

**DECIMOCTAVO INFORME  
ESTADO DE LA NACIÓN EN DESARROLLO  
HUMANO SOSTENIBLE**

**Informe Final**

**Recurso hídrico y saneamiento**

*Investigadora:  
Ingrid Vargas Azofeifa*



**Nota:** Las cifras de las ponencias pueden no coincidir con las consignadas por el Decimoctavo Informe Estado de la Región en el tema respectivo, debido a revisiones posteriores. En caso de encontrarse diferencia entre ambas fuentes, prevalecen las publicadas en el Informe.

**Contenido**

<b>Hechos relevantes .....</b>	<b>3</b>
<b>Resumen Ejecutivo .....</b>	<b>3</b>
<b>Introducción.....</b>	<b>4</b>
<b>Gestión del recurso hídrico, uso del agua y saneamiento .....</b>	<b>5</b>
<b>Situación actual del abastecimiento de agua en el país.....</b>	<b>5</b>
<b>Disponibilidad del recurso hídrico .....</b>	<b>11</b>
<b>Calidad del agua superficial en Costa Rica .....</b>	<b>13</b>
<b>Denuncias ambientales sobre el recurso hídrico .....</b>	<b>14</b>
<b>Casos de contaminación del agua subterránea.....</b>	<b>15</b>
<b>Impacto del cambio climático en el recurso hídrico.....</b>	<b>21</b>
<b>Situación de las aguas residuales en el país .....</b>	<b>24</b>
<b>Bibliografía.....</b>	<b>27</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>31</b>

## **Hechos relevantes**

- Cobertura de agua intradomiciliar en el país alcanza un 98 %.
- 34 % de las denuncias tramitadas por el TAA vinculadas con el recurso hídrico corresponde a la afectación de las áreas de protección del recurso hídrico, además el 8,10% de las denuncias se debieron al mal tratamiento de las aguas residuales de diferentes.
- Se reporta una débil inversión del canon de aguas residuales durante el periodo analizado.
- Persiste el problema sobre el tratamiento de las aguas residuales del Valle Central.
- Estudios de disponibilidad del recurso hídrico permitirán mejorar la gestión del agua en Guanacaste.
- Alerta por acueductos rurales: riesgo en suministro de agua potable.
- Se han detectado problemas de contaminación del agua subterránea por arsénico y diesel.
- Continúa el problema de contaminación del agua subterránea con bromacil en Siquirres.
- Se mantiene el reto del ICAA con las plantas de tratamiento y el alcantarillado sanitario.
- Análisis del riesgo actual y futuro del recurso hídrico ante el cambio climático alertan por la implementación de medidas de adaptación.
- La huella hídrica como herramienta para mejorar la gestión del agua en Costa Rica.

## **Resumen Ejecutivo**

Esta ponencia brinda información del recurso hídrico para el 2011 desde una perspectiva de vulnerabilidad y sostenibilidad. Además se muestra la distribución del uso del agua en el país y la situación en torno abastecimiento público y el tratamiento de los residuos líquidos y las implicaciones ambientales debido los rezagos en la inversión. Se hace énfasis en la necesidad de estudiar el recurso hídrico y monitorear su calidad, así como en la implementación de mecanismos de protección como herramienta básica para la gestión sostenible del agua en Costa Rica.

**Descriptor:** recurso hídrico, huella hídrica, tratamiento de aguas residuales, cobertura de agua, AYA, ASADAS, saneamiento.

## Introducción

El país cuenta con una cobertura del 98% de agua intradomiciliar, por lo que se ubica en los primeros lugares de América. El 99% de la población abastecida en sistemas operados directamente por el ICAA recibe agua potable, en los sistemas municipales el índice es de 86,9 %, en los CAAR y ASADAS es de 73,5 % y en los sistemas de la ESPH y otros se alcanza el 100% de potabilidad. Sin embargo, en la valoración de la potabilidad solo se consideran el nivel uno y dos de control según la normativa existente, por lo que deben analizarse también otros elementos y compuestos que se asocian con las distintas actividades humanas que actualmente se dan en las regiones del país. Si bien es cierto, estos índices son altos, la sostenibilidad en el tiempo dependerá del mantenimiento y la inversión en infraestructura, e implementación de zonas de protección y monitoreo permanente tanto en los alrededores como en las captaciones mismas.

Las ASADAS abastecen por delegación del ICAA un 23,8 % de la población nacional, y agrupan un total de 1919 acueductos, sin embargo el soporte técnico y financiero del ICAA se ve limitado por la falta de recursos y la disgregación de los sistemas, por lo que deben buscarse mecanismos de gestión que integren usuarios según la zona geográfica, así como los recursos para solventar la inversión requerida de \$424 millones.

Se reportan algunos avances en la generación de información sobre disponibilidad del recurso hídrico subterráneo, sin embargo debe fortalecerse el monitoreo de la calidad y cantidad del recurso para que el aprovechamiento sea sostenible.

El Tribunal Ambiental Administrativo tramitó un total de 469 casos de infracciones o daños ambientales, de los cuales el 33,9 % corresponde a la afectación de las áreas de protección del recurso hídrico, además el 8,10% de las denuncias se debieron al mal tratamiento de las aguas residuales de diferentes tipos.

Un estudio publicado determinó la vulnerabilidad, riesgo y adaptación del sistema hídrico al cambio climático en Costa Rica. Se identificaron los cantones del país que son más propensos a sufrir los impactos de eventos extremos del clima, tomando en cuenta la vulnerabilidad a partir de la ponderación de la infraestructura, servicios y condición humana, y la amenaza bajo dos escenarios climáticos extremos: seco y lluvioso. Los resultados de la valoración del riesgo indican que en el caso de escenarios secos extremos a nivel de provincia, Guanacaste y Puntarenas son las que presentan mayor riesgo, mientras que Heredia es la de menor riesgo debido a su baja vulnerabilidad. Así mismo si se considera el caso de escenarios lluviosos extremos, las provincias Limón y Puntarenas son las de mayor riesgo, Cartago es la de menor probabilidad de pérdida, o bien, la que ha sido menos impactada dada su baja vulnerabilidad.

Con respecto al manejo de las aguas residuales, sigue en aumento el uso del tanque séptico en el país, para el 2011 alcanzo un 75% el aumento se debe a la necesidad imperante por las mejoras en los sistemas de alcantarillado sanitario y la construcción

de plantas de tratamiento. El proyecto de Mejoramiento ambiental de la GAM tiene un retraso de un año en el avance de las obras, debido a los procesos licitatorios del ICAA y de las respuestas del banco japonés (JICA) a las no objeciones, además, la contratación del diseño y construcción de la planta de tratamiento de aguas está atrasada seis meses, y mientras tanto el volumen de aguas residuales tratado en plantas es de 936 m<sup>3</sup> / día, mientras que las descargas de la red de alcantarillado que llega a los ríos Tiribí, María Aguilar, Torres y Rivera es de 151.127,76 m<sup>3</sup> / día.

La incorporación de la huella hídrica en el país permitiría mejorar la gestión del agua así como la eficiencia de los procesos productivos y la calidad de vida de los habitantes.

### **Gestión del recurso hídrico, uso del agua y saneamiento**

En torno al tema de la gestión del recurso hídrico, los avances en la implementación de del Plan Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico (PNGIRH) han sido lentos debido a que el país no ha logrado incorporar al recurso hídrico en forma integral en el plan de desarrollo a mediano y largo plazo, un ejemplo de esta situación es que en Costa Rica primero se construye infraestructura y después de buscan las fuentes de abastecimiento de agua, cuando debería conocerse la disponibilidad del recurso con anterioridad para posteriormente gestionar el desarrollo en función de los recursos conocidos. Además existen limitaciones en la gestión interna de algunas instituciones clave en la gestión del recurso.

Actualmente, el MINAET participa en varios proyectos vinculados con la gestión y monitoreo del recurso hídrico en Costa Rica (E: Zeledón, J., 2012), el nivel de avance se resumen en el Anexo 1. Uno de estos proyectos es el Mejoramiento de la disponibilidad del agua (IWAVE), el cual inicio en el 2011 y es financiado y conducido por el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA). A través de este proyecto, se espera que el país fortalezca su capacidad de llevar a cabo evaluaciones de los recursos hídricos en el ámbito nacional y de forma integral.

### **Situación actual del abastecimiento de agua en el país**

Mora et al, (2012), estiman la cobertura y calidad de agua en Costa Rica para el 2011, e indican que la cobertura por cañería intradomiciliar alcanzo un 98% en el país, en el 2010 Costa Rica ocupó el tercer lugar a nivel de América. En cuanto al porcentaje de la población cubierta por operador se tienen que: el 48,8 % de la población del país es abastecida por el ICCA, un 23,8 % por Comités Administradores de Acueductos y Alcantarillados (ASADAS y CAARs), 15,2% por Municipalidades y un 4,8 % incluye a la ESPH y otros operadores (ibid), tal y como se muestra en el Cuadro 1.

Actualmente el país cuenta con 2359 acueductos, de los cuales, el 81% de los sistemas son administrados por ASADAS y CAARs por delegación del ICAA, sin embargo tal y como se muestra en el Cuadro 2, estos acueductos atienden poblaciones menores a los 10 000 habitantes, en total abarcan una población de 1,023.119 personas (ibid).

En lo que se refiere a la potabilidad del agua de consumo humano, el 99 % de la población (2,078.343) abastecida directamente por el ICAA recibe agua potable, en los sistemas municipales el índice es de 86,9 %, en los CAAR y ASADAS es de 73,5 % y en los sistemas de la ESPH y otros el 100% de la población recibe agua potable (ibid). Estos índices son positivos, sin embargo debe tenerse presente que normalmente los análisis que realizan los distintos operadores de agua, contemplan el nivel uno y dos del Reglamento para la calidad del agua potable (Decreto # 32324-H), no obstante debido a la diversidad de actividades humanas que se realizan en el país, la calidad del agua de consumo se podría ver afectada por otros elementos y/o compuestos específicos; de manera que la valoración de la potabilidad debería de incorporar otros parámetros, además de los bacteriológicos y físico químicos, como por ejemplo: plaguicidas y otros compuestos orgánicos, metales y compuestos emergentes, estos análisis no se realizan regularmente por dos razones: los altos costos que tienen y en otros casos no se considera que dichos compuestos puedan estar presentes en el agua, afortunadamente, la capacidad analítica en el país ha ido mejorando en los últimos años, lo que los hace más accesibles, por lo que deberían de realizarse periódicamente al menos en los sistemas urbanos y en otras zonas del país en donde existan fuentes potenciales de contaminación cercanas a las fuentes de abastecimiento.

