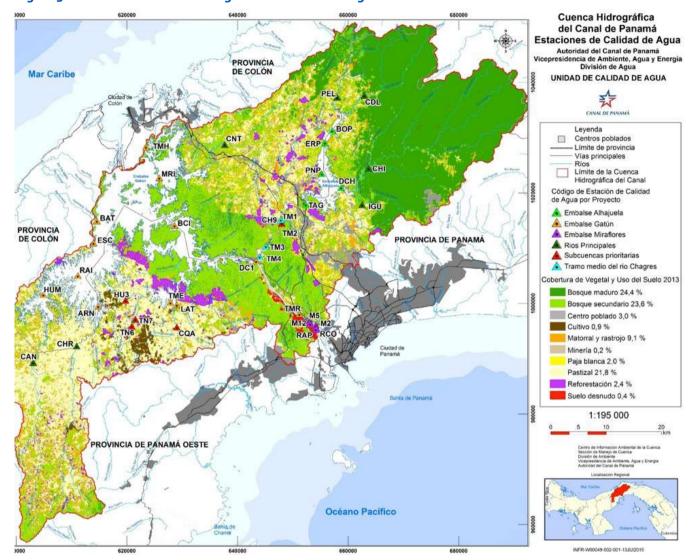


Figura 3. Estaciones de calidad del agua en la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá

Fuente: http://micanaldepanama.com/nosotros/cuenca-hidrografica/

adecuadamente el control de los procesos sociales contaminantes por efecto de las prácticas de autosubsistencia.

Al mismo tiempo, este abandono viene siendo reemplazado por unidades de grandes hacendados con una explotación intensiva del suelo, que genera nuevos problemas en la calidad del agua. La agroindustria, bajo la explotación privada, ha introducido el uso intensivo del suelo, por lo general deficiente en nutrientes en nuestro país. Los suelos en Panamá son predominantemente ácidos (IDIAP, 2006) y, debido a la abundante precipitación, lixivian fácilmente el calcio, el potasio y el nitrógeno, al igual

que su alta capacidad de fijación del fósforo hace de éste un elemento deficitario en la producción. Esto exige mejorar los procesos de fertilización con tecnologías de buen manejo.

Otro problema de nuestro esquema productivo es la transformación extensiva de los ecosistemas naturales en agroecosistemas simplificados. Recordemos que Panamá está localizada en la región con más alta biodiversidad del planeta (ANAM/CBD, 2014), lo que implica la existencia de metabolismos naturales complejos e intensos pero, a la vez, frágiles. Esta transformación impulsa inevitablemente el crecimiento de especies oportunistas e indesea-

bles, las cuales sólo pueden controlarse empleando plaguicidas o herbicidas que, sin una aplicación adecuada, derivan en causantes de altos niveles de contaminación en los cuerpos naturales de aguas, con organoclorados, fosforoclorados, etcétera. Esto sucede al tiempo que la desvegetación rasa y la mecanización están dando paso al incremento de la erosión, produciendo pérdidas de suelos y altos grados de turbiedad y sedimentación en los ríos y estuarios.

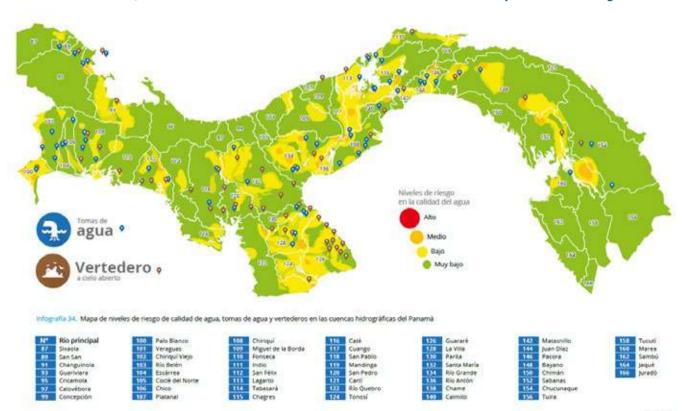
Hoy, la Ciudad de Panamá tiene más de 1,5 millones de habitantes y sólo recientemente comienza a funcionar una planta de tratamiento de aguas a gran escala, la cual está enmarcada dentro del proyecto de Saneamiento de la Bahía de Panamá. Acerca del Distrito de Colón preocupa que muchos de sus ríos y quebradas desembocan directamente en la Bahía de Limón o en el embalse del Gatún, con igual efecto porque toda sustancia contaminante que éstos con-

tienen, aunque pasen por un proceso importante de dilución en las aguas lacustres, llegan también a la misma bahía a causa de los esclusajes canaleros de la zona atlántica y acumulan allí su carga. Lo mismo sucede en la ciudad de David, a 50 km de la frontera con Costa Rica, la cual es atravesada por varios ríos importantes, pero rodeada hoy de amplios cordones de precaristas, de una producción agrícola y ganadera extensiva, aunque con uso intensivo de agroquímicos y de industrias con muy mal manejo ambiental, a lo cual se agrega un deficiente relleno sanitario y una falta absoluta de plantas de tratamiento de aguas residuales. En la **Figura 4** se aprecia el mapa de riesgo de la calidad del agua en ríos en relación con la localización de vertederos en el país.

3.2 Salud

El libro *Desafíos del Agua Urbana* (IANAS, 2015) aborda en el capítulo de Panamá los aspectos más

Figura 4. Infografía N° 34 del PNSH 2015:2050 que muestra los niveles de riesgo en materia de calidad de agua en las cuencas de los ríos, en relación con la localización de los vertederos a cielo abierto y de las toma de agua



Fuente: MiAMBIENTE, 2016b.

Puerte labresse

relevantes relativos a aguas urbanas y salud hasta el año 2014. En esta oportunidad se actualiza la información presentada con un enfoque más holístico. De acuerdo con el informe "Análisis de Situación de Salud" (MINSA, 2015), y con base en el censo de 2010, se estima que 91,8% de la población panameña tiene acceso a agua potable (Tabla 2). No obstante, en las áreas indígenas más de 50% de la población no goza del recurso con las condiciones higiénicas, ni de acuerdo con la normativa de los organismos internacionales de salud. Se argumentan causas que van desde la dispersión de los habitantes, el poco acceso a los lugares poblados, los procesos de migración interna y la influencia cultural de los grupos originarios. Aquí se sigue la definición de "acceso al agua potable" de la Organización Mundial de la Salud (OMS), es decir, una fuente de agua a menos de 1 km del lugar de uso y la capacidad de obtener 20 litros diarios para cada miembro de la familia. Se estimaba que, para 2014, 25% de las viviendas ubicadas en áreas rurales no tendrían acceso a un servicio de agua potable adecuado y que 0,7% de las viviendas no dispondrían de acceso alguno al recurso (INEC, 2010).

El MINSA (2015) atribuye lo anterior a diversos factores: manejo deficiente de los suelos, deforestación, sedimentación, contaminación por plaguicidas, inadecuada disposición de las aguas residuales, deterioro de los ecosistemas (acentuado por las graves formas de contaminación ambiental), urbanizaciones no planificadas a orillas de las cuencas o ríos, incremento sostenido de la demanda de recursos hídricos para satisfacer las necesidades de la población, además de la falta de controles para evitar las pérdidas en la red de acueductos. En cuanto a esto último, tan sólo en las provincias de Panamá y Colón, las pérdidas alcanzan porcentajes mayores a 40% por la poca cultura en el uso racional del agua sumado a la falta de medidores de consumo familiar.

Enfermedades transmitidas por vectores asociados al agua. En Panamá, las principales enfermedades de este tipo son: dengue, chikungunya, zika y malaria. Sus porcentajes de incidencia no dejan de ser importantes y son debidas principalmente a la falta de agua potable, condición que exige a las personas almacenar agua en vasijas que se convierten en criaderos útiles.

Tabla 2. Porcentaje de la población con acceso a agua potable, según los censos de población de los años 1990, 2000 y 2010

	Población con y sin acceso a agua potable por censo						
Provincias y comarcas indígenas	199	1990*		2000		2010	
	Sí	No	Sí	No	Sí	No	
Total	81.2	18.8	90.2	9.8	92.9	7.1	
Bocas del Toro	60.2	39.8	74.1	25.9	74.6	25.4	
Coclé	75.9	24.1	91.5	8.5	95.1	4.9	
Colón	83.3	16.7	92.0	8.0	93.5	6.5	
Chiriquí	65.3	34.7	82.3	17.7	87.9	12.1	
Darién	31.9	68.1	58.4	41.6	72.4	27.6	
Herrera	78.4	21.6	93.6	6.4	96.6	3.4	
Los Santos	85.7	14.3	96.1	3.9	98.6	1.4	
Panamá	93.7	6.3	97.1	2.9	98.6	1.4	
Veraguas	57.4	42.6	83.3	16.7	88.8	11.2	
Kuna Yala			67.7	32.3	77.8	22.2	
Emberá			10.7	89.3	27.6	72.4	
Ngäbe-Buglé			29.9	70.1	38.6	61.4	

^{*}No se habían creado las comarcas indígenas y las áreas indígenas se incluían en las provincias que estaban alrededor de estas comarcas. Fuente: MEF, *Atlas Social de Panamá*, capítulo 3.

Casos 8000 Tasa 250 7469 7000 200 6000 5489 5517 4781 5000 asa x 100.000 hab 150 4326 3882 3084 4000 2802 3347 2785 2641 100 3000 1605 2000 50 1000 0 2005 2000 2002 2003 2001 2007

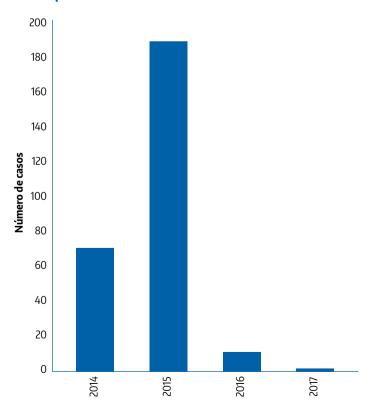
Figura 5. Casos de dengue y tasa de incidencia según año de ocurrencia en la República de Panamá 1993-2017

Fuente: MINSA, 2017b

La **Figura 5** muestra para el caso del dengue un descenso sostenido desde 2014 a la fecha, pasando de 5.517 casos en 2014 a 2.917 en 2016.

El virus Chikungunya (Figura 6) fue introducido en Panamá en el año 2014, ocasión en que se presentaron 68 casos (26 autóctonos y 42 importados). En 2015 hubo 181 casos confirmados (162 autóctonos y 19 importados); en 2016 fueron 11 los casos positivos (6 autóctonos y 5 importados); en 2017, de 317 casos sospechosos, sólo 20 resultaron positivos. A partir de la semana 47 de 2015, se han registrado en Panamá casos de infección con virus Zika, otra arbovirosis transmitida por mosquitos del género Aedes, con síntomas muy parecidos a los que producen los virus Dengue y Chikungunya, con el agravante de que se asocia con el síndrome de Guillain-Barré en personas que han sufrido la infección y con microcefalia en niños nacidos de madres a las que les ha dado la infección durante el embarazo. El 15 de marzo de 2016, el Centro Nacional de Enlace de Panamá informó a la OPS/OMS de un caso de síndrome de Guillain-Barré (GBS) con infección concomitante de virus Zika. Desde finales de 2015 a la semana 11 de 2017 se han reportado 52 mujeres embarazadas positivas, de las cuales una de 2015 es de Guna Yala con

Figura 6. Incidencia de casos de Chikungunya de 2014 a 2017 en la República de Panamá



resultado positivo; de 2016, 45 (una con resultado positivo del extranjero) y, de 2017, 6 (MINSA, 2017d).

