

Capítulo 8

POTABILIZACIÓN DE AGUA: LA SITUACIÓN Y EXPERIENCIA EN COSTA RICA

Resumen

Costa Rica posee un rico patrimonio natural que cada día se ve más amenazado por el deterioro de las cuencas hidrográficas, la contaminación de acuíferos y la degradación de humedales y zonas costeras. Así, si bien el país en su conjunto cuenta con un superávit de oferta de agua, la demanda de agua potable de la Gran Área Metropolitana y las limitaciones para el control de la calidad podrían generar, en un futuro cercano, problemas en el abastecimiento de la principal aglomeración urbana del país. (Estado de la Nación, 1999)

En este trabajo se presenta, partiendo de los antecedentes históricos de la problemática, un resumen de la situación sobre la disponibilidad y las fuentes de agua, la cobertura de la población, la calidad del agua y los tratamientos para la potabilización, los entes administradores, distribución y cobertura. Se presenta, igualmente, un breve resumen sobre la disposición de excretas y se finaliza con el análisis de la desinfección de aguas por exposición a la radiación solar, a partir del efecto de los sólidos sedimentables.

Palabras clave: potabilización de agua, tratamiento de agua para consumo, tratamiento de aguas residuales, desinfección de agua con energía solar

Introducción

Costa Rica, país ubicado en Centroamérica, limita al Norte con Nicaragua, al este con el mar Caribe, al sureste con Panamá y al suroeste y oeste con el Océano Pacífico. La superficie de Costa Rica es de 51.060 km² y su capital es San José. El país está conformado por siete provincias, que a su vez están divididas en cantones y éstos en distritos. El gobierno del cantón es la Municipalidad. Alrededor del 25% del territorio está protegido mediante el sistema de áreas silvestres de conservación, así cerca de un 11% tiene protección absoluta incluyendo parques nacionales y reservas biológicas, un 15% posee algún grado de protección principalmente las áreas dedicadas a reserva forestal y las reservas indígenas que abarcan un 5.47% del territorio nacional. Las condiciones de variabilidad climática, relieve, suelos y microclima determinan una gran diversidad biológica que en términos conservadores contendría entre un 4% y un 5% de todas las especies de plantas y animales terrestres del mundo.

En la Gran Área Metropolitana que abarca las Ciudades de San José, Cartago y Alajuela se concentra la mayor parte de la población. De acuerdo con las cifras preliminares del IX censo de población y V de vivienda realizado en junio del 2000, Costa Rica pasó de una población de 2,416,809 según censo de 1984, a un total de 3,824,593 habitantes en el año 2000, lo que representa un incremento de casi un millón y medio de personas en un período de 16 años. En términos relativos, este cambio significó pasar de una tasa media anual de crecimiento de 2.3% entre los censos de 1973 y 1984, a una tasa de 2.9% entre 1984 y el 2000. Dado el descenso en la fecundidad ocurrido en el período, es razonable atribuir este aumento en la tasa de crecimiento al incremento de la inmigración internacional. Este aumento en la población de Costa Rica entre 1984 y el 2000, llevan a un incremento de la densidad poblacional de 47 a 75 habitantes por kilómetro cuadrado, es decir, casi un 60% superior. Por otra parte, la proporción de hombres y mujeres igual al 50% se ha mantenido hasta el censo de 1984 (Abarca, 2001).

Costa Rica posee un rico patrimonio natural que cada día se ve más amenazado por el deterioro de las cuencas hidrográficas, la contaminación de acuíferos y la degradación de humedales y zonas costeras. Así, si bien el país en su conjunto cuenta con un superávit de oferta de agua, la demanda de agua potable de la Gran Área Metropolitana y las limitaciones para el control de la calidad podrían generar problemas en el abastecimiento de la principal aglomeración urbana del país. (Estado de la Nación, 1999)

Por otra parte, el agua, principal recurso natural con el que cuenta Costa Rica, se ha definido legalmente como un bien del dominio público, un bien social y un bien económico estratégico para el desarrollo. La gestión integrada del recurso hídrico como elemento esencial para cualquier forma de vida es fundamental y comprende una multiplicidad de factores geofísicos, químicos, biológicos, sociales, económicos, culturales y políticos. Sin embargo, no hay integración entre las disciplinas para lograr un abordaje holístico de la problemática del agua. La vinculación y coordinación entre los organismos de planificación y gestión es débil, cuando no inexistente, y la difusión y transferencia de conocimientos a la sociedad civil, necesarios para una gestión integrada del agua son muy escasos.