Se reporta un aumento en la desinfección por cloración del agua en un 2,7 % con respecto al 2010, para el 2011 el 84,5% de la población recibe agua con este tipo de tratamiento (ibid), sin embargo debe prestarse atención especial a los sistemas en donde se utiliza agua superficial y no existe un tratamiento previo a la cloración, como por ejemplo el proceso de sedimentación, ya que el agua que se clora debe estar libre de materia orgánica, de lo contrario se podrían formar trihalometanos (THM), compuestos orgánicos halogenados que producen cáncer. Esta situación debe estudiarse con detalle en el país, especialmente en los sistemas administrados por ASADAS y Municipalidades las cuales utilizan agua superficial (Fig.1), la cual podría contener residuos de materia orgánica. Según la Gaceta (2005), los THM están en el cuarto nivel de control, por lo que normalmente estos análisis no se realizan de rutina. Un estudio realizado en el 2011, determinó que el agua de la Planta Alta de Tres Ríos y el agua de la ASADA de San Gabriel de Aserri, presenta valores bajos de THM que no exceden los valores máximos admisibles (Arias, V. 2011), sin embargo el muestreo se realizó en la época verano, por lo que sería conveniente contar con mas información de la época lluviosa que es cuando se da el mayor arrastre de sedimentos y de materia orgánica; se recomienda realizar estudios similares que incorporen muestreos en diferentes épocas del año en otros sistemas del país.

### Cuadro 1

#### Agua para consumo humano: estimación general de cobertura y calidad en Costa Rica, Período 2011

Abastecimiento	N°	Población cubierta		Población con agua potable		Población con agua no potable		Acueductos	
		Población	%	Población	%	Población	%	Potab	No Potab.
ICAA	191	2.099.336	48,8	2.078.343	99,0	20.993	0,1	173	18

*Recursos hídricos y saneamiento*

Municipalidades	236	655.635	15,2	569.747	86,9	85.888	13,1	176	60
CAAR´/ASADAS *	1.919	1.023.119	23,8	751.993	73,5	271.126	26,5	1.147	772
ESPH y otros	13	208.208	4,8	208.208	100	0	0,0	13	0
Subtotal por entidad operadora	2.359	3.986.298	92,6	3.608.291	90,5	378.007	9,5	1.509	850
Condominios, urbanizaciones y acueductos privados **	¿?	217.923	5,1	197.220	90,5	20.703	9,5	¿?	¿?
Viviendas colectivas(Cárceles, hospicios, asilos y otros) **	¿?	19.079	0,4	17.266	90,5	1.813	9,5	¿?	¿?
Subtotal de población abastecida por cañería **	2.359	4.223.300	98	3.822.777	90,5	400.523	9,5	¿?	¿?
Pozos propios sin cañería **	¿?	36.750	0,9	33.259	90,5	3.491	9,5	¿?	¿?
Nacientes, quebradas o ríos sin cañería ***	¿?	17.408	0,4	0	0,0	17.408	100	¿?	¿?
Otros (lluvia, cisterna, etc.) **	¿?	24.254	0,6	21.950	90,5	2.304	9,5	¿?	¿?
Totales	2.359	4.301.712	100	3.877.986	90,1	423.726	9,9	1.509	850

\* Evaluados bajo el Programa de Vigilancia, periodo 2009-2011.

\*\* Estimación fundamentada en la extrapolación del 90,5% obtenido en la evaluación de los entes operadores.

\*\*\* Las aguas superficiales siempre presentan contaminación, por lo que se consideran no potables.

FUENTE: INEC y LNA en Mora et al, 2012.

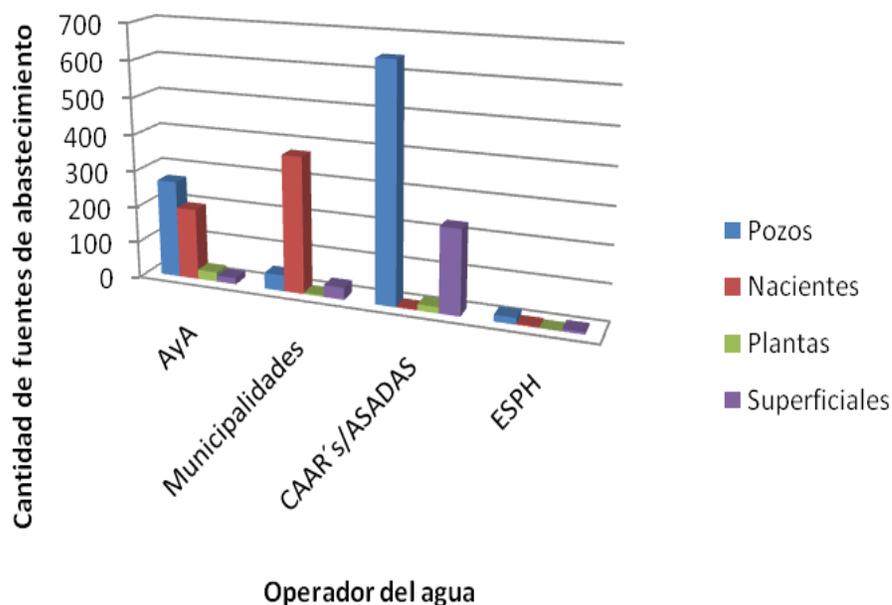
**Cuadro 2**  
**Acueductos por ente operador de acuerdo a los intervalos de población abastecida, 2011**

Ente operador	Grupos de población							
	Totales		>50000		10000-50000		<10000	
	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%
ICAA	191	8.1	5	0.2	19	0.8	167	7.1
Municipalidades	236	10.0	1	0.04	11	0.5	224	9.5
ESPH	13	0.6	0		8	0.3	5	0.2
CAAR's*	1919	81.3	0		1	0.04	1918	81.3
<b>Totales</b>	<b>2359</b>	<b>100</b>	<b>6</b>	<b>0.3</b>	<b>39</b>	<b>1.7</b>	<b>2314</b>	<b>98.1</b>

Fuente: Área de Microbiología del LNA en Mora et al (2012).

Tal y como se muestra en la Fig. 1, las fuentes principales utilizadas por los distintos operadores de agua, son pozos y nacientes los cuales representan un 93 % según tipo de fuente, sin embargo no se cuenta con información del volumen de agua suministrado por estas fuentes. Según el MINAET (2012) el consumo de agua subterránea para abastecimiento en el país es alrededor del 80 %.

**Figura 1**  
**Fuentes de abastecimiento de los acueductos operados por el ICAA, ASADAS y/o CAARs, Municipalidades y la ESPH, periodo 2011**



Fuente: Área de Microbiología del LNA en Mora et al; 2012.

La calidad del agua de algunos de los sistemas delegados contrasta con la calidad de los sistemas operados directamente por el ICAA. A pesar de que las ASADAS y CAARs han mejorado su cobertura y calidad hasta alcanzar un 86,5 % en el 2011 (Mora et al (2012), un estudio realizado por la Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos (ARESEP) en 16 Asociaciones Administradoras de Sistemas Acueductos y Alcantarillados Comunes, en las provincias de Alajuela, Heredia, Puntarenas, Guanacaste y Cartago reveló que la mayor parte de los acueductos estudiados presentan peligrosa vulnerabilidad sanitaria (ARESEP, 2012). La evaluación que hace el ARESEP se basa en la metodología de Grado de Riesgo Sanitario en Acueductos del ICAA y toma en cuenta la presencia de coliformes fecales; estado de los canales, pozo, tanques, líneas de conducción e inspección de los alrededores de las nacientes y del acueducto, entre otros factores. Según el estudio mencionado, los acueductos con mayor cantidad de abonados contratan análisis privados y cumplen parcialmente con la normativa vigente, en contraste los acueductos con pocos abonados tienen poca capacidad de inversión por lo que se presentan situaciones de alta vulnerabilidad sanitaria. De los sistemas evaluados el 50 % cuenta con desinfección mediante cloración, sin embargo el 50 % restante no aplican ningún tipo de desinfección (ibid). De acuerdo con la subdirección de Acueductos Rurales del ICAA, la problemática de las ASADAS en el país es compleja, y es difícil dar seguimiento a todas las ASADAS, ya que desde el punto de vista operativo no se puede brindar un acompañamiento individualizado a cada ASADA; la política del ICAA siempre ha sido atender a los sistemas independientemente de la cantidad de usuarios, sin embargo debido a la falta

de financiamiento, este tipo de inversiones no son sostenibles ya que no son cubiertas por las tarifas que se cobran, debido a que en muchos casos los requerimientos en infraestructura son grandes y el presupuesto es limitado (E: Martínez, Y., 2012). Actualmente, el 64 % de las ASADAS tienen menos de 500 servicios, una alternativa para mejorar los sistemas, es realizar un proceso de integración de algunas asociaciones según la zona geográfica, lo que implica un proceso de gestión que sensibilice a los usuarios y administradores sobre esta situación. Se requiere una inversión de infraestructura de \$424 millones para ampliación, mejora y construcción de sistemas (ibid), el detalle de la inversión requerida por región del país se presenta en la Fig. 2, como se observa las regiones Atlántica norte y Brunca, son las que requieren mayor inversión. Considerando que las ASADAS abastecen de agua una cuarta parte de la población nacional y en la zona norte o sur la población abastecida asciende al 40%, el estado debe atender con responsabilidad esta situación, ya que la falta de inversión y acompañamiento técnico es un factor de riesgo para la salud pública e incide directamente en la calidad de vida de la población. El proyecto de ley No 17914, denominado Ley de asociaciones administradoras de acueductos comunales pretende atender estas necesidades de las ASADAS, actualmente una comisión trabaja en la elaboración de un texto sustitutivo que busque la coincidencia entre el ICAA y las ASADAS. Actualmente, la ARESEP está preparando un estudio tarifario que se publicara en el 2012 (E: Chaves, G., 2012).

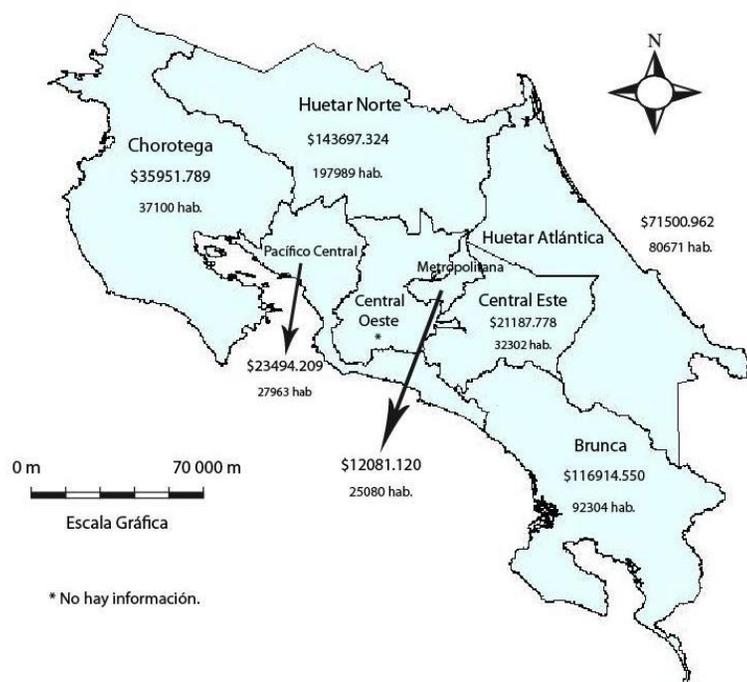
**Cuadro 3**  
**Población abastecida de agua potable en sistemas operados por del ICAA por región**

Región	Población abastecida		Agua potable		Agua no potable	
	No. Hab	%	No. Hab	%	No. Hab	%
Área Metropolitana	1309814	57	1300585	56.6	7948	0.3
Brunca	176256	7.7	168257	7.3	7999	0.3
Central	144559	6.3	144559	6.3	0	0
Chorotega	209737	9.1	209737	9.1	0	0
Huetar Atlántica	221314	9.6	218975	9.5	2339	0.1
Pacífico Central	235505	10.3	231573	10.1	3977	0.2
	2297230	100	2273686	99	22263	0.9

Fuente: ICAA, 2012.