La malaria es una enfermedad parasitaria transmitida por hembras del género Anopheles, es endémica en Panamá, con cinco focos localizados al este de las ciudades de Panamá y Colón, específicamente en las Comarcas Ngäbe-Buglé (al este del país) y Guna Yala, en el área de Bayano, Mortí, Jaqué y Puerto Piña. De 2001 a 2017, la tasa de morbilidad y mortalidad se ha mantenido baja con tendencia estable en los últimos años (**Figura 7**).

Adicionalmente, se estima que 88% de las enfermedades diarreicas son producto de un abastecimiento de agua insalubre y de un saneamiento y una higiene deficientes (OMS, 2004). De acuerdo con ese organismo, la mejora del abastecimiento de agua reduce entre 6 y 21% la morbilidad por diarrea, si se contabilizan las consecuencias graves. En Panamá no tenemos estadísticas actualizadas de la etiología de las diarreas por consumo de agua contaminada con bacterias, enterovirus, helmin-

tos, organismos de vida libre y protozoarios. La última epidemia de cólera se reportó de 1991 a 1993, después de la cual no se han reportado casos, ni se han hecho estudios que determinen la presencia de amebas de vida libre en aguas recreacionales, y tampoco se han documentado casos de meningoencefalitis amebiana primaria, ni de encefalitis amebiana granulomatosa.

Estudios como el de Álvarez *et al.* (2010), que incluyó varias regiones del país, encontraron una prevalencia de *Cryptosporidium* sp. de 6,4% en niños menores de cinco años, destacando que La Chorrera y Panamá Metro presentaron las prevalencias más altas con 16 y 11%, respectivamente. Otro artículo de Arosemena *et al.* (2014) detectó enteroparasitosis en tres comunidades indígenas, encontrando que 100% de las muestras de agua fueron positivas para alguna forma parasitaria, destacándose *Giardia* spp. en 35% y *Blastocystis* sp. en 33%. Estos valores confirman las condiciones sanitarias deficientes presentes en las comunidades indígenas.

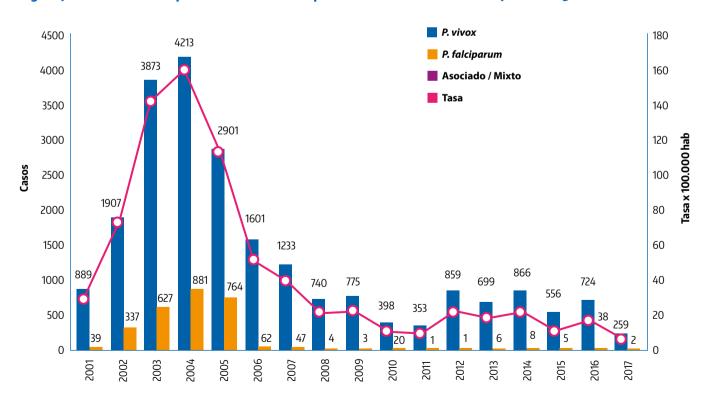


Figura 7. Número de casos y tasas de incidencia de paludismo en Panamá 2001-2017 semana 15

Fuente: MINSA, 2017c.

4. Principales problemas que impactan la calidad del agua de Panamá

4.1 Eutrofización

La eutrofización se presenta de forma natural en los ecosistemas acuáticos y consiste en la evolución de éstos hacia condiciones terrestres por la acumulación de nutrientes, el desarrollo vigoroso de la vegetación y la acumulación de sedimentos. La eutrofización puede resumirse como el flujo de fertilizantes y nutrientes vegetales procedentes de fuentes humanas y agrícolas con consecuencias sobre las características estructurales v el funcionamiento del sistema acuático. De acuerdo con su grado de eutrofización, los embalses se clasifican en oligotróficos, mesotróficos v eutróficos (Margalef, 1983; Carlson y Simpson, 1996). Los embalses oligotróficos tienen muy poca o nada de vegetación acuática v están relativamente claros; los mesotróficos representan cuerpos de agua con un nivel intermedio de productividad, tienen comúnmente aguas claras y mantienen lechos de plantas acuáticas sumergidas y niveles medios de nutrientes; y los eutróficos tienden a recibir grandes cantidades de organismos, incluyendo las floraciones de algas. Cada clase trófica presenta diversos tipos de peces y de otros organismos (Margalef, 1983).

El embalse Gatún, durante su construcción y, posteriormente, en la operación del Canal de Panamá, presentó problemas de crecimiento de la vegetación acuática, inicialmente con especies nativas y, después, foráneas. Las entonces recientes condiciones, creadas por la liberación de nutrientes derivados de la descomposición de la materia orgánica que quedó expuesta, favorecieron el desarrollo exponencial de una biomasa vegetal de proporciones alarmantes (Von Chong, 1986). Las primeras plantas acuáticas en aparecer en forma obstructiva (Von Chong, 1986) fueron la especie enraizada del jacinto de agua (Eichornia azurea), seguida de la especie flotante del jacinto de agua (*E. crassipes*). Luego, en la sucesión natural de las especies acuáticas que ocurría en el embalse, les siguió la lechuga de agua (Pistia stratiotes) en combinación con un número variado de especies gramíneas y otras especies de hoja ancha, así como de especies sumergidas (Hydrilla verticilata).

En 1948, para el control de las plantas acuáticas, se introdujo el herbicida 2,4 D específico para el jacinto de agua (E. crassipes), que había reemplazado a la "hierba acuática" (Hydrilla verticillata) en aquellas áreas donde se había mantenido bajo control con el uso del sulfato de cobre (Von Chong, 1986). Desde 1951 hasta 1964 fue el único herbicida utilizado, aplicándose específicamente para controlar el jacinto de agua. Durante ese período fue observado el fenómeno de sucesión ecológica de la vegetación, pasando la *Hydrilla* a invadir y apoderarse de aquellas áreas de operación que se mantenían bajo un programa de control para el jacinto de agua. En 1964, en áreas del Canal de Panamá se introdujeron varios manatíes de las especies Trichechus manatus y T. inunquis con el objetivo de controlar ciertas plantas acuáticas, hospederas del mosquito Mansonia. En su momento, se determinó que serían necesarios unos 2.000 manatíes para empezar a notar un impacto en el control de la vegetación del embalse Gatún (Von Chong, 1986).

La otrora Compañía del Canal de Panamá reportó, en 1977, que "las colonias de macrófitas acuáticas en el lago Gatún estaban impidiendo la operación del Canal. La Hydrilla verticillata, una especie sumergida, representó el mayor peligro a la navegación en el lago Gatún" (PCC, 1977; Dardeau, 1983, en Clark, 2015). La introducción de la carpa herbívora, en el embalse Gatún, respondió a la necesidad de controlar la *Hydrilla verticillata* (Custer et al., 1979, en Clark, 2015). En 1977 se introdujo la chinilla Neochetina bruchi, del jacinto flotante, y en 1979, la mariposa Sameodes albiquitallis que ataca la especie flotante del jacinto de agua. Es importante resaltar que, en el proceso de sucesión natural de la vegetación acuática, otras plantas han ido reemplazando a aquellas que se fueron controlando. En 1978 se introdujeron más de 250.000 alevines de la carpa herbívora Ctenopheryngodon idella como control biológico para la *Hydrilla*, no llegándose a observar reducción alguna en la biomasa de esta planta en el embalse (Von Chong, 1986).

Entre 1986 y 1988, una persona que desconocía las características de "herbívoro voraz" del caracol gigante *Pomacea* sp., lo introdujo al embalse Gatún, en el área de La Arenosa, La Chorrera (Gutiérrez, 1991). Su efecto como controlador de la *Hydrilla* se hizo visible unos meses después. La actividad humana, principalmente, fue dispersándola en la to-

talidad del embalse. Lo anterior es confirmado por Clark (2015), quien establece que un caracol (*Pomacea* sp.) y la larva de una polilla (*Parapoynx* sp.), introducidos accidental o intencionalmente, han sido los controles biológicos que podrían explicar los cambios ocurridos después de casi 20 años.

Finalmente, desde 1994 no se ha hecho un estudio comprensivo de la vegetación acuática en el embalse Gatún. Sin embargo, en relación con la calidad del agua, ha habido estudios cortos (Jara, 2012) e incursiones al Río Chagres para la identificación/ localización de la especie por método fotogramétrico (Jaramillo, 2013). Otros trabajos realizados corresponden al manejo regular de la vegetación que, en el caso de la Hydrilla, se ha visto reducida desde la aparición del caracol ya mencionado. Para terminar, la ACP, a través de la Unidad de Calidad de Agua, desde 2003 ejecuta el programa de Vigilancia y Seguimiento de la Calidad del Agua, el cual, a partir de 2009, calcula el Índice de Estado Trófico de Carlson (IET) para los embalses Gatún y Alhajuela (Autoridad del Canal de Panamá, 2010). En la evaluación del estado trófico de los embalses Gatún y Alhajuela se utiliza el índice de estado trófico basado en la clorofila (IETClor) como índice principal, debido a que éste es el mejor estimador de la biomasa algal (Carlson y Simpson, 1996). También se han considerado de forma complementaria la evaluación de la transparencia o profundidad Secchi (IETSD) y las concentraciones superficiales de fósforo total (IETP tot). El índice proporciona valores que pueden variar entre 0 (oligotrofia) y 100 (eutrofia), situándose en torno a 50 el límite con la mesotrofia.

Como se muestra en la Tabla 3, y con base en los resultados del IETClor, los embalses Gatún v Alhajuela se clasifican, en general, como mesotróficos. En el embalse Gatún los valores del IETClor varían en las estaciones de calidad de agua, entre 25 (mínimo en BAT-2014) y 50 (máximo en HUM-2016), y en el Alhajuela, entre 32 (mínimo en BOP-2011) y 51 (máximo en ERP-2010 y PNP-2010). En cuanto a la distribución espacial es posible distinguir áreas donde los valores de IETClor, en promedio, son menores: en el embalse Gatún, hacia las estaciones ARN (38), RAI (37), ESC (34), BAT (34), MLR (38), TME (36) y TMR (38), y en el embalse Alhajuela, hacia las desembocaduras de los ríos Boquerón y Pequení donde se ubica la estación BOP (37). En ambos embalses, el IETSD se ve influido por los sólidos inorgánicos en suspensión.

La alta renovación del agua, como resultado de su uso para esclusajes, así como la remoción de la vegetación acuática, favorece la menor eutrofia. Sin embargo, el incremento de sólidos suspendidos puede tener un impacto negativo sobre la calidad del agua, que podría conducir al aumento de los costos del tratamiento del agua cruda para potabilización. Además, el acarreo de sólidos totales sus-

Tabla 3. Promedio anual de estados tróficos (IETClor) para el período 2009-2016

Año	Embalse Gatún a/	Embalse Alhajuela b/	
2009	43	47	
2010	42	48	
2011	39	40	
2012	37	44	
2013	36	44	
2014	34	42	
2015	37	47	
2016	41	44	
Promedio	39	44	

Observaciones: a/ Los promedios anuales indican que, de 2009 a 2016, el promedio anual del IET en el embalse Gatún se mantiene en estado mesotrófico. La prueba T para muestras independientes, con un alfa de 0,05, indica que no hay diferencias significativas en el valor de IET de 2009 y 2016. b/ Los promedios anuales indican que, de 2009 a 2016, el promedio anual del IET en el embalse Alhajuela se mantiene en un estado mesotrófico.

Fuente: Elaborado por Marylin Diéguez (2018) basado en datos de la ACP.

pendidos tiene un impacto negativo sobre el ecosistema con afectaciones a la fauna y flora acuática.

4.2. Contaminantes naturales

Tal como se presentó en la sección 2.3, en 2013 la ANAM (actual MiAMBIENTE) desarrolló su último informe de monitoreo entre los años 2009-2012, de 35 cuencas y 100 ríos. Se hicieron mediciones en las partes altas, medias y bajas de cada río, evaluándose el Índice de Calidad de Agua (ICA). El ICA clasifica la calidad del agua en una escala de 0 a 100. Cualitativamente, estos índices clasifican la calidad del río entre excelente o no contaminada hasta muy mala o altamente contaminada. En la **Tabla 4** se presenta la correlación cuantitativa y cualitativa de dicho índice. En la **Tabla 5** se presenta un resumen de los índices encontrados en los 100 ríos evaluados.

Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá (CHCP). Para el año 2015, en la CHCP se calculó un total de 683 índices de calidad de agua para un número similar de muestras. Tal como muestra la Tabla 6, los resultados obtenidos son muy similares a los resultados correspondientes al período 2003-2013 (ACP, 2016). La distribución porcentual del ICA en los embalses monitoreados de Gatún, Alhajuela y Miraflores, los ríos principales y tramo medio del Río Chagres y las subcuencas prioritarias de la CHCP son resumidos en la Figura 8. Esta figura recalca la buena calidad de agua que presentan los diferentes cuerpos de agua de la CHCP. Son de especial atención los valores de los embalses de Alhajuela y Gatún, que sirven de fuente de agua potable para la mayoría de la población de las principales áreas metropolitanas del país (Panamá y Colón).

En cuanto a la variación estacional del ICA en el CHCP se puede decir que, en el período histórico 2003-2013, se observan valores promedios más altos

Tabla 4. Rangos y calificaciones para valores del ICA utilizados por MiAMBIENTE

Intervalos	Calificación (descriptor)
91-100	Excelente/No contaminada
71-90	Bueno/Aceptable
51-70	Medio/Poco Contaminado
26-50	Malo/Contaminado
0-25	Muy mala/Altamente contaminada

Tabla 5. Resumen de los resultados de ICA en 100 ríos, dentro de 35 cuencas hidrográficas en la República de Panamá para el período 2009-2012

Índice de Calidad de agua a/	N° de ríos
Excelente	0
Excelente/Bueno	4
Bueno	40
Bueno/Medio	34
Medio	3
Medio/Malo	8
Malo	1
Malo/Muy Malo	1
Muy Malo	1
No reportado b/	1
Otros c/	7
Total	100

a/ Dado que muchos ríos presentaban categorías diferentes, pero adyacentes en sus diversas secciones (alta, media y baja), se decidió colocar categorías intermedias. De esta forma, una categoría Bueno/Medio, por ejemplo, significa que en algunas secciones del río el ICA era bueno y en otras era medio.

b/ Cuenca del Río Chagres, la cual es monitoreada por la ACP y es descrita aparte en esta sección.

c/ Resultados para los ríos Tocumen, Tapia, Guararé, Mensabe, Caimito, Río Abajo y Juan Díaz, los cuales presentan un ICA Bueno en sus partes altas; sin embargo, sus secciones media y/o baja presentan variaciones de más de una clasificación. Por ejemplo: i) Sección media: ICA Medio y Sección baja: ICA malo, ii) Sección media y baja: ICA Malo, y iii) Sección media: ICA Bueno, Sección baja: ICA Malo.

Fuente: Datos obtenidos del Informe de monitoreo de la calidad del agua en las cuencas hidrográficas de Panamá. Compendio de resultados 2009-2012 (ANAM, 2013).

Tabla 6. Distribución porcentual del ICA en la Cuenca Hidrográfica del Canal, 2015 y período 2003-2013

ICA	2015	2003-2013
Medio	2%	3%
Bueno	78%	77%
Excelente	20%	20%

Fuente: ACP, 2016.

(85-87) en la estación seca (enero-abril) con un pico en marzo (87), para luego descender entre mayo y junio (83 y 82) que coincide con el inicio de la estación lluviosa. Finalmente, se ve un ligero descenso entre agosto y diciembre con valores entre 80 y 81, y valores promedio más bajos en noviembre (80) (ACP, 2016).

4.3. Metales pesados

El rápido crecimiento poblacional a nivel mundial, la industrialización de las zonas costeras, la contaminación, la sobreexplotación de los recursos y una baja protección del medio contribuyen al deterioro de los ecosistemas marinos, generándose problemas en salud pública y pérdidas económicas considerables (Tayeb et al., 2015; Chen y Broce, 2015). En Panamá, diversos ecosistemas se han visto afectados por actividades antrópicas, dando como resultado una problemática ambiental, particularmente en ecosistemas marino-costeros. El impacto sobre estas zonas viene dado directamente por mecanismos como la acumulación de sustancias potencialmente peligrosas en los sedimentos marinos, tales como metales pesados contaminantes orgánicos, radionúclidos, etcétera, así como por la entrada de numerosos emisarios, los cuales contienen contaminantes de diversos orígenes (industriales, agrícolas, urbanos, etcétera) (Benali et al., 2015).

Entre los metales pesados² o elementos traza³ destacan por su toxicidad y mayor presencia en el ambiente, el mercurio (Hg), el cadmio (Cd) y el plomo (Pb) (Orozco *et al.*, 2003). Aun cuando muchos metales pesados entran al medio marino provenientes mayormente de actividades antrópicas (desechos domésticos, industriales y agrícolas), su transporte generalmente ocurre por procesos naturales a través del ciclo hidrológico (Montero y Tenorio, 2010).

El Cd, el cobre (Cu) y el Pb son empleados en industrias como la minería, fundición de metales y la fabricación de pinturas. Las descargas residuales de estas actividades sin tratamiento previo pueden alcanzar la atmósfera y ser transportados por los vientos, las escorrentías producidas por las lluvias y los ríos más allá de la fuente local que los produce (Barría y Barría, 2004). Los metales pesados pueden provenir también de procesos geoquímicos como la meteorización, diagénesis, desorción e intercambio iónico, entre otros (Chen, 2017). En el caso de los estuarios y zonas costeras es a través del transporte de sedimentos continentales que muchos agentes químicos ingresan a estos sistemas, convirtiéndose

en la principal ruta de entrada al medio marino. Así, la naturaleza antrópica o natural de la entrada de agentes químicos en zonas costeras, dificulta conocer el origen de la contaminación producida. De allí, la importancia de identificar las actividades desarrolladas en áreas aledañas a los cuerpos de agua, lo que permite correlacionar dicha actividad y las concentraciones de metales determinadas en un lugar definido.

Por otro lado, las aguas domésticas constituyen la mayor fuente individual de metales tales como el Cu, Pb, cinc (Zn) y Cd en ríos, lagos y, en algunos casos, zonas costeras. Elementos como el cromo (Cr), níquel (Ni) y estaño (Sn) son considerados más como indicadores de contaminación industrial (Montero y Tenorio, 2010). Metales como el Pb y sus sales son generados por fábricas de pinturas, alfarerías con esmaltado, fototermografía, pirotecnia, coloración de vidrios, o por industrias químicas productoras de tetraetilo de plomo y por algunas actividades mineras (http://www.sagan-gea.org/ hojared/CAgua.html). El Pb está incluido en la lista de sustancias peligrosas prioritarias de la III Conferencia del Mar del Norte y confirmada en la IV Conferencia realizada en Dinamarca (1995), en donde se acordó reducir en 25 años las concentraciones ambientales de Pb a niveles cercanos a las concentraciones naturales (Montero y Tenorio, 2010). En Panamá, la eliminación gradual del uso y venta de gasolina con plomo (Montero y Tenorio, 2010) (Ley 36 de 17 de mayo de 1996) ha sido un factor preponderante en la disminución gradual de las concentraciones de este material en el aire de la ciudad y la consecuente mejora de la calidad ambiental.

El Cd es un metal proveniente básicamente de actividades antrópicas y se asocia a la explotación de Zn y a desechos de la industria de plásticos, pinturas, aleaciones metálicas. No es biodegradable, por lo que su captación por el fitoplancton puede ser de gran significancia ecológica; además, interacciona con el metabolismo del calcio en los animales, provocando una serie de problemas de salud en peces (Rodríguez, 2008; Montero y Tenorio, 2010).

El hierro (Fe), manganeso (Mn) y Zn son considerados microelementos esenciales, especialmente en el funcionamiento de enzimas. El Fe se encuentra en menor concentración en el agua y en mayor concentración en material particulado y sedimentos marinos (Chen, A., 2017). El Cu también es esencial

^{2.} Contaminantes ambientales muy peligrosos, debido a que no son biodegradables y a su potencial bioacumulación en organismos vivos.

^{3.} Denominados por su presencia en pequeñas concentraciones.

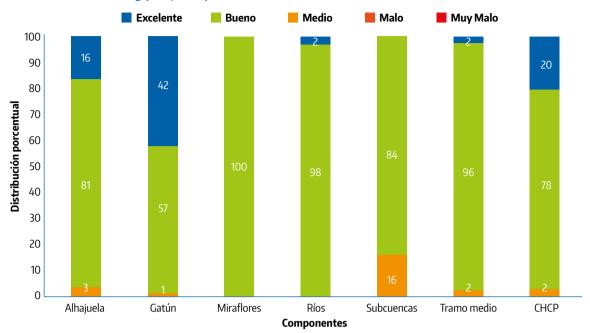


Figura 8. Distribución porcentual del ICA en los embalses, ríos y subcuencas prioritarias y en el total de la CHCP durante 2015 (ACP, 2016)

debido a su función dentro los organismos; sin embargo, en altas concentraciones, puede afectar la fotosíntesis y desarrollo de las algas, así como el desarrollo de animales marinos durante sus primeras etapas (huevos, larvas, etcétera) pudiendo causar la muerte de éstos (Chen, A., 2017). En Panamá se han realizado diversas investigaciones en zonas costeras para determinar la concentración de sustancias contaminantes. Estos estudios han empleado diversas matrices analíticas para la determinación de las concentraciones de ciertos metales pesados en el agua, sedimentos marinos, peces, moluscos, tejido foliar (Rodríguez, 2008).

El estudio realizado por Rodríguez (2008) de *Rhizophora mangle* L., en el bosque ubicado en la Isla de Cañas, Tonosí, Provincia de Los Santos, encontró concentraciones de Cu superiores a 10 μ g/g (tanto en estación lluviosa como seca), lo cual supera los límites permitidos para ambientes naturales. Las concentraciones de Fe, Mn y Zn en los sedimentos del manglar se encontraron por debajo del límite para sedimentos no contaminados. Igualmente, la concentración de metales pesados en el tejido foliar (especialmente raíces) de *Rhizophora mangle* L. arrojó valores de Mn superiores a los encontrados en el sedimento. Este hallazgo es un indicador de

la capacidad de bioacumulación de las raíces. Para el Fe y el Cu se determinó que las mayores concentraciones se presentaron en el tejido foliar en comparación con el sedimento y el agua del canal estuarino. Para el caso del Mn y Cu, la comparación de concentraciones entre el sedimento y el agua del canal estuarino del manglar arrojó altos niveles de estos metales en los sedimentos, lo cual es generalmente el caso (Rodríguez, 2008).

Otro estudio importante es el realizado por Quiñones (2011) en el Río Catival, en la isla de Coiba, en el cual los metales pesados analizados presentaron valores muy bajos, a excepción del plomo (0,05 ppb)⁴ (Quiñones, 2011). Otra investigación en el manglar de la isla Tamborcillo de Punta Chame estudió la presencia de Cd, Pb y Cu en el molusco *Anadara tuberculosa*, encontrándose que el metal más abundante en su tejido fue el Pb y el más escaso el Cu. El Cd y el Cu mostraron un patrón estacional de acumulación, más no el Pb, el cual parece ser transferido al agua de mar por fuentes antrópicas (Barría y Barría, 2004).

^{4.} El autor atribuye como posible causa de este hallazgo una contaminación con diésel durante el almacenamiento de este combustible en la lancha de trabajo.

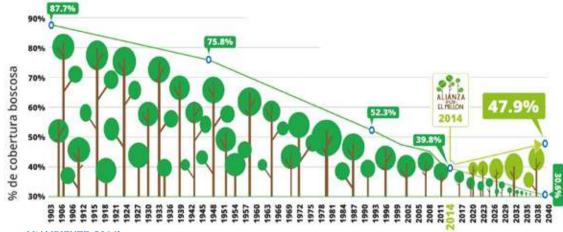


Figura 9. Infografía N° 32 del PNSH 2015:2050. Proyecciones de recuperación de cobertura boscosa en Panamá a través del plan "Alianza por el Millón de Hectáreas Reforestadas"

Fuente: MiAMBIENTE, 2016b.