El agua para abastecimiento público

Antecedentes de la problemática

Para los aborígenes costarricenses el agua era importante, no sólo desde el punto de vista ceremonial, sino también para su vida, la agricultura, sus actividades económicas y sociales. En Costa Rica la importancia del agua ha quedado simbolizada en el Centro Histórico Arqueológico de Guayabo, en donde la red hidráulica está compuesta por un sistema de acueductos, tanto abiertos como subterráneos, tanques de captación y almacenamiento de agua, puentes y pozos verticales de drenaje. Dichas obras aseguraban el aprovisionamiento de agua potable y el drenaje de aguas pluviales. En otros sitios del país los asentamientos se colocaban cerca de las fuentes de agua, ríos o quebradas y el agua se obtenía utilizando jícaras. (Coto y Sánchez, 1998)

Durante la colonia, conforme crecían las ciudades, el agua se traía por *acequias* desde largas distancias y fue necesario establecer disposiciones en relación con la limpieza de las mismas, por parte de los vecinos. El agua arrastraba muchas impurezas, no era apta para beber y se usaba sólo para usos domésticos. En las diferentes provincias, las municipalidades pusieron en ejecución trabajos para conducir y aumentar las aguas de las *acequias*, reuniendo los caudales de varios ríos. Los vecinos hacían derivaciones de la *acequia* principal para llevar agua a sus casas. Posteriormente fue necesario abrir pozos en algunas casas. (Coto y Sánchez, 1998)

En octubre de 1868, en la administración de Don Juan Rafael Mora, se inauguró la cañería de la ciudad capital, junto con la fuente ubicada en el Parque Central de San José, cuyo objetivo era brindar agua potable a los vecinos. Las mujeres y los niños eran los encargados de recogerla en tinajas de barro. En 1877 se presentó un proyecto de fijación de tarifas para el suministro de agua con su correspondiente reglamento y en 1884 se dictó la *Primera Ley de Aguas*, que incluía entre sus puntos la reforestación de las cuencas y se exigía la protección para las aguas, reglamentando su servicio y su cobro. Los expresidentes Cleto González Víquez (1906-10, 1928-32) y Ricardo Jiménez Oreamuno (1910-14, 1924-28, 1932-36), se preocuparon por mejorar las condiciones sanitarias de los habitantes de Costa Rica. Sus esfuerzos se materializaron en múltiples acueductos y cañerías y constituyeron la base para los excelentes índices de salud del país. Así, González Víquez impulsó la construcción de tanques de sedimentación, filtración y cloración de San José. Don Ricardo Jiménez, consciente de la importancia de dotar de agua potable a los pueblos para prevenir enfermedades, destinó una suma importante del Tesoro Público a la construcción de nuevas cañerías, mejoras y otros servicios de abastecimiento de agua potable., (Coto y Sánchez, 1998).

En 1940 en Tres Ríos se construyó, durante la administración de Calderón Guardia, una planta de tratamiento y un tanque de almacenamiento, con el fin de mejorar la distribución y el servicio. En 1941 nació la *Ley de Aguas Potables*, que entre otras cosas encargó a la Secretaría de Salubridad Pública de todos los asuntos relativos al agua potable.

Ante la crisis de escasez y mala calidad del agua, en la década de los cincuenta, se construyeron plantas de tratamiento en otras localidades y acueductos en las provincias de Alajuela, Heredia, Guanacaste, Puntarenas y Limón. Por otro lado,

se demostró que los gobiernos locales no tenían capacidad técnica, administrativa, ni financiera para manejar el suministro de agua potable a la población, por lo que en 1961 se creó mediante la ley 2726 el *Servicio Nacional de Acueductos y Alcantarillado (SNAA)* considerada por Don Mario Echandi como “la medida de mayor trascendencia nacional en favor de la salud pública durante los últimos 50 años” (AyA, 1996). Para solucionar la crisis se perforaron pozos, se ampliaron plantas, se cambiaron filtros lentos por filtros rápidos se mejoraron redes de distribución, se aumentó capacidad de los tanques de almacenamiento y se aprovecharon otras fuentes de abastecimiento. Así, en 1970 se inauguró el primer acueducto y en 1977 el segundo acueducto metropolitano. El SNNA intervino en otras provincias con mayor fuerza para reforzar o reconstruir los acueductos.