Según Mora et al, (2012) el número de habitantes abastecidos con agua potable en acueductos municipales tuvo un descenso en el año analizado, pasando de 91,5 % en el 2010 a 86,9 %.

**Figura 2**  
**Distribución de la inversión requerida en ASADAS según la región del ICAA**



Nota: también se indica la población por región.

Fuente: elaboración propia con base en información facilitada por Yolanda Martínez y Viviana Ramos, ICAA, 2012.

La vulnerabilidad de algunos sistemas municipales quedó evidenciada con la emergencia por un brote de diarrea ocurrido a finales de setiembre del 2011, en las comunidades abastecidas por el acueducto de Santo Domingo de Heredia. Según el Concejo Municipal de Santo Domingo de Heredia, (2011), la situación se debió a la no aplicación de cloro en la confluencia de las tomas de agua de los ríos Pará, Lajas y Zurquí, lo que resultó en un brote diarreico que afectó a gran parte de la población que habita los distritos del este del cantón. Los distritos del este de Santo Domingo constituyen una población de 18 000 habitantes y tienen 30 años de experimentar problemas en la calidad y cantidad del agua suministrada por la Municipalidad de la zona, las fuentes utilizadas son principalmente captaciones en ríos y en los márgenes de estos existen zona dedicadas a la agricultura, ganadería. Llama la atención que el cantón de Santo Domingo cuente desde hace 14 años con un plan maestro de agua potable, sin embargo, ha habido falta de voluntad política para ejecutarlo oportunamente. Actualmente el agua se clora sin tener un proceso de sedimentación previa.

En cuanto a la inversión en el Canon de Aprovechamiento hay un rezago; según una proyección de la recaudación del canon de aprovechamiento para el 2011 se esperaba recaudar un monto de 2.300 millones de colones (El Financiero, 2011), cifra ligeramente inferior a la recaudada en el 2010 (2.362 millones de colones); esta información al igual que

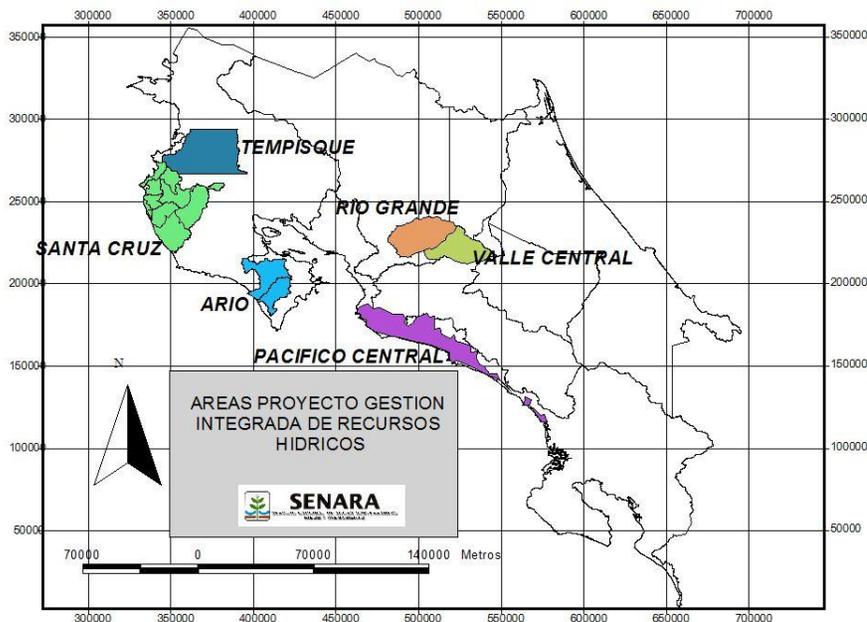
el monto invertido no se pudo constatar ya que no fue suministrada por la Dirección de Agua del MINAE, a pesar de que fue solicitada.

### **Disponibilidad del recurso hídrico**

En vista de la dependencia que tienen los sistemas de abastecimiento de agua potable y otros sectores como el agropecuario e industrial en el uso del agua subterránea en el país, el Estado debe fortalecer el conocimiento sobre los acuíferos mediante la realización de estudios enfocados en determinar la disponibilidad y el aprovechamiento sostenible del recurso hídrico subterráneo. Para atender la necesidad de generar información nueva en algunas zonas, se están realizando algunos esfuerzos para estudiar acuíferos seleccionados a nivel nacional. Desde el 2010 el SENARA impulsa el Programa de Gestión Integrada de Recursos Hídricos (PROGIRH), el cual tiene tres componentes: gestión de aguas subterráneas, producción agrícola con riego y mejoramiento de tierras agrícolas con riego (E: Murillo, W., 2012). Dentro del primer componente se han priorizado 6 sistemas acuíferos para investigar, posteriormente se establecerá un plan de gestión integral en donde se contemple el monitoreo de los sistemas. La Fig.3 muestra la ubicación de los sistemas seleccionados como se observa tres de ellos se localizan en la provincia de Guanacaste, uno en el Pacífico Central y dos en el Valle Central, la selección de estos sitios se debe a que en estos lugares existe una demanda importante de agua subterránea. Originalmente los sistemas se denominaron como: margen derecha del río Virilla, río Grande, acuíferos costeros entre ríos y quebradas que descargan en las bahías de Potrero, Brasilito y Tamarindo, ríos Ario y Manzanillo en la parte sur de la provincia de Guanacaste, margen derecha del río Tempisque y acuíferos costeros entre ríos y quebradas que descargan entre Bahía Herradura y Punta Uvita. Los estudios de los acuíferos de Potrero, Brasilito y Tempisque concluirán en el 2012 y ya iniciaron las investigaciones en la zona de Río Grande y Ario. El avance del PROGIRH está desfasado según el cronograma original de trabajo debido a retrasos en algunas licitaciones (E: Murillo, W., 2012), dicha situación podría asociarse con los resultados del informe de la Contraloría General de la República (2011a), donde se indica que el SENARA desmejoró su gestión interna debido a dos factores, el control interno y a la contratación administrativa.

Debido a los conflictos en torno al uso del agua en Guanacaste y los dictámenes de la contraloría y la Sala Constitucional en los últimos años, se ha establecido una Comisión interinstitucional integrada por: MINAE, ICAA y SENARA para coordinar la realización de estudios técnicos con el objetivo de determinar la disponibilidad y el monitoreo de las zonas prioritarias según la demanda actual del recurso hídrico (Viviana Ramos, comun. verbal). Dentro de los acuíferos estudiados se tienen: Sardinal, Potrero y Brasilito, Cóbano-Las Delicias, Playa Panamá, Nimboyores y El Coco; además, en dichos acuíferos se estableció un plan de monitoreo permanente de la calidad del agua y de los niveles de agua subterránea en pozos, el monitoreo también incluye los acuíferos del Valle Central. El trabajo conjunto de las instituciones indicadas anteriormente es una muestra de que cuando hay voluntad política se pueden armonizar esfuerzos en aras de mejorar la gestión del recurso hídrico.

**Figura 3**  
**Acuíferos estudiados en el proyecto PROGIRH del SENARA**



Fuente: Mapa suministrado por Roberto Ramírez, Dirección de Investigación y Gestión Hídrica, SENARA, 2012.

Dentro de los nuevos estudios avalados por el Estado sobre disponibilidad del recurso hídrico subterráneo se incluye un estudio del acuífero de Sardinal, realizado por Elizondo y Ramírez, (2011), en el cual se indica que la recarga del acuífero Sardinal es de 1000 L/s, el caudal aprovechable es de 440 L/s, y el volumen de reserva es de 660 L/s. Dicho estudio incluyó el análisis de información nueva generada en dos años del monitoreo conjunto del MINAE, ICAA y el SENARA, el estudio fue presentado a las comunidades vecinas. Además, fue publicado otro estudio similar acerca de la cuenca del río Montezuma en Cóbano, Guanacaste por Chinchilla y Ramírez, (2011), donde la recarga potencial del acuífero es de 459 L/s, el rendimiento sostenible de 276 L/s y un caudal aprovechable de 183 L/s.

La existencia de estudios técnicos sobre la disponibilidad del recurso hídrico es una herramienta fundamental tanto para la planificación del desarrollo en el país como para la gestión del recurso hídrico. En forma paralela a la realización de estudios debe contabilizarse el caudal otorgado por acuífero para prevenir la sobre explotación del recurso.

Según datos del SENARA durante el 2011 se perforaron 150 pozos en el país, 11 menos que el periodo anterior, los usos principales son: riego (38 %), turismo (19%) uso doméstico (19%), sin embargo, se desconoce la cantidad de pozos perforados

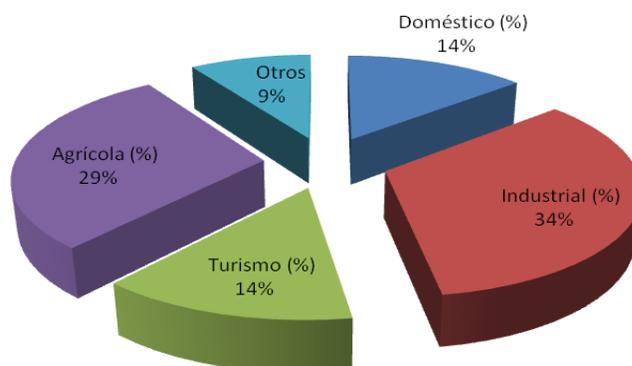
ilegalmente en el país para el 2011 (E: Romero, C., 2012). La distribución de pozos realizados según el uso se observa en la Fig.4 y el detalle del volumen extraído según el uso se resume en el Cuadro 4, donde se determina que el uso industrial esta en primer lugar, seguido del uso agrícola, doméstico, turismo y otros.