Estudios en el Río Juan Díaz, el cual desemboca en la Bahía de Panamá, arrojaron concentraciones de Cr que van desde 0,3 a 0,7 ppm. Las concentraciones de Zn y Cu fueron de 4,302 ppm y 0,296 ppm, ambas por debajo de los valores de la norma (5,0 ppm y 3,0 ppm, respectivamente) (De Gracia-Nieto, 2003). En el caso del Cd y el Pb no se pudo hacer una comparación con la norma (De Gracia-Nieto, 2003). Sin embargo, para el caso del Pb, aquéllas no superaron el valor de 1,0 ppm.

4.4 Deforestación

La cobertura boscosa es primordial para la salud de las cuencas y la calidad de agua de éstas. Una cuenca deforestada significa tiempos de concentración más bajos y mayor cantidad de sedimentos que llegan a los ríos, desmejorando su calidad. Igualmente, disminuye la evapotranspiración, haciendo la cuenca más vulnerable a eventos extremos. En las figuras 9 y 10, tomadas de las infografías 32 y 33 del PNSH 2015-2050 (MiAMBIENTE, 2016b), se aprecia la recuperación de cobertura boscosa esperada en las cuencas de los diferentes ríos del país con la aplicación de la Iniciativa Público-Privada denominada "Alianza por el millón de Hectáreas Reforestadas" (Figura 9), así como la situación de cobertura boscosa actual por cuenca (Figura 10).

Es importante recalcar que la situación de cobertura boscosa está dentro del alcance del país revertirlo con compromisos a mediano y largo plazos, y políticas cónsonas con un desarrollo sostenible.

4.5 Aguas servidas

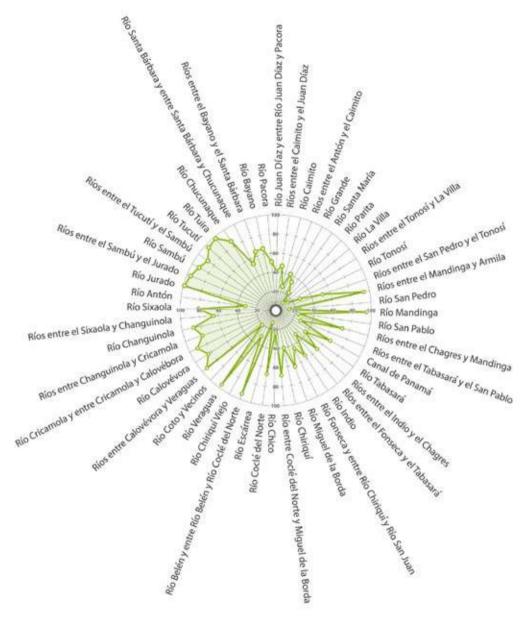
Antecedentes. Según proyecciones del Instituto Nacional de Estadística y Censo de la Contraloría General de la República de Panamá (INEC, 2012), para el año 2015 se estimó que la población panameña alcanzaría 3,98 millones de personas, con 67% (2,66 millones) concentrado en zonas urbanas y el restante 33% (1,31 millones), en zonas rurales (UNICEF, 2016).

Al realizar un análisis comparativo sobre la cobertura de agua potable y saneamiento en Panamá a nivel nacional, se observa que la población total desatendida se ha visto considerablemente reducida durante las tres últimas décadas. De 1990 a 2015, el porcentaje de la población con acceso a fuentes de agua potable mejoradas⁵ aumentó 11%, llevando la cobertura de este servicio de 84 a 95% (98 y 89% en poblaciones urbanas y rurales, respectivamente), mientras que el acceso a servicios mejorados de saneamiento⁶ ascendió a 16%, pasando de 59 a 75% (84 y 58% en poblaciones urbanas y rurales, respectivamente) (UNICEF & OMS, 2015). Estas diferencias

^{5.} De acuerdo con la OMS (http://www.who.int/water_sanitation_health/monitoring/jmp2012/fast_facts/es/), una fuente de agua potable mejorada es una fuente que, por el tipo de construcción, protege apropiadamente el agua de la contaminación exterior, en particular de la materia fecal.

^{6.} De acuerdo con el Banco Mundial, éstas incluyen, además de los servicios sanitarios (hacia sistemas de alcantarillado, tanque séptico o letrina de pozo), soluciones como letrina de pozo mejorada ventilada al ras, letrina de pozo con losa e inodoro de compostaje (http://data.worldbank.org/indicator/SH.STA.ACSN.UR).

Figura 10. Infografía N° 33 del PNSH 2015:2050 en donde se muestra la situación actual de cobertura boscosa en las cuencas de nuestros ríos



Fuente: MiAMBIENTE, 2016b.

podrían deberse a lo dispersa que se encuentra la población rural en el país, a la falta de inversiones en el área rural y a la falta de metas establecidas para este sector (DISAPAS, 2013). Sobre el porcentaje de aguas residuales que son tratadas en Panamá, hay pocos datos disponibles. Autores como Lentini (2011) situaban a Panamá junto con Bolivia,

Colombia, Perú y Venezuela con entre 20 y 30% de tratamiento de sus aguas servidas. Aunque con la entrada en operación en 2013 de la primera fase de la Planta de Tratamiento de Aguas Residual de Juan Díaz, que actualmente recibe 2,2 m³/s, este porcentaje ha aumentado de entre 5 a 10% (Programa de Saneamiento de Panamá, 2017).

Causas de la limitada infraestructuras de saneamiento en Panamá

Lo complejo de la problemática que representan las aguas residuales y su tratamiento a nivel nacional se debe a la interdependencia de factores. Por ejemplo, durante los últimos 60 años, la población se ha cuadruplicado, con la proporción urbana multiplicándose en más de 7 veces durante el mismo período (DISAPAS, 2014). Esto ha traído consigo, entre otras cosas, el rezago en el abastecimiento continuo y la calidad de los servicios de agua potable y saneamiento, en especial, el tratamiento de las aguas residuales (Mejía y Rais, 2012).

Históricamente, los gobiernos, con la formulación de leves y la creación de instituciones, han introducido políticas y estrategias para hacer frente a las necesidades del subsector de agua potable v saneamiento. Como se mencionó en el acápite 2, instituciones como el IDAAN, MINSA, la ASEP y MiAMBIENTE tienen a su cargo el manejo de distintos aspectos del sector. Sin embargo, hace falta una mejor definición de roles institucionales, lo cual se refleja en la duplicidad de roles en rectoría y servicios, y en vacíos en materia de regulación (DI-SAPAS, 2014). Igualmente, las aguas residuales y su tratamiento han estado sujetos a la visión y criterio de las autoridades políticas en cada período de gobierno. Como consecuencia, la legislación vigente relativa al alcantarillado sanitario y el control de vertido de cargas contaminantes a los cuerpos de agua, no es aplicada por falta de reglamentación (Quiroz, 2004). En el caso de las aguas residuales, la aprobación en el año 2000 de las normas COPANIT⁷ (actualmente en revisión) ha logrado regular este subsector.

Por otro lado, las inversiones destinadas a la recolección y tratamiento de las aguas residuales habían sido mínimas hasta el año 2003, cuando se inicia el Proyecto de Saneamiento de la Ciudad y la Bahía de Panamá, con una inversión superior a los 600 millones de dólares. Esta falta de inversiones contribuyó significativamente a la marcada insuficiencia de infraestructuras de saneamiento y a las graves deficiencias en la infraestructura existente, principalmente en las cabeceras distritales del país. En las décadas de 1970 y 1980 se construyeron algunos sistemas de tratamiento de aguas residuales

(STAR) que, hoy día, se encuentran colapsados debido a la falta de los recursos necesarios para garantizar su correcta operación y mantenimiento (DISAPAS, 2014). Los STAR construidos posteriormente a los Reglamentos Técnicos DGNTI- COPANIT del año 2000, se encuentran sujetos a las mismas condiciones.

El IDAAN, como principal prestador del servicio de saneamiento urbano con 47.8% de cobertura, es la entidad encargada de recibir, operar y mantener en óptimas condiciones todas las STAR entregadas por parte de los promotores de provectos urbanísticos y de instituciones estatales que desarrollan y promueven este tipo de proyectos (Decreto Ejecutivo N° 268 de 2008). Sin embargo, debido a limitaciones financieras, ha resultado casi imposible que la entidad pueda asumir dicho rol. Esto ha provocado que, en ciertos casos, los promotores cedan la responsabilidad de operación a los propietarios, lo que ocasiona problemas de manejo y mantenimiento, hasta que finalmente los STAR terminan colapsando (Silva, 2014). Aunado a esta situación, el IDAAN no hace efectivo el cobro de tarifas sanitarias asociadas a la prestación del servicio de alcantarillado sanitario y tratamiento de aguas residuales, que ayuden a subsanar los costos de operación de éstos.

Proyecciones para el sector de agua potable y saneamiento

Durante los últimos años se han realizado grandes esfuerzos por aumentar y mejorar los servicios de agua potable y saneamiento en todo el país, y se han programado considerables inversiones para el saneamiento, en especial, la recolección y tratamiento de las aguas residuales. Actualmente, se está destinando 18,9 % de la inversión pública al sector de agua potable y saneamiento, y 8,4% al sector de sanidad, lo que los convierte en áreas prioritarias dentro del Plan Estratégico de Gobierno (MEF, 2014). Para llevar a cabo esta inversión y lograr las metas propuestas, instituciones como el MINSA, el IDAAN y el Consejo Nacional para el Desarrollo Sostenible (CONADES) trabajan en conjunto, desarrollando proyectos de agua potable y saneamiento en todo el país.

Dentro de los programas ejecutados por las diferentes instituciones, podemos mencionar el Programa Saneamiento de Panamá (PSP), el cual depende jerárquicamente del MINSA y cuya meta es sanear las aguas residuales de los 23 corregimientos del distrito de Panamá y los 9 corregimientos del distrito especial de San Miguelito, así como también mejorar las condiciones sanitarias de los dos principales distritos de la provincia de Panamá Oeste: Arraiján y La Chorrera (PSP, 2017). También están el Programa Sanidad Básica de CONADES, que tiene como meta para el año 2020 construir 300 mil baños higiénicos en aquellas viviendas que cuenten con letrinas, y el Programa Complementario de Agua y Saneamiento, creado para atender las demandas de los sistemas de acueductos y alcantarillados de la Ciudad de Panamá que no han podido ser cubiertas, entre otros (CONADES, 2014).

El Ministerio de la Presidencia, a través del CO-NADES, también realiza proyectos de rehabilitación y mejoras de lagunas de oxidación, construcción de redes sanitarias y STAR y sistemas de alcantarillados en diversas comunidades del interior del país (CONADES, 2017). Por su parte, el IDAAN tiene prevista la construcción de sistemas de alcantarillado en diversos distritos y cabeceras de provincia. Algunos de estos proyectos incluyen la construcción del STAR correspondiente (IDAAN, 2016).

Por último, en el año 2015 entró en vigor el Plan Nacional de Seguridad Hídrica (PNSH), que a través del CONAGUA busca coordinar y accionar los esfuerzos interinstitucionales relacionados con el sector hídrico. En este sentido, el CONAGUA indica que el PNSH 2015:2050 contempla a corto plazo (2015-2019) la construcción de nuevos STAR a nivel nacional (MiAMBIENTE, 2016b).

5. Meta de Desarrollo Sostenible 6

5.1 Mejorar la calidad del agua reduciendo la contaminación

En 2016, los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) fueron sustituidos por los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) que son más amplios y fáciles de alcanzar por los países en desarrollo. Según el profesor Jeffrey Sachs, "el mundo ha entrado en una nueva era, ciertamente, una nueva época geológica, en la que la actividad humana está desempeñando un papel amenazante en la dinámica básica de la Tierra" (Sachs, 2012).