En la gestión de Carazo Odio (1978-1982) se proyectó el *Programa de acueductos rurales* y se estableció un programa de apoyo a las municipalidades, se ampliaron los controles de calidad del agua y se incorporó nueva tecnología al Laboratorio Central de Tres Ríos, centro desde el cual el AyA ejerce el control de calidad del agua de todos los acueductos. En la gestión de Arias Sánchez (1986-1990) se inauguró el acueducto de Orosi, tercer acueducto metropolitano, con el propósito de garantizar el abastecimiento de agua potable a la GAM hasta fines del siglo y logrando abastecer en esa fecha al 100% de la población urbana y el 93.6% de toda la población incluyendo las áreas rurales (Coto y Sánchez, 1998).

A partir de 1994 en la administración de Figueres Olsen se reforzó la atención a las comunidades rurales más deprimidas del país, que representan un tercio de la población costarricense y que está conformado por el 58% de los cantones rurales con altos niveles de pobreza e insatisfacción de necesidades básicas (MIDEPLAN, 1993). De esta manera, con apoyo del Programa de la Dirección General de Desarrollo Social y Asignaciones familiares se desarrollan *obras de abastecimiento de agua potable en las comunidades rurales*, en donde el programa de asignaciones familiares aporta el 35-40%, la comunidad el 40-50% y el AyA un 10-25%. El programa de acueductos rurales se fortaleció con préstamos del BID, del PL-480, del Banco alemán KFW, por lo que con el programa se atendieron 75 comunidades en las siete provincias del país. Se promovieron además proyectos para fortalecer las organizaciones comunales que administraran acueductos rurales. Por su parte el AyA instaló a partir de 1996, como parte de la *obra de acueductos rurales, equipos productores de hipoclorito de sodio o gases oxidantes mezclados*, fáciles de manejar que adicionan cloro al agua para la desinfección. Esta situación se reflejó en la baja incidencia de cólera en Costa Rica en la pasada epidemia, debido al acceso de las comunidades rurales al agua potable y a la campaña nacional de educación sanitaria. (Coto y Sánchez, 1998).

Con el fin de satisfacer de manera óptima la demanda de agua de la población del Gran Área Metropolitana estimada para el año 2015, AyA contrató los servicios de la empresa israelí *Tahal Consulting Engineers Ltda*, para que en conjunto con los ingenieros del AyA realizaran estudios y establecieran las directrices para la cuarta etapa del acueducto metropolitano. El Plan Maestro de Abastecimiento de Agua Potable para la Gran Área Metropolitana, PLAMAGAM, incluye las directrices que servirán de base para la toma de decisiones y la ejecución de proyectos específicos en los sistemas de abastecimiento de agua (Coto y Sánchez, 1998).

Si bien a inicios de 1997 no había problemas de abastecimiento de agua, pues la producción no ha variado, el AyA debió tomar medidas para contrarrestar los efectos del fenómeno del Niño. El calor se ha intensificado, en febrero de 1998, por ejemplo, el aumento de 4 grados en las temperaturas producto del fenómeno del Niño provocó un considerable aumento en el consumo de agua y una disminución en las fuentes debido a la evaporación, que obligan al AyA a realizar racionamientos, con el fin de que se puedan recuperar durante la noche los niveles de los tanques de abastecimiento de agua (La Nación, 1998). Esta situación se ha mantenido durante los últimos años.

Disponibilidad de agua y abastecimiento

Se estima que existe una disponibilidad anual bruta de agua (superficial y subterránea) de 29.800 m³ por habitante. El consumo total del país, según las distintas estimaciones disponibles, varía entre 4.4 y 10 km³ por año, lo que representa una tasa de extracción de entre el 2.6% y 5.9% del agua disponible. Esto le da a Costa Rica la característica de ser un país de “bajo estrés” en cuanto al balance hídrico global. A pesar de esta holgura en la disponibilidad del agua, las deficiencias de la administración nacional y local del recurso han afectado tanto el estado de las aguas subterráneas

como superficiales, como la calidad del agua suministrada por acueducto. De acuerdo con el Informe del Estado de la Nación (2000), la creciente vulnerabilidad de los acueductos, especialmente en la GAM, constituye una de las principales amenazas a la salud pública de los costarricenses. Este deterioro se debe a un marco institucional disperso en una gran cantidad de entes, desarticulados en la práctica, que dan lugar al traslape de competencias, vacíos y duplicación de funciones. El racionamiento en verano es una realidad para muchas comunidades rurales y urbanas del país. Hay ausencia de una rectoría clara y fuerte en cuanto a la gestión del recurso hídrico que afecta las posibilidades de realizar un uso y manejo eficiente de este recurso.