**Cuadro 4**  
**Volumen extraído de pozos según el uso, periodo 2011**

Pozos por uso 2011	Numero pozos aprobados	Volumen m3 anuales	% volumen
Domestico	30	1,222,905	13.84
Industrial	14	2,975,719	33.67
Turismo	28	1,222,050	13.83
Agrícola	58	2,592,933	29.34
Otros	20	824,256	9.33
<b>TOTAL</b>	<b>150</b>	<b>8,837,863</b>	<b>100</b>

Fuente: Archivo nacional de pozos, información suministrada por Carlos Romero, Dirección de Investigación y Gestión Hídrica, SENARA, 2012.

**Figura 4**  
**Extracción de agua subterránea en Costa Rica por medio de pozos para el 2011 porcentaje de volumen extraído**



Fuente: elaboración propia a partir de datos suministrados por SENARA, 2011.

### Calidad del agua superficial en Costa Rica

En el marco del Plan Nacional de Gestión Integrada del Recurso Hídrico (PNGIRH) la Dirección de Agua del MINAET está preparando el Programa de Monitoreo de la calidad de las aguas en Costa Rica 2012-2017 en 34 cuencas del país, el cual se espera que se concluya e inicie su implementación en el 2012. Dicho plan contempla la realización de

cuatro muestreos por año para determinar la calidad físico-química y biológica de las aguas superficiales (MINAET, 2011).

Con el objetivo de evaluar la calidad sanitaria de las aguas de 100 playas de Costa Rica, mediante la determinación de los promedios geométricos de *Coliformes fecales* (CF/100 mL), el Laboratorio Nacional de Aguas del ICAA, recolectó 6.487 muestras de agua en diferentes puntos de muestreo ubicados en los litorales pacífico y atlántico, en el período 1996-2011 (Mora et al, 2012). Los resultados indican que el 91% de las playas estudiadas se clasifican como de “Excelente y muy buena” calidad, un 50% es excelente y un 41% “Muy buena” calidad para el contacto primario o natación. Cinco playas son de regular calidad: El Roble, Doña Ana, Cieneguita, Quepos, y Agujas de Puntarenas. Cuatro son de “Mala”, “Muy mala” y “Pésima” calidad sanitaria: Portete, Balneario Municipal de Limón, Azul y Tárcoles (ibid). Aunque dicho estudio es un esfuerzo por determinar el grado de contaminación del agua en las costas, no considera otros parámetros que pueden incidir en la calidad del agua, tales como: plaguicidas y demás compuestos orgánicos, metales pesados y contaminantes emergentes, dichos parámetros son muy importantes de analizar tomando en cuenta que el uso de la tierra en las distintas cuencas que escurren hacia la costa, por ejemplo algunos sectores del país tienen grandes extensiones de cultivos como la piña, banano, y café. Carazo & Acuña, (2009) han reportado presencia de plaguicidas en las desembocaduras de varios ríos en la costa caribeña del país; el arrastre de estas sustancias a las costas se ven favorecidos por aspectos biofísicos y climáticos de las cuencas hidrográficas en estas zonas.

### **Denuncias ambientales sobre el recurso hídrico**

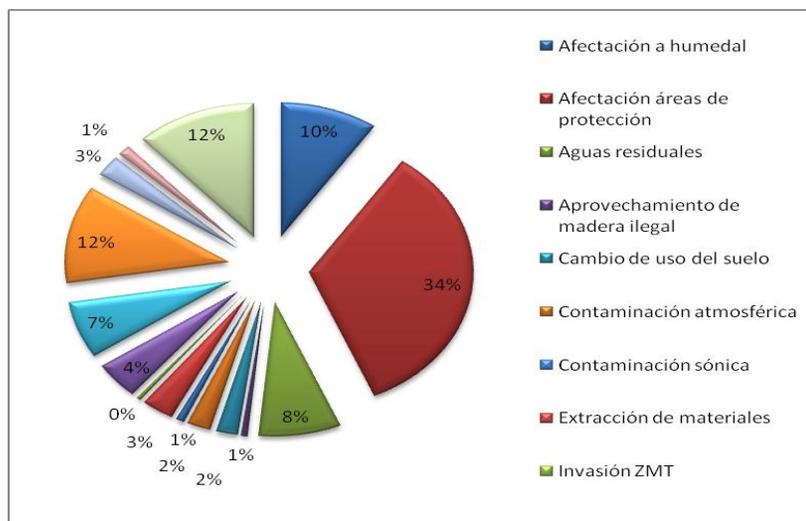
Durante el período 2011 (enero – diciembre), el Tribunal Ambiental Administrativo tramitó un total de 469 casos de infracciones o daños ambientales, de los cuales el 33,9 % corresponde a la afectación de las áreas de protección del recurso hídrico, además el 8,10% de las denuncias se debieron al mal tratamiento de las aguas residuales de diferentes tipos (Fig. 5). Según el informe, esta situación evidencia que tanto personas físicas como empresas e inversiones de desarrollo de diferentes proyectos no cumplen con la normativa ambiental vigente en el país, correspondiente a la Ley Forestal 7575 y la Ley de Aguas 276 afectando nacientes, ríos o quebradas, situación que representa un peligro para el equilibrio ecológico de las cuencas hidrográficas y los cuerpos de agua nacionales, su flora, su fauna y la salud humana que depende de la buena condición de las aguas (ARESEP, 2012).

El Tribunal Administrativo Ambiental solicitó cooperación del Laboratorio de Aguas de Acueductos y Alcantarillados, con el fin de realizar muestreos en casos en donde el TAA ha intervenido y tiene como objetivo minimizar todos aquellos impactos significativos que se están dando actualmente (ibid).

El Tribunal Ambiental inspeccionó un total de 16 casos de daño ambiental durante una barrida realizada en la zona de Sierpe de Osa, del 29 de agosto al 2 de setiembre del 2011 y detectó casos de personas físicas y jurídicas que están desecando humedales, invadiendo áreas de protección del río Sierpe y otros cuerpos de agua, haciendo quema

y corta de árboles para expandir cultivos agrícolas, eliminando bosque para proyectos inmobiliarios, contaminando cuerpos de agua y generando una gran sedimentación (TAA, 2011).

**Figura 5**  
**Denuncias atendidas por el TAA durante el 2012**



Fuente: elaboración propia a partir de datos del TAA, 2012.

También están destruyendo manglares y afectando corredores biológicos. Este tipo de denuncias evidencian la falta de controles y la necesidad de establecer e implementar planes de ordenamiento del territorio que regulen el uso sostenible a nivel local y nacional, sin comprometer los recursos naturales y la calidad de vida de la población presente y futura (ibid).

### Casos de contaminación del agua subterránea

En noviembre del 2011 el Tribunal Ambiental Administrativo ordenó el cierre de una estación de servicio de combustible en Tilarán debido a la contaminación con diesel de un pozo privado (TAA, 2011). Posteriormente, se conformó una comisión interinstitucional para valorar la situación del sitio y ya han realizado algunos estudios, además se le solicitó al dueño de la estación de servicio un plan de remediación para limpiar la zona afectada (E: Morales, R., 2012). Es importante mencionar que el país cuenta con 450 estaciones de servicio, y no existen planes de monitoreo del agua subterránea en las zonas próximas a las captaciones en donde se pueden detectar en forma temprana derrames de hidrocarburos en el subsuelo antes de que estos alcancen las captaciones de agua potable, ya sean existen pozos o manantiales, esta situación se hizo evidente en el caso del pozo AB-1089, localizado en el Barreal de Heredia, donde el estado invirtió 1 millón de dólares en la remediación (limpieza) del subsuelo debido a la presencia de hidrocarburos en pozo de abastecimiento público. Por su naturaleza los hidrocarburos pueden corroer los tanques en donde se almacenan los

combustibles y siempre existe el riesgo de fugas, además en el país existen otras fuentes potenciales de contaminación por hidrocarburos con lo son los autoconsumos, el poliducto, planteles de almacenamiento de combustible, refinería, plantas procesadoras de asfalto, talleres, además del riesgo a derrames en carretera por el transporte combustibles en camiones cisterna, (Vargas, I. 2012).

---

### **Recuadro**

#### **Presencia de arsénico en aguas de consumo humano**

En los últimos dos años, se ha dado a conocer la existencia de arsénico en aguas de consumo humano. En el 2011, el Laboratorio Nacional de Aguas comunico sobre la presencia de arsénico en la zona de Bagaces y Cañas, al respecto se sacaron de operación los pozos que presentaban concentraciones anómalas de este contaminante, y se perforaron otros nuevos en zonas donde no está presente este elemento en el agua. El Anexo # 2 resume los datos y las principales acciones adoptadas. En estos momentos el ICAA ha realizado estudios en varios acueductos del cantón de San Carlos, en la provincia de Alajuela y en los cantones de Bagaces, Cañas, y La Cruz, en la Provincia de Guanacaste (La Gaceta, 2012). Consciente del riesgo para la salud humana, el Ministerio de Salud, planteo una declaratoria de emergencia para conseguir los recursos para atender a corto plazo los requerimientos en infraestructura y equipo especializado para la medición y el tratamiento del agua en las zonas afectadas (ibid). De acuerdo con la OMS, la USEPA y la normativa de la Unión Europea el límite máximo admisible de arsénico en agua de consumo es de 0,01 mg/L, dicho límite también corresponde con la normativa nacional (La Gaceta, 2005). Sin embargo, Mora (2011a) recomendó solicitar al Ministerio de Salud el establecimiento de un valor máximo permisible provisional de arsénico de 25 µg/L, lo cual se considera inconveniente, debido a que el Estado debe velar por la salud de las personas y todas las acciones que se realicen deben actuar a favor de la prevención de la salud.

El arsénico es un elemento tóxico, y la exposición prolongada por consumo de agua puede causar diversas enfermedades en la piel, cáncer de riñón, vejiga, hígado, además afecta el sistema vascular periférico y produce retardo mental en los niños (Kabay et al, 2010). En Costa Rica se realizó un estudio exploratorio sobre la posible incidencia del arsénico en Guanacaste y los resultados indican que no existen relación entre los contenidos de arsénico en el agua de consumo humano y la Razón de Incidencia Estandarizada Suavizada (RIES) con las clasificaciones de todo tipo de cáncer, tumor maligno de piel, cáncer por otros órganos digestivos diferentes a estómago y colon, tumor de órganos genitourinarios, tráquea- bronquios y pulmón (Mora, D, 2011b); sin embargo, se recomienda realizar estudios epidemiológicos más rigurosos, en las poblaciones cuyas aguas presentan concentraciones de arsénico superiores a 10 µg/L, con otras afectaciones como queratosis, pigmentación de la piel, diabetes tipo II y patologías cardiovasculares (ibid).