La creciente población urbana, junto con los más complejos problemas de contaminación del aire, agua y suelo, han hecho necesario que las ciudades pongan en práctica un Sistema de Gestión Sostenible del Agua Urbana (SUWM, por sus siglas en inglés). Un factor clave para lo anterior es que se cuente con políticas y normas sobre el agua. La Ley para la Regulación de los Recursos Hídricos de Panamá, que se aprobó a mediados de la década de 1960 (MICI, 1966) no considera los elementos de sostenibilidad, ni la planificación urbana, ni la economía, ni los aspectos relativos al cambio climático. Todas estas variables deben tomarse en cuenta para lograr la sostenibilidad.

Las normativas relativas al uso del suelo y la calidad del aire no se han puesto en vigor (MEF, 2009a, b, c). Por otro lado, las normativas relativas a la calidad del agua han estado vigentes desde 1999 (véase **Tabla 1**) y, hace poco tiempo, la construcción de una mega Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) ha contribuido a reducir la descarga de efluentes en la Bahía de Panamá y mejoró en parte la calidad de la mayoría de las cuencas fluviales. El Gobierno planea la construcción de otra PTAR a corto plazo. Según las autoridades, se prevé implementar un programa de monitoreo de calidad del agua en algunos ríos y arroyos en 2017 (Molina, 2017).

Debido al crecimiento demográfico en la Ciudad de Panamá, la degradación de los ecosistemas fluviales urbanos ha puesto en peligro el propio desarrollo urbano sostenible. Un reciente estudio económico realizado en China (Chen, 2017) revela que el valor de las propiedades aumenta casi 5% si los ríos se pueden regenerar mediante la remoción de las estructuras de concreto que se construyeron en el pasado para corregir sus cursos, así como si se ponen en marcha prácticas "verdes" en las riberas de éstos y se mejora la calidad final del agua a través del restablecimiento de las condiciones ambientales iniciales.

Se seleccionó la Ciudad de Panamá para participar en la iniciativa del Banco Internacional de Desarrollo (BID) conocida como "Programa Ciudades Emergentes y Sostenibles" (BID, 2017). Uno de los tres pilares de este Programa se centra en aspectos ambientales como el agua, la calidad del aire, la energía, las emisiones de gases de efecto invernadero, y el ruido y manejo de residuos sólidos, culminando en la recuperación de los espacios de la ciudad para convertirlos de nuevo en centros sostenibles. La Municipalidad de Panamá lanzó el plan

piloto en 2015, que incluye un municipio de alta densidad (Exposición-Calidonia), una antigua zona logística e industrial (Curundú) y el distrito bancario (http://mupa.gob.pa/intervenciones-urbanisticas). También creó un Laboratorio Urbano para garantizar la participación de las universidades en los procesos de planificación urbana.

5.2 Aumento de la eficiencia en el uso del agua

El Objetivo del Desarrollo Sostenible (ODS) 6.4 es "aumentar de forma significativa la eficiencia en el uso del agua en todos los sectores, garantizar la extracción sostenible y el suministro de agua dulce para abordar el problema de escasez de agua, y reducir de forma considerable el número de personas que sufren por la escasez de este líquido para 2030" (http://datatopics.worldbank.org/sdgatlas/sustainable-development-goals.html).

La precipitación anual promedio de Panamá es de 2928 mm (http://datos.bancomundial.org/indicador/AG.LND.PRCP.MM?name_desc=true&view=map). Su economía depende principalmente del Canal de Panamá cuya actividad depende del agua. Por cada barco que atraviesa el Canal, se utilizan 55 millones de galones de agua dulce que se vierten en los océanos. El Canal de Panamá se amplió hace poco con la construcción de un tercer juego de esclusas. Un factor clave de este proyecto fue la preservación de los recursos hídricos mediante un sistema de reciclaje y la optimización de la eficiencia futura, al reducir el uso total del agua en cada nueva esclusa, en el 7% del consumo en una vieja esclusa (http://eird.org/americas/news/the-panama-canal-example-of-sustainability-and-water-use-efficiency.html#.WRmjj-UjGyI). Es necesario atender la relación entre el agua potable, las aguas residuales y las aguas pluviales para restablecer el ciclo urbano del agua (Hoban y Wong, 2006).

La reutilización de las aguas residuales y la gestión de aguas pluviales son elementos cada vez más importantes y necesarios para lograr la eficiencia en el uso del agua. Un importante avance en Panamá ha sido su liderazgo en Diseño Energético y Ambiental (Liderazgo en Energía y Diseño Ambiental) o certificación LEED (por sus siglas en ingles) para edificios e infraestructuras. En Panamá, esta iniciativa de construcciones ecológicas se ha visto respaldada por la Ley sobre Uso y Regulación Ra-

cional y Eficiente de la Energía (UREE) desde 2012 (Secretaría Nacional de Energía, http://www.energia.gob.pa/). La Secretaría Nacional de Energía es la institución gubernamental responsable de su implementación. Panamá cuenta actualmente con 94 proyectos esperando que se les otorgue el certificado LEED y 23 edificios en diversas categorías que ya han sido certificados (Pellicer, https://noticias.gogetit.com.pa/edificios-verdes/). Panamá también forma parte del World Green Building Council (Consejo de Construcciones Ecológicas), una red global de más de 70 Consejos de este tipo en todo el mundo (World Green Building Council, http://www.worldgbc.org).

En el entorno rural, el Ministerio de Agricultura (MIDA) ha llevado a cabo iniciativas para implementar el uso de la recolección de agua de lluvia para su uso en la agricultura y la ganadería. Sin embargo, al día de hoy todavía hacen falta regulaciones dirigidas a la gestión eficiente del agua en las redes de riego (http://www.fao.org/3/a-i3442s.pdf Panamá).

5.3 Manejo integrado del recurso hídrico a todos los niveles

Panamá ha iniciado una verdadera gestión integrada de recursos hídricos (GIRH) tras el desarrollo, aprobación y ejecución de su Plan Nacional de Seguridad Hídrica (PNSH) 2015-2050: Agua para todos y la creación por Resolución de Gabinete N° 114 del 23 de agosto de 2016, de la entidad responsable de darle seguimiento, es decir, el CONAGUA.

El PNSH se construyó después de una consulta a nivel nacional y los aportes de más de 1.500 personas. Este Plan Nacional cuenta con cinco metas a fin de lograr como objetivo último que el agua mejore la calidad de vida, respalde el crecimiento económico inclusivo y asegure la integridad del ambiente en el país. Estas metas son: 1) Tener acceso universal al agua de calidad y servicios de saneamiento; 2) Agua necesaria para el crecimiento económico inclusivo; 3) Gestión preventiva de riesgos; 4) Cuencas hidrográficas saludables, y 5) Sostenibilidad hídrica (Marco normativo e institucional y educación y concientización). El PNSH contempla acciones de corto, mediano y largo plazo que han sido identificadas obedeciendo un enfoque de GIRH. Este enfoque se entiende en tres niveles de integración. Un primer nivel dentro de cada sector usuario del agua debe

Recuadro 1. Micro plástica (Autora: Denise Delvalle)

Origen: En 1935, Wallace Carothers de DuPont Enterprises inventó el primer polímero sintético y lo llamó nylon. Hoy día, los siguientes tipos predominan en el mercado: polietileno (PE, alta y baja densidad), tereftalato de polietileno (PET), polipropileno (PP), cloruro de polivinilo (PVC), poliestireno (PS, incluido EPS expandido) y poliuretano (PUR). La actual producción de plásticos en el mundo es de aproximadamente 300 millones de toneladas métricas anuales (Rocha Santos y Duarte, 2017). Más de siete décadas después de su invención, los científicos calculan que alrededor de 4.8 a 12.7 millones de toneladas métricas de plástico terminan en los océanos (Rocha Santos y Duarte, 2017). Es difícil calcular la cifra exacta porque los plásticos se degradan constantemente en condiciones fisicoquímicas (radiación, erosión, viento, temperaturas, fricción, acidez, productos químicos) en fragmentos más pequeños llamados microplásticos o nanoplásticos. Los microplásticos se definen como pequeñas partículas de plástico o fragmentos de menos de 5 mm de diámetro. Los microplásticos primarios se fabrican con fines industriales y domésticos y se agregan a cosméticos y productos de cuidado personal. Los microplásticos secundarios son resultado de los efectos del clima y la fragmentación de objetos plásticos más grandes. También podemos clasificar los plásticos por su origen a partir de objetos plásticos más grandes (macroplásticos) de fuentes terrestres y de fuentes marinas como la pesca y el sector marítimo, incluida su utilización en procesos de mantenimiento, como abrasivos para granallado en astilleros. Los microplásticos no son detectados por las plantas de tratamiento de aguas residuales, con importantes diferencias en su concentración y una variedad de distribuciones. Los nanoplásticos se encuentran en el rango de tamaño <100 nm, que es invisible al ojo humano, pero se encuentra presente en los sistemas digestivos y los tejidos musculares de microorganismos bentónicos y marinos.

Uso, producción y reciclaje del plástico en Panamá: El uso de productos plásticos en Panamá se calcula en 54.6 (miles de toneladas), siendo los más comunes los productos PET. La producción promedio para el período 2013-2014 se estimó en 2.3% de la producción total de las industrias manufactureras nacionales (Empresa Ambiental Gatún https://empresaambientalgatun.wordpress.com/category/plastico/). Sin embargo, existen ocho llamadas "Empresas de reciclaje en Panamá", la mayoría de las cuales exportan plásticos a otros países, Plastiglas, SA y Reciclas (SIP, 2009), que son las únicas que reciclan este producto. A nivel global, se calcula que sólo 5% del plástico producido se recicla, una pequeña cantidad se reutiliza, aproximadamente la mitad se entierra en vertederos y el resto termina en el medio ambiente para, finalmente, introducirse en los ecosistemas acuáticos. De acuerdo con la Contraloría General de la República, entre 1997 y 2010, Panamá exportó 42 millones de kg (peso neto) de materiales plásticos usados (Rivas, 2011). Hace poco tiempo, la Autoridad de Aseo Urbano Domiciliario (AAUD) lanzó un proyecto financiado por una empresa privada para recolectar botellas de PET en lugares públicos (Rodríguez, 2016).

Impacto de los microplásticos: Los impactos se encuentran estrechamente relacionados con las propiedades químicas de los polímeros plásticos. Por ejemplo, pueden absorber contaminantes orgánicos persistentes en su superficie, filtrarlos al agua, transportar bacterias dañinas, alterar cadenas completas de alimentos en los ecosistemas marinos y bioacumularse en el tejido muscular de los peces y otros productos del mar. En 2017, la Universidad Tecnológica de Panamá lanzó un proyecto de investigación para calcular una línea base nacional de micro plásticos presentes en sedimentos y agua. El proyecto comenzó a tomar muestras en la cuenca del Canal de Panamá, en lugares de los océanos Atlántico y Pacífico, y se extenderá a otras provincias durante su segunda fase. También analizará muestras de agua de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Juan Díaz, para poder determinar el volumen de micro plásticos primarios en las aguas residuales del país. La cantidad de este contaminante emergente que ingresará en el océano dependerá en gran medida del alcance y la eficacia del tratamiento de las aguas residuales. La recolección de desechos sólidos es decisiva para evitar que ingresen más plásticos a los océanos. La gestión de residuos deberá tener en cuenta el ciclo de vida de los plásticos y crear estrategias de acuerdo con los modelos de economía circular respaldados por nuevas y mejores normas relativas al uso de plásticos en el país.

considerar acciones en tres sentidos: gestión de la oferta (protección de fuentes de agua⁸ y desarrollo de infraestructura hídrica⁹), gestión de la demanda (educación,¹⁰ regulación,¹¹ mecanismos financieros) y desarrollo de capacidades (desarrollo de recursos humanos, sistemas de información,¹² mejoramiento de procesos,¹³ entre otros); un segundo nivel de integración se refiere a la coordinación de las acciones multisectoriales y es justamente en

8. Programa Alianza por el Millón de Hectáreas: Programa emblemático de MiAMBIENTE, que tiene la meta de reforestar un millón de hectáreas a 2025, con la participación amplia de la sociedad y el sector privado. MIAMBIENTE también avanza en la elaboración de balances hídricos detallados en las cuencas de La Villa, Santa María, Río Grande, Chiriquí, Chiriquí Viejo y Chico. Con estos estudios, Panamá estará en capacidad de ordenar las prioridades de uso del agua, usando altos estándares científicos y aplicando criterios de equidad, solidaridad, inclusión y sostenibilidad.