Se estima que un 75% del líquido destinado a la agricultura proviene de fuentes superficiales. Un 81% del agua para consumo doméstico y el 91% del consumo industrial proviene de fuentes subterráneas, lo que pone en riesgo la conservación y capacidad de recarga de los mantos acuíferos (Estado de la Nación 2000).

Los acuíferos más explotados del país son: Colima Inferior, Colima Superior y Barva abastecen el 66% de la población del GAM. La tasa de extracción de estos acuíferos según Reynolds y Fraile (2001), se estima en 2.600 litros por segundo. Los principales factores de presión sobre los acuíferos son por un lado los procesos de cambio de uso de la tierra: deforestación, drenaje de humedales, impermeabilización por desarrollo urbano y descarga de desechos que potencialmente pueden alcanzar los niveles freáticos, y por otro lado los patrones de consumo y las tasas de extracción de aguas subterráneas. Uno de los factores más importantes de presión sobre las aguas subterráneas proviene del incremento constante de la demanda, así como de los problemas de control y fiscalización de las tasas de extracción. El aumento de las tasas de extracción de aguas subterráneas ha sido facilitado por la figura de concesión pública de pozos para abastecimiento industrial y turístico. A pesar de la densa red de suministro de agua por concesiones de cauce público (para generación hidroeléctrica), tomas de agua y pozos registrados, no se cuenta con un sistema de monitoreo adecuado que permita la planificación a futuro del suministro de agua para más de la mitad de la población del país, que habita en la GAM. La mayoría de las concesiones de cauce público y pozos en el país son para usufructo privado y en menor medida para empresas públicas y asociaciones de suministro de agua y energía (Estado de la Nación, 2000).

En el cuadro I se describen las fuentes de abastecimiento de los acueductos por ente administrador

Cuadro I. Fuentes de abastecimiento de los acueductos operados por AyA, Comités de acueductos rurales, Municipalidades y ESPH - abril 2001.

Ente operador	Fuentes de abastecimiento				Subtotales
	Pozos	Nacientes	Plantas	Superficial	
AyA	164	144	29	11	348
Comités rurales	422	1.106	1	147	1.676
Municipalidades, ESPH	40	230	3	46	319
Totales	626	1.480	33	204	2.343

FUENTE: Laboratorio Nacional de Aguas AyA

Cobertura de agua para consumo humano y calidad del agua

De acuerdo con los estudios realizados por el AyA, el 97.4% de la población costarricense es abastecida por acueductos sometidos a vigilancia de la calidad de aguas y sólo el 75.7% de los habitantes recibe agua potable.

Las entidades administradoras del agua para consumo humano son: el Instituto de Acueductos y Alcantarillado (AyA), las Municipalidades, los Comités Administradores de Acueductos Rurales (CAAR) y Asociaciones Administradoras de agua (ASADAS), la Empresa de Servicios Públicos de Heredia (ESPH) y acueductos privados.

En el cuadro II se presenta la información en relación con la cobertura, vigilancia y control de la calidad del agua según entidades administradoras y población a finales del 2001.

Cuadro II. Agua para consumo humano: cobertura, vigilancia y control de calidad por entidades administradoras y población a finales del 2001.

Ente administrador	# sistemas	Cobertura	%	Vigilancia de calidad		Control de calidad		Agua calidad potable	
				Población	%	Población	%	Población	%
AyA	171	1.717.161	48.9 43.2*	1.717.161	100	1.717.161	100	1.670.092	97.2
Municipios	252	637.668	18.2 16.1*	637.668	100	142.185	22.3	419.323	65.8
ESPH	6	185.726	5.3 4.7*	185.726	100	185.726	100	185.726	100
CAAR's ó ASADAS	1.629	963.376	27.6 24.4*	960.568	99.1	0	0	535.999	55.3
SUBTOTAL (1)	2.058	3.509.931	100 88.4*	3.501.123	99.7	2.045.072	58.3	2.811.140	80.1 70.8*
Acueductos privados + fácil acceso	ND	358.137	9.0*	ND	ND	ND	ND	198.050	55.3 (3)
Sin información	--	103.254	2.6*	--	--	--	--	--	--
TOTAL	--	3.971.322 (2)	100	3.501.123	88.2*	2.045.072	51.5*	3.009.190	75.8*

*Valores calculados con base en la población total del país.