La presencia de arsénico en el agua subterránea está asociada con procesos naturales en zonas donde hay condiciones geológicas particulares, con frecuencia estas zonas ocurren en ambientes volcánicos, o bien en donde existen depósitos sedimentarios antiguos en el subsuelo, sistemas termales. No obstante, también las causas pueden ser de origen antropogénico como por ejemplo, la minería, el uso de plaguicidas en la agricultura, desecantes y conservadores de madera (Bundschuh et al, 2009).

Debido a las condiciones geológicas del país, es posible que el arsénico se encuentre en forma natural en el subsuelo, por lo que actualmente se está realizando una investigación conjunta entre el CICA y la Escuela Centroamericana de Geología de la Universidad de Costa Rica, el ICAA y el Ministerio de Salud para determinar los mecanismos por los cuales el arsénico se transporta en el subsuelo y llega al agua subterránea. Un aspecto clave es la determinación de las concentraciones de las especies dominantes de arsénico, As (III) conocido como arsenito y As (V) arseniato, debido a que el primero es mucho más tóxico que el segundo y además las técnicas de remediación del agua contaminada con arsénico disponibles están en función de cuál es la especie química predominante (Driehaus, 2004 en Bundschud et al, 2005).

Hoy en día existen diferentes técnicas para tratar agua contaminada con arsénico, las cuales se pueden agrupar en tecnologías basadas en reacciones de absorción y las basadas en procesos de separación. Dentro del primer grupo se tienen: coagulación usando hierro o aluminio, remoción del hierro y el manganeso, remoción subterránea, adsorción usando alúmina activada, adsorción usando óxidos de hierro (USEPA, 2000). En el segundo grupo se tienen procesos de filtración tales como, osmosis inversa (intercambio iónico) y nano filtración (ibid). El proceso de oxidación del arsenito a arseniato es una de las técnicas más comunes, sin embargo en el caso de la oxidación a partir del proceso de cloración se debe tener especial cuidado ya que a pesar de que es un método muy económico, existen restricciones por la aparición de subproductos de desinfección como los THM (Driehaus, 2004 en Bundschud et al, 2005). Las técnicas que se apliquen en cada sitio están en función de las características físicas y químicas particulares de cada lugar, así como de su accesibilidad en cuanto a los costos y disponibilidad en el mercado.

Fuente: Vargas, I. 2011.

---

Persiste el problema de contaminación por plaguicidas en la zona Atlántica del país asociado al cultivo de la piña. De acuerdo con análisis de plaguicidas realizados por el Instituto Regional de estudios en Sustancias Tóxicas (IRET) de la Universidad Nacional, entre el 2003 y el 2011 en el Acueducto de Milano en Siquirres, se midieron concentraciones de bromacil entre 2,5 y 6,7 µg/L (Cuadro 5), con un máximo de 8 µg/L, además en el 2010 el Centro de Investigación en Contaminación Ambiental (CICA) de la Universidad de Costa Rica también midió bromacil y triadimefon en el agua de la ASADA de Milano (E: Ruepert, C., 2012). Es preocupante que aun no haya una solución para estas comunidades y que continúe la expansión pinera en el país. Según el MAG (2011) el área sembrada de piña se duplicó en los últimos 4 años y actualmente hay pina sembrada en 16 cantones del país, sin embargo el sector piñero indica que ya se ha alcanzado la frontera agrícola. Según CANAPEP (2012) existen 45 000 hectáreas de pina en el país, un 50% del cultivo se localiza en la zona norte, 33% se localiza en la zona Atlántica y un 17% corresponde a la zona sur.

**Cuadro 5**

**Resumen de los plaguicidas encontrados durante los años en la captación del Acueducto de Milano, Germania de Siquirres (concentración expresada en µg/L)**

Fecha de muestreo	Encargado	Laboratorio	Tanque de captación		Nacientes individuales	
			Bromacil	triadimefon	Bromacil	triadimefon
31-01-03	IRET-UNA	LAREP-IRET	3,5			
21-05-03	IRET-UNA	LAREP-IRET	3		2,5	
21-06-05	LNA	LAREP-IRET			4,7	
20-07-05	LNA	LAREP-IRET			5,9	0,5
18-05-06	LNA	LAREP-IRET	4,3		3,0	0,4
					5,2	0,04
20-06-06	LNA	LAREP-IRET	8	0,03		
03-08-07	LNA	LAREP-IRET	5	0,2		
28-08-07	LNA	LAREP-IRET	4,3	0,2		
19-07-08	LNA	LAREP-IRET	5,9	0,2		
21-08-08	LNA	LAREP-IRET	3,9		3	0,1
					5	0,7
16-03-09	IRET-UNA	LAREP-IRET	5,7	0,1		
11-09-09	IRET-UNA	LAREP-IRET	4,8*	0,2		
08-10-09	LNA	LAREP-IRET	4,4	0,2		
28-04-10	CEDARENA	CICA-UCR	3,5			

15-07-10	CEDARENA	CICA	2,5			
22-07-10	CEDARENA	CICA			5,1	0,3
29-07-10	CEDARENA	CICA			3,7	
03-08-10	CEDARENA	CICA			3,7	0,27
17-08-10	CEDARENA	CICA			6,7	
23-08-10	CEDARENA	CICA				
03-09-10	CEDARENA	CICA	3,8		4,9	
14-09-10	CEDARENA	CICA			4,9	
30-07-11	IRET-UNA	LAREP-IRET	4,5	0,2		

IRET-UNA: Instituto Regional de estudios en Sustancias Tóxicas (IRET), Universidad Nacional

LAREP-IRET: Laboratorio de Análisis de Residuos de Plaguicidas, IRET, Universidad Nacional

LNA. Laboratorio Nacional de Aguas, ICAA

CICA-UCR: Centro de Investigación en Contaminación Ambiental, Universidad de Costa Rica

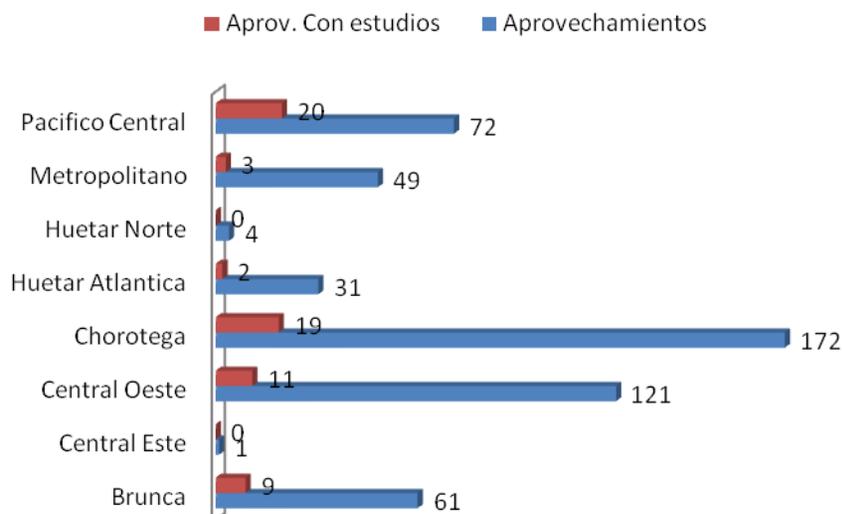
\* Sustancia confirmada por el laboratorio químico (CWG) del Instituto de Ciclo de Agua (KWR) en Nieuwegein, Holanda.

Fuente: información suministrada por Clemens Ruepert, IRET-UNA.

Ante el riesgo a la contaminación del recurso hídrico debido a las distintas actividades humanas en el país, la prevención de la contaminación es un elemento clave para garantizar que el agua de consumo en el futuro sea de buena calidad. La delimitación de las zonas de protección de los pozos y manantiales que abastecen los sistemas de abastecimiento es una herramienta muy útil para prevenir la contaminación. Además, deben implementarse planes de monitoreo del agua subterránea en zonas cercanas a las captaciones para alertar en forma temprana la presencia de contaminantes antes de que estos lleguen a las mismas. Dichas zonas además, se deben incorporar en los planes de ordenamiento del territorio para regular las actividades humanas en los alrededores de las captaciones para asegurar su calidad futura.

Algunos operadores de agua en Costa Rica han definido las zonas de protección de sus captaciones como por ejemplo las municipalidades de Belén, Cartago, Alajuela y Grecia, otros, aunque ya tienen algunas zonas de protección definidas, aun les faltan más por definir, como es el caso de la ESPH y el ICAA. El ICAA cuenta con un total de 511 aprovechamientos, de los cuales 64 ya cuentan con las zonas de protección delimitadas (Fig.6), y se espera continuar con la contratación de los estudios requeridos (E: Ramos, V., 2012).

**Figura 6**  
**Aprovechamientos del ICCA por región que cuentan con estudios de definición de las zonas de protección**



Fuente: elaboración propia a partir de datos suministrados por Hidrog. Viviana Ramos, 2012 (Dirección Funcional de Hidrogeología, ICCA).

En lo que se refiere al seguimiento al proyecto de Ley No. 17742 para la gestión integrada del recurso hídrico, debe indicarse que dicha iniciativa se encuentra en una subcomisión de la Asamblea Legislativa, ya se cuenta con la revisión por parte de distintas entidades y se ha analizado la propuesta; actualmente está en revisión un texto sustitutivo para valorar un informe al pleno de la Comisión que involucre los cambios propuestos en el documento (E: Villalta, J.M., 2012).

Además, existe un proyecto de ley denominado Adición de varios párrafos al artículo 50 de la Constitución para reconocer y garantizar el derecho humano de acceso al agua”, el cual es impulsado por varios partidos políticos de la Asamblea Legislativa y busca que se reconozca expresamente el derecho de toda las personas a tener acceso al agua potable y a su saneamiento.

---

**Recuadro**  
**Huella hídrica en Costa Rica**

Además de los índices ambientales existentes, el país debería de incorporar la huella hídrica para mejorar la gestión del agua tanto a nivel de cuencas hidrográficas como a nivel nacional. El concepto de huella hídrica fue propuesto por Hoekstra (2002 en Hoekstra et al, 2003), para referirse al volumen de agua utilizado en la generación de algún producto, tomando en cuenta la cadena total de producción; se diferencia del termino de agua virtual en el hecho de que la huella es un indicador multidimensional, que abarca más que el volumen de agua, ya que además considera la ubicación espacial de la fuente de agua utilizada y tiempo en que se usa (Hoekstra et al, 2011).