9. La ACP realiza, por encargo de MiAMBIENTE, estudios de factibilidad y prefactibilidad para el establecimiento de embalses multipropósito en 6 cuencas del país (cuencas de los ríos Bayano, Indio, Santa María, La Villa, Parita y la subcuenca del Río Perales). Por otra parte, instituciones como IDAAN, CONADES, Saneamiento de Panamá y otros, implementan también proyectos de inversión en agua y saneamiento. El Ministerio de Desarrollo Agropecuario, por su parte, impulsa la construcción de abrevaderos, reservorios, minipresas y sistemas de riego.

10. Diferentes instituciones han lanzado programas tendientes al ahorro del agua y a la no contaminación, como Guardianes del Agua, un programa diseñado por IDAAN para ser implementado en colegios; paralelamente, CONAGUA estará lanzando una campaña educativa en radio y redes sociales en línea con lo que establece el Plan Nacional de Seguridad Hídrica, a cerca de fomentar la cultura del agua.

11. En Panamá existe un amplio marco regulatorio referente a usos y descargas de agua que se describe en el apartado 2 de este capítulo.

12. Dentro del PNSH se ha anticipado la necesidad de fortalecer el recurso humano en temas relacionados con la gestión del agua; en ese sentido, el Instituto para la Formación y Aprovechamiento de Recursos Humanos (IFARHU) impulsa el "Concurso de carreras prioritarias" que incluye becas de licenciatura y maestrías en temas de hidrología, recursos hídricos, manejo de cuencas, entre otros.

13. CONAGUA lidera la creación del Sistema Nacional de Información Hídrica y ha propiciado que 19 instituciones se comprometan a compartir información y a ponerla a disposición para la toma de decisiones de cualquier interesado. Se prevé que el sistema de información integre información de aguas subterráneas y superficiales, en cuanto a cantidad, como de calidad.

este nivel en donde se desenvuelve el CONAGUA. En este nivel se coordinan acciones relacionadas con varios sectores, como son los estudios de factibilidad y prefactibilidad para el establecimiento de embalses multipropósito en 6 cuencas del país (ríos Bayano, Indio, Santa María, La Villa, Parita y la subcuenca del Río Perales), protocolos para mejorar el intercambio de información entre instituciones sectoriales con respecto a las tomas de agua superficiales y subterráneas (ubicación de pozos), control y registro de usuarios y concesiones de agua.

El tercer nivel de integración de la gestión del agua está relacionado con el resto de los poderes del Estado. En Panamá, además del poder Ejecutivo, la Asamblea Nacional de Diputados ha adoptado el tema del agua en su agenda de trabajo e impulsa numerosas iniciativas tendentes a mejorar la gobernanza del recurso. Ejemplos de estas iniciativas son la actualización de la Ley de Agua de 1966 y la modernización del marco legal del principal proveedor de agua en el país. En la gobernanza del agua es necesario también comprender cómo se presentan niveles de gestión diferenciados por escala territorial, a fin de que se reconozca legalmente lo que funciona y se fortalezca o se busquen alternativas.

El primer nivel de manejo del agua es el privado, el doméstico. En este nivel, todas las personas sin excepción deciden sobre el uso eficiente, contaminación y pago, ya sea en casa, industria, etcétera. También en este nivel, en Panamá, es que se tiene la mayor parte de los sistemas de riego, es decir, al nivel de finca. Una forma de integración, por ejemplo, que sería siguiendo la escorrentía de la cuenca, aún está pendiente, ¹⁵ aunque para este propósito se impulsan trabajos como los ya mencionados que realiza el MiAMBIENTE a través de la ACP.

A nivel comunitario en el área rural, la labor de las JAAR ha sido reconocida en la legislación pa-

^{14.} El Consejo Nacional del Agua (CONAGUA) lo preside el Ministerio de Ambiente y lo integra el Ministerio de Salud (rector del subsector de Agua Potable), el Ministerio de Desarrollo Agropecuario, el Ministerio de la Presidencia, el Ministerio de Economía y Finanzas, la Autoridad de los Servicios Públicos, la Autoridad del Canal de Panamá y el Instituto de Acueductos y Alcantarillados Nacionales.

^{15.} Algunos sistemas están operando con diversas dificultades, como el Remigio Rojas en la Provincia de Chiriquí, el cual sufre de desabasto de agua, sedimentación y problemas de distribución y acceso a las fincas.

nameña por el Decreto Ejecutivo Nº 1839 del 5 de diciembre de 2014, que dicta su marco regulatorio como organismos co-responsables con el estado de la administración, operación, mantenimiento y ampliación de los sistemas de abastecimiento de agua potable rural, atendiendo poblaciones de hasta 1.500 personas. Éstas son atendidas por la Dirección del Subsector de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario (DISAPAS).

Subiendo en la escala territorial, los municipios se han ido fortaleciendo poco a poco a partir de la Ley de Descentralización N° 66 (de 2015), la cual establece que se podrán destinar recursos procedentes del impuesto de inmuebles a áreas como acueductos, manejo de residuos y otras que afectan a los recursos hídricos. Tradicionalmente, la población recurre a los municipios como el primer sitio para encontrar soluciones a sus problemas; de ahí su gran potencial como pilares de una buena gestión del agua. El fortalecimiento de la gestión municipal ha comenzado a impulsarse desde la Secretaría de Descentralización en coordinación con la Asociación de Municipios de Panamá (AMUPA).

A nivel metropolitano se ha ido fortaleciendo la Unidad de Saneamiento de Panamá, estando a cargo de la ampliación de redes de alcantarillado, construcción de colectoras de aguas residuales y operación de la planta de tratamiento para dar servicio a los municipios de Panamá, San Miguelito, Arraiján y La Chorrera. Actualmente se elabora una propuesta de Ley que le permita mantener el alto estándar de desempeño logrado a la fecha (triplemente acreditada por ISO 9001, ISO 14001 y OHSAS 18001).

A escala de cuenca, el MiAMBIENTE formaliza la gestión del recurso a través de organismos de cuenca. En este sentido, ya se han formalizado 23 comités de cuencas, de los cuales 6 ya tienen Planes de Manejo y 2 cuentan con Planes de Ordenamiento como instrumentos de gestión. El mandato de los comités de cuencas y las herramientas de ordenamiento se basan en la Ley 44 del 5 de agosto de 2002 y su reglamento a través del Decreto Ejecutivo 479 de 2013.

Una escala regional o subnacional tiene que ver con una zonificación por regiones climáticas. En esta escala también se suelen establecer sistemas de manejo ligados con la protección de ecosistemas, por ejemplo, en áreas protegidas, las cuales tienen directas implicaciones en la conservación de las fuentes hídricas. Panamá cuenta con 89 áreas pro-

tegidas, con una superficie equivalente a 34,43% del territorio nacional. Estas medidas se ven reforzadas por la aprobación del texto de Decreto Ejecutivo que crea el Sistema Nacional de Áreas Protegidas, en enero de 2007, y la Ley 41 de 1998 (General de Ambiente) y la Ley 8 de 2015 (que crea el MiAMBIENTE).

Por otra parte, también dentro del nivel de paisaje, se encuentra el Programa de Acción Nacional (PAN) de Lucha Contra la Sequía y la Desertificación alineado con la estrategia decenal de la UNCCD, ¹⁶ que incluye un diagnóstico y un plan de acción ya en ejecución para las áreas críticas: Cerro Punta, Sabana Veragüense, Comarca Ngäbe-Buglé y Arco Seco.

A nivel nacional o centralizado está el IDAAN como principal proveedor de agua potable. Las políticas del sector energético (incluyendo el hidroeléctrico) se dictan desde la Secretaría de Energía. Ambos servicios (agua y energía) son regulados por la Autoridad de los Servicios Públicos (ASEP). Otro aspecto de la gestión del agua está relacionado con riesgos y este tema lo encabeza el Sistema Nacional de Protección Civil (SINAPROC).

En el marco internacional, Panamá cuenta principalmente con dos grandes cuencas transfronterizas con Costa Rica (Sixaola y Changuinola). Para la cuenca del Sixaola se constituyó en 2009 la Comisión Binacional de la Cuenca del Río Sixaola (CB-CRS) como una Comisión Técnica Binacional Especial, aprobada en el marco del Convenio entre el Gobierno de la República de Costa Rica y el Gobierno de la República de Panamá sobre Cooperación para el Desarrollo Fronterizo, ratificado mediante la Ley N° 7518 del 10 de julio de 1995 en Costa Rica y Ley N° 16 del 10 de agosto de 1994 en Panamá. Esta Comisión ya cuenta con su reglamento de funcionamiento.

Finalmente, se pueden mencionar los acuerdos y avances que tiene Panamá dentro de los compromisos asumidos como miembro de la Convención Marco de las Naciones Unidas para Cambio Climático. En este sentido, Panamá cuenta con una Estrategia Nacional de Cambio Climático que comprende 11 aspectos y posee un plan de reducción de emisiones de Gases Efecto Invernadero, según se indi-

^{16.} Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación.

^{17.} Reconociendo que la Seguridad Hídrica es el corazón de la adaptación del cambio climático.

ca en el documento "Contribución Nacionalmente Determinada a la Mitigación del Cambio Climático (NDC) de la Republica Panamá ante la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC)" (MiAMBIENTE, 2016a).

6. Conclusiones

A pesar de ser un país con abundantes recursos hídricos, Panamá presenta una serie de problemas estructurales en el contexto de la calidad del agua. Una población urbana en rápido crecimiento y un desarrollo económico igualmente vertiginoso ponen una presión muy alta al país para estar al día en la construcción de una infraestructura adecuada para saneamiento. Adicionalmente, la presión sobre la calidad del agua en nuestros ríos y lagos se hace cada vez mayor. Todo esto unido a una mala distribución de los recursos hace que la mayoría de las oportunidades se concentren en el área metropolitana, haciendo falta más polos de desarrollo en el país.

En relación con la calidad del agua, 80% de nuestras cuencas tiene un ICA equivalente a una calidad de agua aceptable o poco contaminada. Sin embargo, los ríos que pasan por la Ciudad de Panamá tienden a tener calidades de agua buenas en su parte alta, las cuales se van deteriorando en sus secciones media y baja. Para el caso del Canal de Panamá, la calidad del agua de los embalses y ríos es de buena a excelente

En relación con el tema de salud, el dengue sigue siendo el principal problema de salud relacionado con el agua, aunque en los últimos años se ha visto una disminución sostenida en el número de casos nuevos. Similar comportamiento se ve en el Chikungunya, que luego de alcanzar un pico en 2015, ha estado disminuyendo en los últimos años.

En cuanto al tema de metales pesados se pudo observar que la mayor parte de los estudios colocan al plomo y al cobre como los principales contaminantes en ecosistemas. Otro punto importante es que muchas de las investigaciones se han realizado en manglares.

En el tema de mejoramiento de las condiciones de saneamiento en el país es importante recalcar la importancia que cada vez más adquiere el tema del agua. Las inversiones en el país pueden apreciarse tanto en nuevas potabilizadoras, plantas de tratamiento de aguas residuales y sistemas de alcantarillados en las principales cabeceras de provincia. Si bien el Plan Nacional de Seguridad Hídrica es un paso en la dirección correcta debe revisarse periódicamente.