(1) Población cubierta por entidades administradoras de acueductos.

(2) Población total de Costa Rica al 31/12/2001, según CENSO 2000.

(3) SE aplica un porcentaje similar al de los CAAR.

ND: no determinado.

Fuente: AyA (Mora y Portugués, 2002)

Según los estudios de laboratorio de aguas del AyA, únicamente el 18% de los acueductos es sometido a desinfección por medio de cloro, en el caso de los acueductos administrados por el AyA y que abastecen al 46.9% de la población; este porcentaje de desinfección por cloro se aumenta a 78%. La provincia con mayor porcentaje de cloración es Guanacaste con un 30%; en San José es sólo del 15% y en Alajuela del 11% (Estado de la Nación, 2000).

Si bien se han dado avances en la cloración del agua de los acueductos que abastecen a poblaciones superiores a 50.000 habitantes y una mejoría leve de 85.0% a 86.4%, en las poblaciones de 20.000 a 50.000 habitantes, no se alcanzó la meta de desinfección propuesta para las poblaciones inferiores a 20.000 habitantes, sobre todo en los acueductos operados por las municipalidades, las asociaciones y los comités de acueductos rurales (CAAR) (Estado de la Nación, 2000).

Existe un estancamiento en la potabilización y desinfección de los acueductos estudiados por el AyA, que se concentra en los municipales y los rurales. Esta situación fue enfrentada por el AyA al incrementar la cobertura de agua potable de 92.6% a 96.6%.

Como ya se mencionó, el agua para abastecimiento público en Costa Rica proviene de manantiales, ríos, pozos y galerías y la contaminación creciente de aguas superficiales y subterráneas es causa de que se eleven los costos de tratamiento para potabilización y de que los usuarios de los acueductos municipales y comunales reciben agua que en la mayoría de los casos no cumple con las normas de calidad, pues tienen escaso o ningún tratamiento.

El análisis de los resultados según AyA (Mora y Portugués, 2002) indican que la población total de Costa Rica, al 31 de diciembre del 2001, era de 3.971.322 habitantes; de ésta el 97.4% recibe ACH (conexión intradomiciliar y fácil acceso) y el 75.8% es abastecida con agua de calidad potable. El 80.1% de la población recibe agua intradomiciliar suministrada por los CAAR's, ESPH, AyA y municipalidades. Por otra parte, el 99.7 del ACH suministrada por los mencionados entes

operadores es sometida a un programa de vigilancia de su calidad, realizado por el LNA. Sin embargo, solamente el 58.3% de la población es suplida con agua sometida a un riguroso control de calidad. Estos acueductos son los 171 operados por AyA y los que se encuentran bajo la administración de las municipalidades de Cartago (sector central), Belén y La Unión, además de los acueductos administrados por la ESPH.

Las provincias con mayor cobertura porcentual con ACH (conexión intradomiciliar y fácil acceso) son Heredia y Guanacaste con 100% y Puntarenas con 99.3%. En contraste, Limón es la provincia que presenta menor cobertura con 78.3%, seguido en orden creciente por San José y Alajuela con un 88% y 88.1%, respectivamente. Estas coberturas coinciden con asentamientos periurbanos (precarios), los cuales en muchos casos no cuentan con agua intradomiciliar pero que se abastecen de pozos y fuentes públicas. En cuanto a la potabilidad, las provincias con menor cobertura con agua de calidad potable son Cartago (65.4%), Puntarenas (71%) y Alajuela (71.3%) Por el contrario, las que presentan mayor cobertura son San José (91.2%), Guanacaste (87%) y Heredia (83.2%) (Mora y Portugués, 2002).

En cuanto a la evolución de la calidad del agua, en los últimos 12 años, el agua suministrada por AyA ha incrementado considerablemente su calidad, pasando de un 63.6% de población abastecida con agua de calidad potable en 1989 a un 97.2% en el año 2001. El avance en el suministro de ACH de los acueductos operados por las municipalidades, ha presentado un avance paulatino en el indicador población abastecida con agua potable, pasando de un 37% en 1996 a un 65.8% en el año 2001. El análisis de los 1629 acueductos rurales atendidos por CAAR/ASADAS inventariados durante los años 1999, 2000 y 2001, demuestra un leve aumento en la población abastecida con agua potable, pasando de un 51 a un 55.3%.