La huella hídrica azul es un indicador de uso del agua dulce, ya sea superficial o subterránea que considera no solo los usos directos, sino también los indirectos de los consumidores y los productores (ibid). En el país la huella hídrica azul esta posiblemente marcada por los usos agrícolas, fuerza hidráulica, industriales y consumo humano. El volumen de agua de lluvia consumida durante un proceso de producción se conoce como huella verde, el mayor aporte a la huella verde en el país es posiblemente en el sector agrícola e hidroeléctrico, aunque hay iniciativas en la zona de Guanacaste para almacenar el agua de lluvia y utilizarla para el consumo, sin embargo existe poca información al respecto. Por su parte, la huella hídrica gris es otro indicador del grado de contaminación del agua dulce que se puede asociar a un proceso, es el volumen de agua requerido para asimilar la carga de contaminantes, comparado con las concentraciones normales y las normas obligatorias de calidad de agua de tal forma que se conviertan en inofensivas (ibid). Tomando en cuenta que en el país una persona produce un volumen de aguas residuales equivalente al 80% del volumen agua que consume (E: Araya, A., 2012), sumado a esto se tienen las descargas de aguas residuales provenientes de los demás usos del agua: agrícola, industrias, etc., se espera que la huella hídrica gris sea muy alta, sin embargo no se conocen aplicaciones de este índice en el país.

De igual forma como Costa Rica ha establecido la meta de ser carbono neutral, se debería establecer políticas para establecer la huella hídrica en las distintas actividades humanas que se realizan en las cuencas hidrográficas, donde se incluyan los productores y consumidores en cada cuenca, esto ayudaría a mejorar la gestión del agua en la nación.

Fuente: Vargas, I., 2011.

---

## **Impacto del cambio climático en el recurso hídrico**

Como parte del proyecto Mejoramiento de las capacidades nacionales para la evaluación de la vulnerabilidad y adaptación del sistema hídrico al cambio climático en Costa Rica, como mecanismo para disminuir el riesgo al cambio climático y aumentar el Índice de Desarrollo Humano, el Instituto Meteorológico Nacional, el MINAET y el PNUD publicaron varios estudios enfocados en la determinación del riesgo presente y futuro del recurso hídrico y medidas de adaptación ante el cambio climático.

---

### **Recuadro**

#### **Vulnerabilidad y Riesgo actual del sector hídrico en Costa Rica**

El riesgo actual del sector hídrico en Costa Rica ante el cambio climático, fue determinado a partir de la identificación de aquellos cantones que son más propensos a sufrir los impactos de eventos extremos del clima, tomando en cuenta algunas características sociales y económicas relacionadas con el recurso hídrico y el desarrollo humano. Debido a que el riesgo es una función de la vulnerabilidad y de la amenaza, ambos parámetros fueron evaluados a partir de indicadores sociales y económicos tales como: infraestructura, servicios y condición humana en el caso de la vulnerabilidad y para calcular la amenaza se consideraron dos escenarios climáticos extremos: seco y lluvioso. Los resultados del estudio indican que Limón es la provincia que presenta un mayor índice de vulnerabilidad, seguida por Puntarenas y luego Guanacaste (Fig. 7). Siguiendo el orden descendente se encuentra San José, Alajuela, Heredia y Cartago. En las provincias alejadas del centro del país (Limón, Puntarenas y Guanacaste) la

alta vulnerabilidad se debe principalmente a una baja condición humana o pobreza asociada a falta de vivienda digna y ausencia de servicio eléctrico y agua potable por acueducto; en las provincias del centro del país (San José, Alajuela, Cartago y Heredia) la condición humana es el componente de vulnerabilidad menos problemático y su vulnerabilidad se debe a problemas de servicios ambientales (falta de cobertura boscosa, uso de tanques sépticos como forma de eliminar las excretas) servicios de salud (baja densidad de EBAIS por población) y baja disposición de agua por persona.

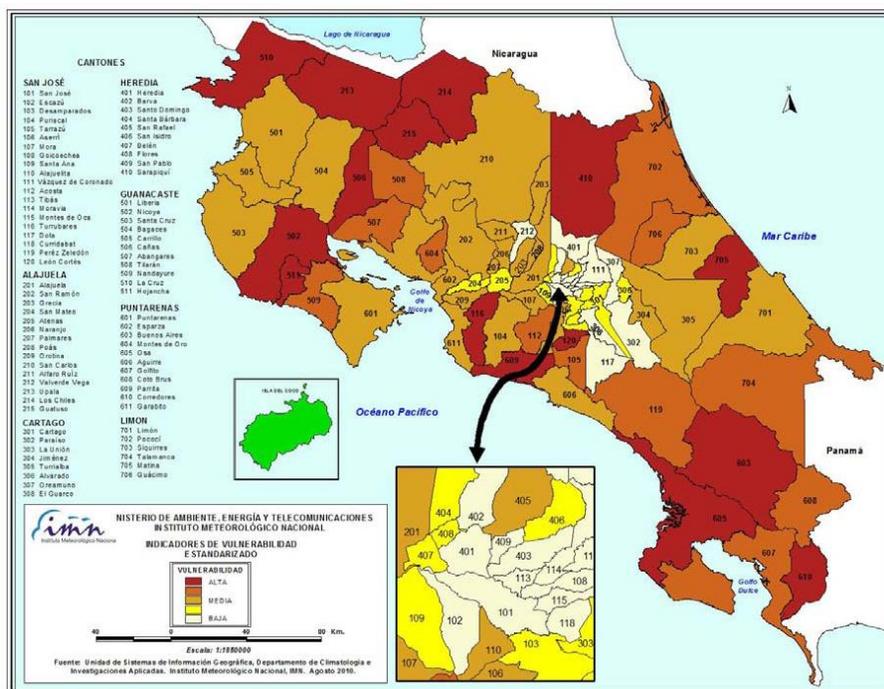
Los 15 cantones catalogados de “alta vulnerabilidad” son Buenos Aires, Los Chiles, Sarapiquí, Upala, Matina, León Cortés, Cañas, La Cruz, Turubares, Garabito, Osa, Parrita, Hojanca, Corredores y Nicoya. En términos muy generales y de acuerdo con los indicadores usados en este estudio, puede afirmarse que el grupo más vulnerable corresponde con aquel que carece de una vida saludable, educación, poder adquisitivo y vivienda digna como elementos de pobreza integral. Los más vulnerables dentro de esta situación de pobreza, son los grupos dependientes (niños, adultos mayores y personas con alguna discapacidad física) y aquellos donde el género influye en la equidad de desarrollo.

Los cantones catalogados de “alta amenaza por lluvias extremas” son Limón, Matina, Guácimo, Potosí, Sarapiquí, Parrita, Osa, Tarrazú, Upala y Guatuso tomando en cuenta la magnitud de las lluvias extremas, su frecuencia de aparición, la cobertura geográfica, la frecuencia de impactos y su extensión.

Los resultados del estudio indican que cualquier área geográfica de Costa Rica tiene riesgo de que un evento extremo cause una sequía o una inundación y que esta, impacte negativamente la administración de agua potable afectando el desarrollo humano y el desarrollo de las comunidades, especialmente aquellas más vulnerables. Por lo que todo el país debe estar preparado, sin embargo, comparativamente, existen zonas de mayor riesgo climático y deben ser identificadas para priorizar medidas de adaptación. La distribución del riesgo climático ante eventos extremos se ajusta a una distribución normal, o bien hay pocos cantones con alto y bajo riesgo, mientras que la mayoría de cantones presentan un nivel medio. La distribución espacial o geográfica de este riesgo (principalmente el alto y medio alto), está concentrada en áreas específicas. En el caso de escenarios secos extremos a nivel de provincia, Guanacaste y Puntarenas son las que presentan mayor riesgo, mientras que Heredia es la de menor riesgo debido a su baja vulnerabilidad. Mientras que en el caso de escenarios lluviosos extremos las provincias Limón y Puntarenas son las de mayor riesgo, Cartago es la de menor probabilidad de pérdida, o bien, la que menos ha sido impactada dada su baja vulnerabilidad.

A pesar de que existen zonas de riesgo donde los grupos poblacionales más vulnerables actualmente son plenamente identificados con situaciones de pobreza, bajo desarrollo y bajo índice de equidad de género, existen otros factores que acrecientan el riesgo en zonas de baja vulnerabilidad. Por ejemplo, las crisis de abastecimiento de agua potable y agua para salud e higiene durante las sequías, pueden aumentar el espectro de afectación de los grupos poblacionales. Por tanto, de acuerdo con los resultados del estudio, el riesgo por sequía no recae siempre en los más pobres y vulnerables. La zona central del país es poco vulnerable y presenta buenos indicadores sociales y económicos por lo que se asume que su poder de respuesta y recuperación ante eventos secos extremos es mayor que en otras zonas. Sin embargo, tiene un alto índice de riesgo debido a que la amenaza es latente y recurrentemente ha impactado la zona.

**Figura 7**  
**Vulnerabilidad del recurso hídrico actual en Costa Rica, 2011**



Fuente: Retana et al, 2011.

En contraste con el riesgo actual, el riesgo futuro fue estudiado por Echeverría (2011) utilizando 7 de las 14 variables originales e incorporando además el Índice de Potenciación de Género (IPG) y la densidad de población. Los nuevos resultados muestran que en el Caribe abran aumentos en la precipitación mientras que en el Pacífico se tendrán un descenso en la precipitación, con una intensificación de los veranillos las mayores disminuciones porcentuales de la precipitación anual se percibirán hacia el Golfo de Papagayo y la Península de Santa Elena, donde el déficit sería de un 15% anual. El resto del Pacífico Norte, la franja fronteriza de la Zona Norte y el Valle de El General, experimentarían disminuciones del 5 al 10% en promedio anual. Por otra parte para la vertiente Caribe, se proyectan aumentos entre un 5 y un 10%.

Los indicadores que mas aportaron al cambio (comparación entre vulnerabilidad actual (2010) y futura (2030), fueron el potencial hídrico per cápita y el porcentaje de áreas protegidas, combinados con el nuevo indicador de densidad de población. Para que el país alcance reducir su vulnerabilidad ante los efectos del cambio climático en el sector de recursos hídricos, debe dirigir recursos hacia aquellos cantones con mayor índice de vulnerabilidad presente y futura (Echeverría, 2011).

En cuanto a la adaptación al cambio climático y el abastecimiento, Pujol et al (2011) identificaron deficiencias en la gestión administrativa de las asociaciones administradoras de los acueductos (ASADAs), plantearon la necesidad de reformar el

sistema tarifario, las fuentes de financiamiento y el apoyo institucional además de mejorar la información existente sobre disponibilidad y monitoreo del recurso. En el sector agropecuario se requiere mejorar la eficiencia en el uso y distribución del agua de riego (ibid).

Los resultados del análisis de la vulnerabilidad y el riesgo actual y futuro deben utilizarse para evaluar los efectos del cambio climático en los sistemas de abastecimiento, ya que la recarga de los acuíferos podría verse afectada, este análisis se puede realizar mediante estudios técnicos que incluyan balances hídricos subterráneos. Así mismo debe valorarse el impacto en los sistemas acuáticos.