De igual manera, debe reforzarse el tema de la Gestión Integrada del Recurso Hídrico, idealmente a nivel de cuencas, como la forma más sostenible en el tiempo de mantener nuestros cuerpos de agua superficiales en buen estado. En términos del cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible es importante que todos comprendamos mejor los retos a los cuales nos enfrentamos (cambio climático, crecimiento demográfico, etcétera). Así, corresponde al Estado proponer un marco regulativo moderno y destinar recursos no sólo a la construcción de nuevas obras, sino también al mantenimiento de la infraestructura existente.

Referencias bibliográficas

- Álvarez, D.; Pineda, V.; Mendoza, Y.; Santamaría, A.; Pascale, J.M.; Calzada, J.; Saldaña, A. (2010). Identificación y Caracterización molecular de las especies Cryptosporidium sp circulantes en niños menores de cinco años de diversas regiones de Panamá. Tesis de grado de Maestría en Ciencias Biomédicas con Especialización en Parasitología. Panamá: Facultad de Medicina, Universidad de Panamá.
- Arosemena, V.; Castillo, C. y Guerra G. (2013). Detección de parásitos en los moradores del Río Chagres y sus fuentes de Contaminación ambiental.

 Trabajo de graduación. Panamá: Facultad de Ciencias Naturales Exactas y Tecnología, Escuela de Biología, Universidad de Panamá.
- Autoridad del Canal de Panamá (ACP) (2010a). Calidad de Agua en la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá (CHCP). En: *Agua y Bosques en la Cuenca del Canal: Tendencias a largo plazo,* pp. 52-94.
- Autoridad del Canal de Panamá (ACP) (2010b). *Informe de Calidad de Agua 2008-2009*. Panamá: División de Agua, Unidad de Calidad de Agua.
- Autoridad del Canal de Panamá (ACP) (2016). *Infor*me de Calidad de Agua 2015. Panamá: División de Agua, Unidad de Calidad de Agua.
- Autoridad Nacional de Ambiente (ANAM) (2013). *Informe de monitoreo de la calidad del agua en las cuencas hidrográficas de Panamá.* Compendio de resultados 2009-2012. Panamá: ANAM.
- Autoridad Nacional de Ambiente (ANAM) y Convention on Biological Diversity (2014). Quinto informe nacional de biodiversidad de Panamá ante el convenio sobre diversidad biológica. Panamá: ANAM.
- Autoridad Nacional de los Servicios Públicos (ASEP) (2016). Datos obtenidos en entrevista con el Ing. Carlos Gómez de la ASEP, el 7 de marzo de 2017.
- Barría, F. y Barría, S. (2004). *Contaminación por metales pesados (Zn, Cu y Cd) en sedimentos marinos.* Tesis de licenciatura. Panamá: Universidad de Panamá.
- Benali, I., Boutiba, Z. Merabet, A. & Chèvre, N. (2015). Integrated use of biomarkers and condition indices in mussels (*Mytillus galloprovincialis*) for monitoring pollution and development of bio-

- markers index to assess the potential toxic of coastal sites. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 95(1), pp. 385-395.
- Carlson, R. E. & Simpson, J. (1996). A Trophic State Index. A Coordinator's Guide to Volunteer Lake Monitoring Methods. North American Lake Management Society. 96 pp. Recuperado de http:// dipin.kent.edu/tsi.htm
- Chen, A. (2017). Estudio comparativo entre el Artificial mussel y el Bioindicador Anadara tuberulosa para la determinación de cadmio, cobre y cromo en la zona costera de Soná, provincia de Veraguas, República de Panamá. Tesis de doctorado. Panamá: Universidad Tecnológica de Panamá.
- Chen, A y Broce, K. (2015). Artificial Mussel: Una herramienta complementaria para el monitoreo de la contaminación por elementos traza en zonas costeras. *Prisma Tecnológico*, vol. 6: (1), pp. 24-28.
- Chen, WY (2017). Environmental externalities of urban river pollution and restoration: A hedonic analysis in Guangzhou (China). *Landsc Urban Plan* 157:170-179
- Clark, M. (2015). Presencia de *Hydrilla verticillata* (L.f.) Royle 1839, en el lago Gatún (Canal de Panamá). Informe del Programa de Control de Vegetación Acuática (OPPD-C/AF-14). Panamá. Autoridad del Canal de Panamá. *Documento de uso interno con permiso de IANAS para ser publicado.*
- Consejo Nacional para el Desarrollo Sostenible (CONADES) (2014). *Programa de Sanidad Básica 100/0*. Panamá: CONADES. Recuperado de http://www.conades.gob.pa/Programas/Programa-de-Sanidad-Basica-1000
- Consejo Nacional para el Desarrollo Sostenible (CONADES) (2017). Sección Noticias. Panamá: CONADES. Recuperado de http://www.conades.gob.pa/Noticias
- De Gracia, L.E. (2003). Determinación de metales pesados y fenoles en el río Juan Díaz (tesis de licenciatura). Panamá: Universidad de Panamá.
- Dirección del Subsector de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario (DISAPAS) (2014). *Monitoreo de los Avances del País en Agua potable y Saneamiento (MAPAS)*. Panamá: Ministerio de Salud. Recuperado de http://www.abes-sp.

- org.br/arquivos/viissr/monitoreo-de-avances-de-pais-en-agua-y-saneamiento-luis-romero-quezada-conasa.pdf
- Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNI-CEF)/Organización Mundial de la Salud (OMS) (2015). Progresos en materia de saneamiento y agua potable: Informe de actualización 2015 y evaluación de los ODM. Recuperado de https:// www.wssinfo.org/fileadmin/user_upload/resources/IMPreport_Spanish.pdf
- Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNI-CEF) (2016). Estado Mundial de la Infancia 2016: Una oportunidad para cada niño. Recuperado de https://www.unicef.org/spanish/publications/ files/ UNICEF_SOWC_2016_Spanish.pdf
- Foro Centroamericano y República Dominicana de Agua Potable y Saneamiento (FOCARD-APS) (2013). Situación actual y perspectivas en *Gestión de las Excretas y Aguas Residuales*. Panamá. 32 pp.
- Gutiérrez, R.M. (1991). Evaluation of an Integrated Control Method for the Aquatic Vegetation Management in the Panama Canal. Aquatic Vegetation and Oil Pollution Control Management Branch. Dredgind Division. PCC. (Informe interno)
- Hoban, A., & Wong, THF (2006). WSUD resilience to Climate Change. In: 1st International Hydropolis Conference. Perth, W.A.
- IANAS (2015). Panama in Urban Water Challenges in the Americas. *Urban Waters*. Autores: Fábrega, JR, Morán, M, Flores, EL, Márquez, II, Ying, A, Saavedra, C, Olmedo, B, López, P. IANAS/UNES-CO, pp. 448-473.
- Instituto de Acueducto y Alcantarillados Nacionales (IDAAN) (2012). *Boletín Estadístico* No. 26. 2010-2012.
- Instituto de Acueducto y Alcantarillados Nacionales (IDAAN) (2016). *Informe de Ejecución Físico-Financiera del Presupuesto de Inversiones.* Recuperado de https://idaan.gob.pa/wpcontent/uploads/2017/04/Proyectos_informe_fisico_financiero_enero_y_febrero_2017.pdf
- Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) (2006). Zonificación de suelos de Panamá por niveles de nutrientes. Recuperado de http://www.cich.org/publicaciones/05/idiap-mapas-fertilidad.pdf
- Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC) (2010). Diagnóstico de la población indígena de Panamá. Recuperado de http://www.contralo-

- ria.gob.pa/INEC/archivos/P6571INDIGENA_FI-NAL_FINAL.pdf
- Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC) (2012). *Censo 2010.* Panamá: Contraloría General de la República/Censo de Población y Vivienda.
- Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC) (2012). Estimaciones y proyecciones de la población en la república, provincia, comarca indígena por distrito, según sexo y edad. Boletín 15. Panamá: Contraloría General de la República. Recuperado de https://www.contraloria.gob.pa/inec/Publicaciones/Publicaciones.aspx?ID_SUBCATEGORIA=10&ID_PUBLICACION=499&ID_IDIOMA=1&ID_CATEGORIA=3
- Jara, Y. (2012). La vegetación acuática y su relación con la calidad de agua en diferentes puntos del embalse Gatún. Informe de práctica profesional para optar por la Licenciatura en Biología. Panamá: Universidad de Panamá/ ACP-Unidad de Calidad de Agua.
- Jaramillo, B.Y.Y. (2013). Estudio de la vegetación acuática mediante imágenes satelitales y datos de campo en el tramo medio del Río Chagres. Informe de práctica profesional para optar por la Licenciatura en Biología. Panamá: Universidad de Panamá/ ACP-Unidad de Calidad de Agua.
- Lentini, E. (2011). Servicios de agua potable y saneamiento: lecciones de experiencias relevantes. Recuperado de http://archivo.cepal.org/pdfs/Waterguide/lcw0392s.PDF
- Margalef, R. (1983). *Limnología*. Barcelona: Ediciones Omega, S.A. 1010 pp.
- Maturell, J. y Salazar, A.J. (1994). Aspectos de la introducción y diseminación del caracol gigante Pomacea sp., en el lado Gatún y sus efectos sobre la abundancia de Hydrilla verticillata. XII Congreso Científico Nacional. Universidad de Panamá (21-23 marzo 1994). Pradepesca Informa. Temas de acuicultura, Nos. 4-5: pp. 29-33.
- Mejía, A. y Rais, J. (2012). La infraestructura en el desarrollo integral de América Latina. Diagnóstico estratégico y propuesta para una agenda prioritaria. Agua y saneamiento. *IDeAL 2011.* Caracas: CAF-Banco de Desarrollo de América Latina.
- Ministerio de Ambiente (MiAMBIENTE) (2016a). Contribución Nacionalmente Determinada a la Mitigación del Cambio Climático (NDC) de la Republica Panamá ante la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CM-

- NUCC). Recuperado de https://www.slideshare.net/DanielDelgado2/contribucin-naciona lmente-determinada-a-la-mitigacin-del-cambi o-climtico-ndc-panama-2016
- Ministerio de Ambiente (MiAMBIENTE) (2016b). Plan Nacional de Seguridad Hídrica 2015-2050: Agua para Todos. Panamá: MiAMBIENTE/CONA-GUA/Comité de Alto Nivel de Seguridad Hídrica.
- Ministerio de Economía y Finanzas (MEF) (s/f). *Atlas Social de Panamá*. Capítulo 3: Desigualdades en el acceso y uso del agua potable en Panamá. Autora: Liseth M. Tejada Soto. Panamá: MEF. Recuperado de http://www.mef.gob.pa/es/informes/Paginas/Atlas-Social.aspx
- Ministerio de Economía y Finanzas (MEF) (2014). Plan Estratégico de Gobierno 2015-2019. Recuperado de http://www.mef.gob.pa/es/Documents/PEG%20PLAN%20ESTRATEGICO%20 DE%20GOBIERNO%202015-2019.pdf
- Ministerio de Salud (MINSA) (2015). *Análisis de la situación de salud*. Panamá: MINSA. Recuperado de https://www.minsa.gob.pa/sites/default/files/publicaciones/asis_2015.pdf
- Ministerio de Salud (MINSA) (2017a) Boletín epidemiológico № 11: Chikungunya. Panamá: Ministerio de Salud-Dirección General de Salud-Departamento de Epidemiología. Recuperado de http://www.minsa.gob.pa/sites/default/files/ publicacion-general/ boletin_11_chikv_1_0.pdf
- Ministerio de Salud (MINSA) (2017b). *Boletín epidemiológico Nº 11: Dengue.* Panamá: Ministerio de Salud-Dirección General de Salud-Departamento de Epidemiología. Recuperado de http://www.minsa.gob.pa/sites/default/files/publicacion-general/boletin_11_dengue_1.pdf
- Ministerio de Salud (MINSA) (2017c). Boletín Epidemiológico Nº 11: Malaria. Recuperado de http:// www.minsa.gob.pa/sites/default/files/publicacion-general/boletin_11_malaria_2.pdf
- Ministerio de Salud (MINSA) (2017d). *Boletín Epidemiológico de Zika Nº 11.* Panamá: Ministerio de Salud-Dirección General de Salud-Departamento de Epidemiología. Recuperado de http://www.minsa.gob.pa/epidemiologia/zika-2017
- Molina, U. *La Prensa online 2017.* Recuperado de http://impresa.prensa.com/panorama/Verificaran-calidad-rios-quebradas_0_4723777597.html
- Montero, J.A. y Tenorio, D.L. (2010). Análisis de metales pesados (Bb, Cd y Cu) en agua y sedimento