En el cuadro III se puede apreciar la distribución de los acueductos por ente administrador y por calidad del agua.

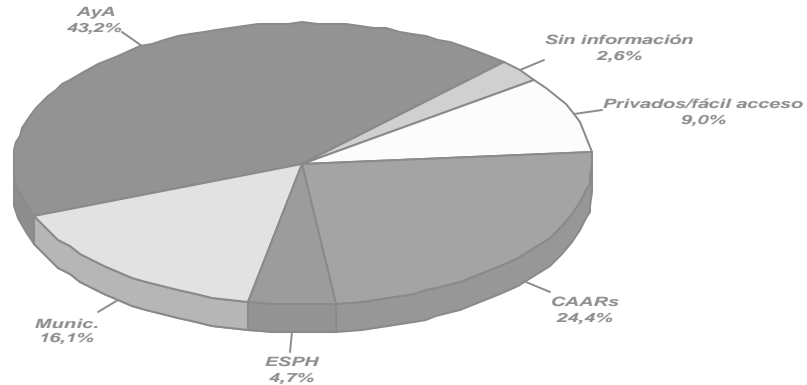
CUADRO III. Distribución de los acueductos según ente operador y por calidad 2001.

Provincia	AyA			CAAR			Se	Municipalidades			A)		
	Total	Calidad		Total	Calidad			Total	Calidad		Total	Calidad	
		Potable	No potable		Potable	No potable			Potable	No potable		Potable	No potable
San José	58	38	20	340	107	218	15	31	8	23	0	--	--
Alajuela	24	19	5	387	200	157	30	72	32	40	0	--	--
Cartago	0	--	--	202	87	113	2	90	44	46	0	--	--
Heredia	2	2	0	29	14	13	2	44	26	18	6	6	0
Guanacaste	36	36	0	295	175	112	8	2	2	0	0	--	--
Puntarenas	31	25	6	250	86	141	23	13	2	11	0	--	--
Limón	20	13	7	126	44	75	7	0	--	--	0	--	--
Totales	171	133	38	1629	713	829	87	252	114	138	6	6	0

FUENTE: Laboratorio Nacional de Aguas AyA; Se: Sin evaluación.

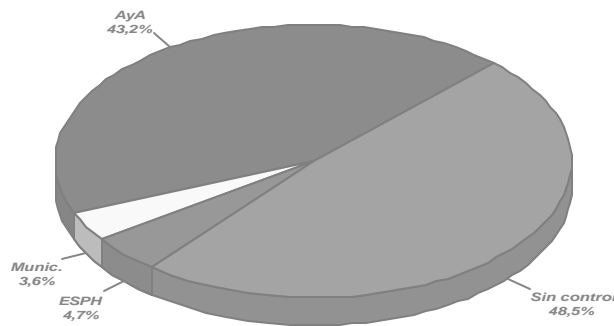
En las figuras 1, 2 y 3 se puede apreciar la cobertura con agua para consumo humano, cobertura con agua sometida a control de calidad y cobertura con agua potable por ente administrador, según estudio de AyA (Mora y Portugués, 2002).

COBERTURA CON AGUA PARA CONSUMO HUMANO EN COSTA RICA A FINALES DEL AÑO 2001



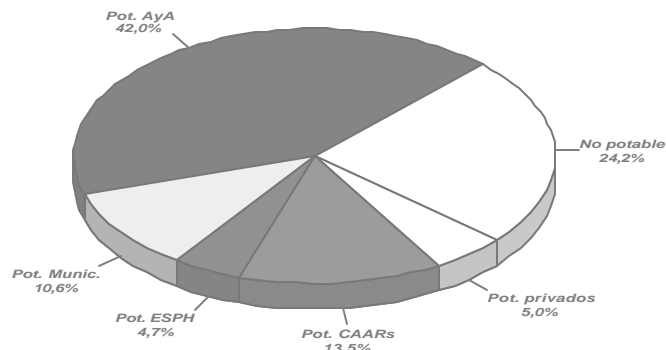
Población total de 3.971.322 habitantes al 31/12/2001, según el CENSO 2000.
 FUENTE: Laboratorio Nacional de Aguas de AyA.