### **Situación de las aguas residuales en el país**

De acuerdo con Mora et al (2012), el uso del tanque séptico en el país para el 2011 alcanza un 75% (Fig. 8), por lo que este sigue siendo el sistema predominante en el tratamiento de aguas residuales domésticas en Costa Rica (Fig. 9). El uso excesivo del tanque séptico es la opción por la que se ha optado ante las deficiencias e inexistencia en muchos casos del sistema de alcantarillado sanitarios y plantas de tratamiento en el país, sin embargo este sistema de tratamiento contribuye al riesgo de contaminación del agua subterránea en zonas donde la vulnerabilidad a la contaminación del agua es alta. A pesar de que actualmente está en ejecución el proyecto de Mejoramiento ambiental de la GAM, según la Contraloría General de la República (2011b), existe un retraso de un año en el avance de las obras del Proyecto, debido a los procesos licitatorios del ICAA y de las respuestas del banco japonés (JICA) a las no objeciones, además, la contratación del diseño y construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales aun se encuentra en proceso de adjudicación, con un retraso de 6 meses. Mientras tanto, las mejoras en el sistema existente son puntuales y con frecuencia las reparaciones responden a ordenes sanitarias; el volumen de aguas residuales tratado en plantas es de 936 m<sup>3</sup> / día, mientras que las descargas de la red de alcantarillado que llega a los ríos Tiribi, María Aguilar, Torres y Rivera es de 151.127,76 m<sup>3</sup> / día (E: López, M., 2012), con todos los impactos ambientales que esto genera en el recurso hídrico, las cuencas hidrográficas, ecosistemas acuáticos y en la salud de las poblaciones aledañas.

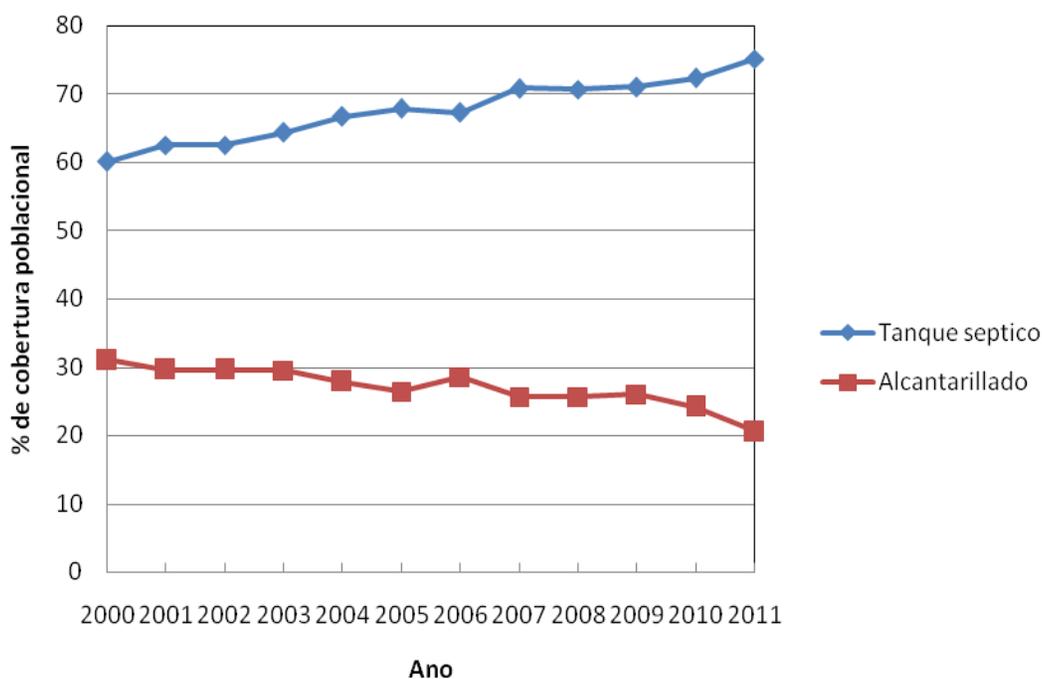
Fuera del Valle Central, se han realizado mejoras en algunos sistemas, en el 2011 entró en operación la planta nueva de Santa Cruz, Guanacaste con una capacidad de 5000 conexiones, actualmente tiene 1500 conexiones, además se realizaron extensiones de alcantarillado sanitario en Cañas, por lo que se van a cancelar los tanques sépticos existentes para realizar la conexión al alcantarillado (E: Araya, A., 2012).

A pesar de la urgencia que tiene el país en mejorar e implementar acciones concretas para tratar las aguas residuales producidas diariamente, la inversión del canon de vertidos fue mínima en el periodo analizado. Según El Financiero (2011), de enero a marzo del 2011 se recaudó 208.160 millones de colones, monto superior al recaudado en el año 2010 (53 millones de colones), sin embargo se desconoce la cifra total recaudada para el período 2011, a pesar de que se solicitó la información a la Dirección de Agua del MINAET esta no fue suministrada. De acuerdo con Dirección de Agua del

MINAET ha habido poca inversión del canon debido a la aprobación tardía por parte del Ministerio de Hacienda de los distintos proyectos que ha planteado la (E: Zeledón, J., 2012). La sub ejecución de recursos del canon esta posiblemente ligada a la condición institucional del MINAET, ya que de acuerdo con la Contraloría General de la República (2011) el Índice de Gestión Institucional (IGI) de dicha entidad, es el más bajo del sector Ambiente, Energía y Comunicaciones con un 37,16%, esto debido a factores relacionados con control interno, tecnologías de la información y servicio al usuario.

Esta en consulta publica el proyecto de No 16980 Ley para regular la recolección y tratamiento de lodos del sistema de tratamiento de aguas residuales y tanques sépticos, el cual pretende regular la actividad de recolección y tratamiento de lodos y aguas residuales procedentes de la recolección de las empresas que brindan servicios de tanques sépticos.

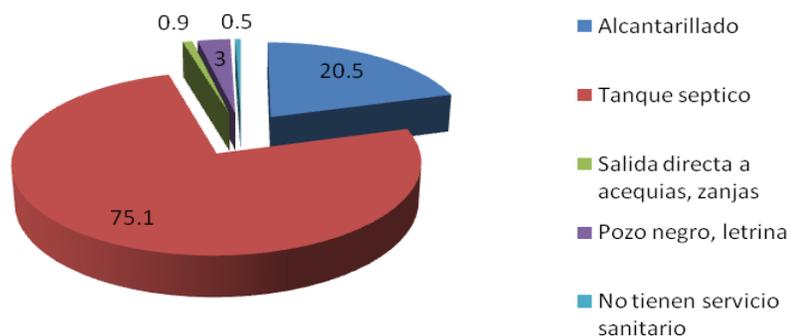
**Figura 8**  
**Evolución de la disposición de excretas por alcantarillado y tanque séptico en Costa Rica en el periodo 2000-2011**



Fuente: Mora et al, 2012.

Figura 9

Sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas utilizadas en el país, las categorías se expresan en porcentajes según el tipo.



Fuente: Censo 2011, INEC en Mora et al, (2012)

## Bibliografía

ARESEP. 2012. Diagnóstico de ASADAS.

Arias, V. 2011. Evaluación de la presencia de trihalometanos en aguas de consumo humano en dos regiones de Costa Rica. Trabajo final de graduación, Licenciatura en Química, Universidad de Costa Rica. 119p.

Bundschuh, J., Bhattacharya, P., Chandrasekharam. (eds). 2005. Natural arsenic in groundwater: occurrence, remediation and management. Proceedings of the pre-congress workshop Natural arsenic in groundwater (BWO 06), 32 International Geological Congress, Florence, Italy. 18 – 19 August. 2004.

Bundschuh, J., Armienta, Birkle, Bhattacharya, P., Matschullat, Mukherjee (eds). 2009. Natural arsenic in groundwaters of Latin America. Arsenic in the environment, Volume 1. CRC Press/Balkema.

Canapep. 2012. Consultado en: <http://www.canapep.com/canapep/estadisticas>. 5 de Junio, 2012, 5pm.

Carazo, E; Acuna, J. 2009. Reducción del escurrimiento de plaguicidas al mar Caribe. Establecimiento de la línea base del escurrimiento de plaguicidas al Caribe Costarricense. Informe técnico proyecto 802-A8-536. CICA, CIMAR, UCR, MINAET, REPCar.

Chinchilla, J., Ramírez, R. 2011. Estudio Hidrogeológico del Acuífero en la Cuenca del Río Montezuma, Cóbano, Puntarenas Diagnóstico del potencial de explotación y rendimiento sostenible del acuífero.

Comisión Interinstitucional MINAE, ICAA y SENARA. 2012. Minutas.

Contraloría General de la República. 2011a. Memoria Anual. ISSN: 1659-2905.

Contraloría General de la República. 2011b. Boletín de prensa. 14 de octubre.

Concejo Municipal Santo Domingo de Heredia. 2011. Manifiesto público: emergencia de los Distritos del Este. 3 de noviembre, 2011.

Echeverría, J. 2011. Evaluación de la vulnerabilidad futura del sistema hídrico al Cambio Climático. Costa Rica. Proyecto: Mejoramiento de las capacidades nacionales para la evaluación de la vulnerabilidad y la adaptación del sistema hídrico al cambio climático en Costa Rica, como mecanismo para disminuir el riesgo al cambio climático y aumentar el Índice de Desarrollo Humano. Ministerio de Ambiente, Energía, Minas y Telecomunicaciones (MINAET)- Instituto Meteorológico Nacional (IMN)- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). 69p.

Elizondo, J., Ramírez, R. 2011. Determinación de la recarga y rendimiento sostenible del acuífero de sardinal, Carrillo, Guanacaste. 36p.

El Financiero. 2011. EL agua alza la voz: Costa Rica está a tiempo de gestionar bien este recurso. Guía educativa. Fundación Maphre, Unilever.

Hoekstra, A.Y. (ed). 2003. Virtual water trade: Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade, 12-13 Diciembre 2002, Value of Water Research Report Series No 12, UNESCO-IHE, Delf, Netherlands, [www.waterfootprint.org/Reports/Report12](http://www.waterfootprint.org/Reports/Report12).

Hoekstra, A., Chapagain, A., Aldaya, M., Mekonnen, M. 2011. The water footprint assessment manual: setting the global standard. Water Footprint Network. EARTHSCAN.

ICAA. 2012. Informe de Rendición de cuentas, 2011.

Kabay, N., Bundschuh, J., Hendry, B., Bryjak, M., Yoshizuka, K., Bhattacharya, P., Anac, S (Edits). 2010. The global arsenic problema: challenges for safe wáter production. Arsenic in the environment, Volume 2. CRC Press/Balkema.

La Gaceta. 2005. Reglamento para la calidad del agua potable. Decreto # 32324-H. La Gaceta # 84. Martes 3 de mayo del 2005.

La Gaceta. 2012. Emergencia sanitaria debido a deficiencias en el suministro de agua apta para consumo humano. Decreto ejecutivo no. 37072-s. La Gaceta # 81. Jueves 26 de abril del 2012.

MAG. 2011. SEPSA, Ministerio de Agricultura y Ganadería.