- durante las estaciones lluviosa y seca en Playa Bique, Arraiján. Tesis de licenciatura. Panamá: Universidad de Panamá.
- Organización Mundial de la Salud (OMS) (2004). *Agua, saneamiento y salud.* Recuperado de http://www.who.int/water_sanitation_health/facts2004/es/
- Organización Panamericana de la Salud (OPS), Organización Mundial de la Salud (OMS) y Ministerio de Salud (MINSA) (2016). *Análisis de la organización del Sector Agua y Saneamiento de Panamá*. Panamá: OPS/OMS/MINSA.
- Orozco, C.; Pérez, A.; González, M.N.; Rodríguez F.J. y Alfayate, J.M. (2003). *Contaminación ambiental: Una visión desde la Química*. Madrid: Editorial Thomson.
- Programa Saneamiento de Panamá (PSP) (2017). *Plan maestro.* Recuperado de http://saneamientodepanama.gob.pa/plan-maestro/
- Quiñones, M.P. (2011). Análisis ambiental de los parámetros fisicoquímicos, metales pesados y plaguicidas organoclorados del Río Catival en el Parque Nacional Coiba (PNC). Tesis de licenciatura. Panamá: Universidad de Panamá.
- Quiroz, F. (2004). Manejo de las aguas residuales en la Ciudad de Panamá. Ponencia.
- Rocha, T. & Duarte, A.C. Characterization and Analysis of Microplastics. Recuperado el 22 de Mayo de 2017 de https://books.google.lv/books?id=DqCpDQAAQBAJ&pg=PA16&lpg=PA16&dq=characterization+of+micro+plastics&source=bl&ots=tGZZdN8gtc&sig=2c1aUqE20qKE0zZLqyvYoq3apT0&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwib1qGqj4PUAhXFCiwKHRe5B1U4Ch-DoAQgmMAA#v=onepage&q=characterization of micro plastics&f=false
- Rodríguez, E.A. (2008). Caracterización del bosque de Rhizophora mangle L. en el Refugio de Vida Silvestre Isla Cañas, provincia de Los Santos, República de Panamá. Tesis de maestría. Panamá: Universidad de Panamá.
- Rodríguez, M. (2016). *La Estrella de Panamá.*17 de Junio de 2016. Recuperado de http://laestrella.com.pa/vida-de-hoy/planeta/impulsan-reciclaje-botellas-plastico/23946182
- Sachs, JD. (2012). From millennium development goals to sustainable development goals. Lancet (London, England). 379(9832):2206-2211. Doi: 10.1016/S0140-6736(12)60685-0.

- Silva, H. (2014). Evaluación de línea base gestión de aguas residuales Panamá. *Caribbean Regional Fund for Wastewater Management.* 47 pp.
- Tayeb, A.; Chellali, M.R.; Hamore, A. & Debbah, S. (2015). Impact of urban and industrial effluence on coastal marine environment in Oran, Algeria. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 98: (1-2), pp. 281-288.
- Von Chong, H. C. (1986). Manejo de la vegetación acuática en el Canal de Panamá. *Revista Lotería* No. 372 (sept.-oct.): pp.108-121.

Legislación consultada

- Constitución Política de la República de Panamá de 1972 (2004). Edición ajustada a los Actos Reformatorios de 1978, al Acto Constitucional de 1983, a los Actos Legislativos No. 1 de 1993 y No. 2 de 1994, y al Acto Legislativo No. 1 de 2004. *Gaceta Oficial* No. 25.176 del 15 de noviembre de 2004.
- Decreto Ejecutivo No. 279 de 2006. Reglamentación de la Ley 26 de 1996, reformada por el Decreto Ley 10 de 2006, "Que reorganiza la estructura y atribuciones del ente regulador de los servicios públicos". *Gaceta Oficial* 25.677 del 22 de noviembre de 2006.
- Decreto Ejecutivo No. 268 del 6 de junio de 2008. Que reglamenta el traspaso de los sistemas o plantas de tratamiento de las aguas residuales, de conformidad a los artículos 41 y 52 de la Ley 77 de 28 de diciembre de 2001, que reorganiza y moderniza el Instituto de Acueductos y Alcantarillados Nacionales y se dictan otras disposiciones., N°268 C.F.R. 2008. *Gaceta Oficial* 26.068 del 24 de junio de 2008.
- Decreto Ejecutivo No. 441 de 2008 que modifica el Decreto Ejecutivo 202 de 1990. Gaceta Oficial No. 26.145 del 13 de octubre de 2008.
- Decreto Ejecutivo Nº 1.839 del 5 de diciembre de 2014 que dicta el nuevo marco regulatorio de las juntas administradoras de acueductos rurales (JAAR) como organismos co-responsables con el estado de la administración, operación, mantenimiento y ampliación de los sistemas de abastecimiento de agua potable rural. *Gaceta Oficial* Nº 27.678-A del 11 de diciembre de 2014.
- Decreto Ejecutivo No. 84 de 2007, por el cual se aprueba la política Nacional de Recursos Hídricos, sus principios, objetivos y líneas de acción. *Gaceta Oficial* 25.777 del 24 de abril de 2007.

- Decreto Ejecutivo 479 de 2013, "Que reglamenta la Ley 44 de 5 de agosto de 2002 que establece el Régimen Administrativo Especial para el manejo, protección y conservación de las cuencas hidrográficas de la República de Panamá". *Gaceta Oficial* 27.273-A de 24 de abril de 2013.
- Ley No. 36 del 17 de mayo de 1996, "Por la cual se establecen controles para evitar la contaminación ambiental ocasionada por combustibles y plomo". *Gaceta Oficial*, República de Panamá, 21 de mayo de 1996.
- Ley No. 41 de 1998. Ley General de Ambiente de la República de Panamá y se crea la Autoridad Nacional del Ambiente. *Gaceta Oficial* No. 28.131A del 4 de octubre de 2016.
- Ley No. 44 de 2002, "Que establece el Régimen Administrativo especial para el manejo, protección y conservación de las cuencas hidrográficas de la República de Panamá". *Gaceta Oficial* 24.613 de 8 de agosto de 2002.
- Ley No. 8 de 2015, que crea el Ministerio de Ambiente (MiAMBIENTE). *Gaceta Oficial* 27.749-B.
- Ley No. 66 de 2015, que reforma la ley 37 de 2009, que descentraliza la administración pública, y dicta otras disposiciones (MEF). *Gaceta Oficial* 27.901-A del 30 de octubre de 2015.
- Ministerio de Agricultura Comercio e Industrias (MICI) (1966). Ley que regula el uso de las aguas. *Digital GO*. Panamá: MICI. 1-23.
- Ministerio de Economía y Finanzas (MEF) (2009a).

 Decreto "Por el cual se establece la norma ambiental de calidad de suelos para diversos usos". *Gaceta Oficial Digital*. Panamá: MEF, 2009:1-26.
- Ministerio de Economía y Finanzas (MEF) (2009b).

 Decreto "Por el cual se dictan normas ambientales de emisiones para vehículos automotores".

 Gaceta Oficial Digital. Panamá: MEF, 2009:1-8.
- Ministerio de Economía y Finanzas (MEF) (2009c).

 Decreto "Por el cual se dictan normas ambientales de emisiones para emisiones de fuentes fijas".

 Gaceta Oficial Digital. Panamá: MEF, 2009:1-15.
- Reglamento Técnico DGNTI-COPANIT 21-393-99 (MICI) por la cual se regula la toma de muestras para análisis físico-químico. *Gaceta Oficial* N° 23.941 de 6 de diciembre de 1999.
- Reglamento Técnico DGNTI-COPANIT 22-394-99 (MICI) por el cual se reglamenta la Toma de muestras para análisis biológicos. *Gaceta Oficial* N° 23.949 de 17 de diciembre de 1999.

Reglamento Técnico DGNTI-COPANIT 23-395-99 (MICI) por el cual se reglamentan los Requisitos físicos, químicos, biológicos y radiológicos que debe cumplir el agua potable. *Gaceta Oficial* N° 23.942 del 7 de diciembre de 1999.

Reglamento Técnico DGNTI-COPANIT 24-99 (MICI) sobre la Reutilización de las aguas residuales tratadas. *Gaceta Oficial* N° 24.008 de 13 de marzo de 2000.

Reglamento Técnico DGNTI-COPANIT 35-2000 (MICI) sobre la Descarga de efluentes líquidos directamente a cuerpos de agua y masas de agua superficiales y subterráneas. *Gaceta Oficial* N° 24.115 de 10 de agosto de 2000.

Reglamento Técnico DGNTI-COPANIT 39-2000 (MICI) sobre la Descarga de efluentes líqui-

dos directamente a sistemas de recolección de aguas residuales. *Gaceta Oficial* No. 24.115 de 10 de agosto de 2000.

Reglamento Técnico DGNTI-COPANIT 47-2000 (MICI) sobre usos y disposición de lodos. *Gaceta Oficial* No. 24.115 de 10 de agosto de 2000.

Resolución No 507 de 30 de diciembre de 2003 (MINSA) sobre el Procedimiento para controlar la calidad del agua potable. *Gaceta Oficial* N° 24.970 de 20 de enero de 2004.

Resolución de Gabinete N° 114 del 23 de agosto de 2016, "Que aprueba el Plan Nacional de Seguridad Hídrica (PNSH) 2015-2050: Agua para todos y crea el Consejo Nacional del Agua (CONAGUA) y su Secretaría Técnica". *Gaceta Oficial* No. 28.104a del 26 de agosto de 2016.

Referencias de Internet

http://data.worldbank.org/indicator/SH.STA.ACSN.UR (Consultado el 31 de julio de 2014)

http://data.worldbank.org/indicator/ER.H2O.INTR.PC (Consultado en octubre de 2016)

http://datatopics.worldbank.org/sdgatlas/sustainable-development-goals.html

http://datos.bancomundial.org/indicador/AG.LND.PRCP.MM?name_desc=true&view=map

http://eird.org/americas/news/the-panama-canal-example-of-sustainability-and-water-use-efficiency. html#.WRmjj-UjGyI

http://www.fao.org/3/a-i3442s.pdf

http://www.energia.gob.pa/

http://www.iadb.org/en/topics/emerging-and-sustainable-cities/responding-to-urbanisticas

http://www.industriales.org/economia/perfil-de-la-industrimanufacturera-en-panama. octubre 26 2009

http://miambiente.gob.pa/index.php/es/2013-02-20-08-51-24/biblioteca-virtual

http://micanaldepanama.com/nosotros/cuenca-hidrografica/

http://www.sagan-gea.org/hojared/CAgua.html

http://www.worldgbc.org

https://agua.org.mx/biblioteca/contaminacion-del-agua-por-metales/

https://apronadpanama.blogspot.com/2011/10/el-mercado-de-reciclaje-de-plastico-en.html/

https://empresaambientalgatun.wordpress.com/category/plastico/

https://noticias.gogetit.com.pa/edificios-verdes/

Calidad del Agua en las Américas

Riesgos y Oportunidades



























