MINAET. 2008. Plan Nacional de gestión integrada de los recursos hídricos. Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones. 94p.

MINAET. 2011. Plan nacional de monitoreo de calidad 2012-2017.

MINAET, 2012. Las aguas subterráneas y su importancia. <http://www.drh.go.cr/pozos+.html>. Consultado el viernes 8 de junio del 2012.

Mora, D. 2011a. Informe: acciones correctivas para disminuir las concentraciones de arsénico en el acueducto de la comunidad de Cañas. Laboratorio Nacional de Aguas, Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados.

Mora, D. 2011b. Estudio preliminar exploratorio-ecológico de la “razón de incidencia estandarizada” de varios tipos de cáncer y las concentraciones de arsénico en el agua para consumo humano en Guanacaste, Costa Rica. Laboratorio Nacional de Agua. ICAA.

Mora, D., Chavez, A., Portuguez, C. 2012. Calidad sanitaria de las aguas de playa de costa rica periodo 1996-2011. Laboratorio Nacional de Agua. ICAA.

Mora, D., Mata, A., Portuguez, C. 2012. Agua para consumo humano y saneamiento: situación de Costa Rica en el contexto de las Américas: 1961-2011. Laboratorio Nacional de Aguas. Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados.

Pujol, R.; Sánchez, L.; Ávila, D.; Solano, R.; Zumbado, F.; López, C.; Pérez, E.; Zamora, L. 2012a. Estudio para la identificación y priorización de medidas de adaptación del sistema hídrico ante los efectos adversos del Cambio Climático en Costa Rica. Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible (PRODUS) – Escuela de Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica. Instituto Meteorológico Nacional (IMN). Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). 75p.

Retana, J. 2011. Mejoramiento de las capacidades nacionales para la evaluación de la vulnerabilidad y adaptación del sistema hídrico al cambio climático en Costa Rica, como mecanismo para disminuir el riesgo al cambio climático y aumentar el Índice de Desarrollo Humano. Informe Final de proyecto. Ministerio de Energía, Minas y Telecomunicaciones (MINAET)- Instituto Meteorológico Nacional (IMN)- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).

Retana, J., Araya, C., Sanabria, N., Alvarado, L., Solano, M., Alfaro, M., Araya, D., 2011: Análisis del riesgo actual del sector hídrico de Costa Rica ante el cambio climático para contribuir a mejorar el desarrollo humano. Ministerio de Energía, Minas y Telecomunicaciones (MINAET)- Instituto Meteorológico Nacional (IMN)- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).

SENARA, 2012. Base de datos del SENARA.

Tribunal Ambiental Administrativo, MINAET, 2012: Informe Ejecutivo del Tribunal Ambiental al MINAET.

Vargas, I. 2010. Estudio para determinar la contaminación por plaguicidas en la finca Tico Verde, Guácimo. Informe solicitado por la Sala Constitucional. Escuela Centroamericana de Geología. Universidad de Costa Rica.

\_\_\_\_\_ 2012. Fuentes potenciales de contaminación del agua subterránea en Costa Rica. Informe final de proyecto de investigación, Vicerrectoría de Investigación, Universidad de Costa Rica.

USEPA. 2000. Technologies and costs for removal of arsenic from drinking water. EPA 815-R-00-028.

## **Entrevistas**

Entrevista realizada a Yolanda Martínez, Subgerencia de Sistemas Comunales, Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados el día miércoles 18 de abril del 2012.

Entrevista realizada a William Murillo, PROGIRH, SENARA el día lunes 23 de abril del 2012.

Entrevista realizada a Carlos Romero, Jefe, Dirección de Investigación y gestión del recurso hídrico, SENARA el día martes 24 de abril del 2012.

Entrevista realizada a Clemens Ruepert, IRET, Universidad Nacional el día viernes 8 de junio del 2012.

Entrevista realizada a Viviana Ramos, Dirección Funcional de Hidrogeología, Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados el día jueves 7 de junio del 2012.

Entrevista realizada a José María Villalta, Diputado, Miembro de la Comisión de Ambiente, Asamblea Legislativa el día martes 24 de abril del 2012.

Entrevista realizada a Álvaro Araya, Director, UEN Recolección y Tratamiento, Subgerencia Gestión de Sistemas Periféricos, Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados el día 26 de abril del 2012.

Entrevista realizada a Manuel López, Director, UEN Recolección y Tratamiento GAM, Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados el día viernes 15 de junio del 2012.

Entrevista realizada a José Miguel Zeledón, Director, Dirección del Agua, MINAE el día miércoles 23 de mayo del 2012.

Entrevista realizada a Ricardo Morales, Coordinador Comisión Interinstitucional, Ministerio de Salud el día lunes 16 de abril del 2012.

Entrevista realizada a Gonzalo Chaves, SubJefe Dirección de Aguas y Ambiente, ARESEP el día martes 12 de junio del 2012.

# **ANEXOS**

**Anexo 1**

**Proyectos vinculados con la gestión y monitoreo del recurso hídrico en Costa Rica**

Iniciativa	Temática	Entidades participantes	Estado para el 2011
<b>Proyecto EPA</b>	Socialización de los instrumentos de calidad de agua	DA-MINAET	Inicia
<b>IWAVE</b>	Formación de capacidades y construcción de agenda nacional	OIEA, DA-MINAET SENARA, DGM-MINAET	Inicia
<b>CreW</b>	Formación de capacidades	DA-MINAET, todos los países de la región con costa Atlántica	Conformación de cuerpo directivo
<b>RALCEA</b>	Busca vincular sector político con el académico en el tema de aguas	UE, DA-MINAET	En proceso
<b>PROGIRH</b>	Gestión del RH, producción agrícola con riego, mejoramiento de tierras con riego	SENARA	Iniciaron algunas licitaciones y firma de convenios
<b>PNGIRH</b>	Planificación, gestión del agua	MINAET (ente rector) ICAA, SENARA	Levantamiento de 600 pozos ilegales, Monitoreo de Cóbano, Sardinal, Trancas, Valle Central. Envío de propuesta a M. Hacienda: Sistema nacional de monitoreo de aguas subterráneas tiempo real

DA: Dirección de Agua, MINAET: Ministerio de Ambiente, Energía, Minas y Telecomunicaciones, OIEA: Organismo Internacional de Energía Atómica, UE: Unión Europea, SENARA: Servicio Nacional de Aguas Subterráneas, Riego y Avenamiento. ICAA: Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados.

Fuente: Elaboración propia, según información suministrada por Ing. José Miguel Zeledón, MINAET, Ing. William Murillo, SENARA.

**Anexo 2**

**Resultados de la concentración de Arsénico en 2010,2011, 2012**

Punto Muestreo	Fecha análisis	As mg/L	Fecha análisis	As mg/L	Fecha análisis	As mg/L
Pozo Hotel de Cañas*	26/10/10	0.076	14/03/11	0.131	08/05/12	0.180
Red Hotel de Cañas	----	---	14/03/11	0.140	-----	----
Pozo 2 Bagaces	04/05/10	0.114	-----	-----	----	---
Pozo Puente Quemado Bagaces	----	----	15/02/11	0.026	---	---
Naciente Bagaces	04/05/10	0.008	14/03/11	0.009	20/03/12	0.011
Red Bagaces	04/05/10	0.089	28/2/11	0.034	20/03/12	0.011
Red Bagaces**	----	---	24/6/11	0.010		
Ncte 1 Vuelta Kopper y Caño Negro de Aguas Zarcas	-----	----	06/10/11	0.187	26/01/12	0.165
Ncte 2 Vuelta Kopper y Caño Negro de Aguas Zarcas	-----	-----	06/10/11	0.142	26/01/12	0.193
Red Vuelta de Kopper y Caño Negro de Aguas Zarcas***	-----	----	06/10/11	0.149	26/01/12	0.185
M.Nctes 1 y 2 San José Altamirita-StaFé Gloria- Aguas Zarcas	-----	-----	06/03/11	0.045	26/01/12	0.062
Naciente 3 San José Altamirita-StaFé Gloria- Aguas Zarcas	-----	-----	06/03/11	0.095	-----	----
Naciente 4 San José Altamirita-StaFé Gloria- Aguas Zarcas	-----	-----	06/03/11	0.088	-----	----
Pozo 1 San José Altamirita-StaFé Gloria- Aguas Zarcas	-----	-----	06/03/11	N.D	-----	----
Tanque San José Altamirita-StaFé Gloria- Aguas Zarcas	-----	----	06/03/11	0.022	26/01/12	0.048
Red San José Altamirita-StaFé Gloria- Aguas Zarcas	----	----	06/03/11	0.027	26/01/12	0.049

Recursos hídricos y saneamiento

Pozo 3 San José Altamirita-StaFé Gloria- Aguas Zarcas****	-----	-----	----	----	26/01/12	N.D
Pozo 2 San José Altamirita-StaFé Gloria- Aguas Zarcas****	-----	-----	----	----	24/02/12	N.D
Red San José Altamirita-StaFé Gloria- Aguas Zarcas*****	----	----	-----	-----	08/05/12	0.016
Pozo 1 Las Palmas Cañas	19/08/10	0.013	16/12/11	0.008	14/02/12	0.011
Pozo 3 Las Palmas Cañas	19/08/10	0.022	16/12/11	0.023	14/02/12	0.029
Pozo 4 Sandillal Cañas	19/08/10	N.D.	16/12/11	0.003	14/02/12	0.003
Pozo 6 Sandillal Cañas	19/08/10	0.036	----	---	----	---
Tanque de Almac. Cañas	21/09/10	0.015	02/02/11	0.012	----	----
Red de Cañas	21/09/10	0.022	05/01/11	0.010	08/05/12	0.008
Pozo 1 Las Palmas Cañas	21/09/10	0.010	05/01/11	0.009		
Pozo 3 Las Palmas Cañas	21/09/10	0.025		0.026		
Pozo 4 Sandillal Cañas	21/09/10	N.D			14/02/12	0.003
Pozo 6 Sandillal Cañas	21/09/10	0.021	----	---	----	---
Pozo 7 SandillalCañas Pruebas de Bombeo■	23/12/10	0.136	05/01/11	0.102		
Pozo 8 SandillalCañas Pruebas de Bombeo■			02/02/11	0.006		
Pozo 8 Sandillal			16/12/11	0.003	14/02/12	0.003

\*No se ha tomado medida correctiva.

\*\* Pozos 2 y Puente Quemado fuera de operación por medida correctiva.

\*\*\* Este sistema se conectó al de Asada 5

\*\*\*\* Se perfora el Pozo 2 y 3 y se conecta al Sistema

■ Perforado como parte del Plan de Acción Correctiva de Cañas

A partir de Enero del 2011 sale de funcionamiento el pozo Sandillal. Mientras que a partir de Diciembre dl 2011 entra en funcionamiento el pozo Sandillal 8.

Fuente: Laboratorio Nacional de Aguas, 2012.