COBERTURA CON AGUA SOMETIDA A CONTROL DE CALIDAD EN COSTA RICA A FINALES DEL AÑO 2001



Población total de 3.971.322 habitantes al 31/12/2001, según CENSO 2000.
 FUENTE: Laboratorio Nacional de Aguas de AyA.

COBERTURA CON AGUA POTABLE POR ENTE ADMINISTRADOR EN COSTA RICA A FINALES DEL AÑO 2001



Población total de 3.971.322 habitantes al 31/12/2001, según el CENSO 2000.
 FUENTE: Laboratorio Nacional de Aguas de AyA.

De acuerdo con Mora y Portugués (2002), en general, el país cuenta con fuentes de agua con pocos problemas físico-químicos. En cuanto a parámetros estéticos u organolépticos, existen fuentes superficiales (ríos o quebradas) con turbiedades oscilantes, debido a la deforestación aguas arriba; el ejemplo más preocupante es el río Virilla, en la zona de Guadalupe y el río Bananito en Limón. En el caso de las aguas subterráneas existen zonas con altos contenidos de hierro y manganeso, como Sixaola, Guácimo y Matina. Además, hay zonas costeras con aguas duras que, aunque no sobrepasan las normas, son incrustantes (Nicoya, Nandayure, Santa Cruz, Ciudad Neilly, Limón y Puntarenas Centro). Por el contrario, en algunos acueductos de la Meseta Central existen acueductos con aguas blandas (corrosivas), como el embalse El Llano. Sin embargo, el problema más importante en las fuentes de agua es la falta de protección, lo que conlleva riesgos de contaminación con pesticidas utilizados en los cultivos del banano, caña de azúcar, café y helechos, por citar algunos ejemplos.

Otro problema que señalan Mora y Portugués (2002) en las aguas subterráneas es la tendencia de varios acuíferos a sobrepasar el valor máximo de 50 mg/L de nitratos. Entre estos acuíferos se encuentran, en el Área Metropolitana, el Colima superior y varios acuíferos usados por entidades privadas, los cuales incluso ya pasaron el valor límite. Este problema se extiende a fuentes de acueductos ubicados en Paraíso, Alajuela (San Isidro de Atenas y otros) y en Nicoya (Bolsón y Ortega). La contaminación con nitratos es causada por el uso de fertilizantes nitrogenados y la influencia de aguas residuales domésticas. Los nitratos pueden producir metahemoglobinemia, enfermedad que afecta la captación de oxígeno por parte del glóbulo rojo sanguíneo, sobre todo en niños menores a un año.

Sistemas de tratamiento para potabilización del agua

En Costa Rica se aplican métodos convencionales de tratamiento por medio de filtración lenta y filtración rápida. La filtración rápida es el sistema más utilizado porque permite tratar un mayor volumen de líquido en mucho menor tiempo. En este caso el agua se hace pasar por rejillas para eliminar la materia gruesa; luego se lleva a tanques de coagulación-floculación en donde se les suministran coagulantes y floculantes (sales de aluminio o de hierro, o bien, polímeros sintéticos). Una vez floculada el agua se envía a los sedimentadores y luego a filtros rápidos. Posteriormente se pasa a los tanques de distribución, donde se le suministra gas cloro (AyA, 1996). En el caso de la filtración lenta no se hace uso de ningún reactivo químico. El agua se potabiliza por medio de sistemas físicos a través de sedimentadores y se desinfecta posteriormente mediante la aplicación de cloro.

Los principales acueductos que se abastecen con aguas de origen superficial (ríos, quebradas y embalses) tienen plantas potabilizadoras, los cuales suman un total de 39. Además, 405 (19.7%) de los acueductos tienen operando equipos de desinfección en forma permanente, es decir, más del 80% de los acueductos del país no cuentan con sistemas de desinfección.

Del total de la población abastecida a través de los cuatro principales entes operadores de acueductos (3.509.931 personas), el 68.7% (2.410.502) reciben agua sometida a desinfección constante. Esto implica que el 31.1% de la población recibe agua sin desinfección, lo que representa un alto riesgo para la salud de los usuarios.

Los acueductos pequeños no cuentan con los recursos económicos para instalar sistemas adecuados de tratamiento de aguas crudas. Generalmente los sistemas se reducen a separación de sólidos gruesos, sedimentación por gravedad y filtración mediante filtros de arena. Tampoco cuentan con los recursos técnicos para brindar un control permanente de la eficiencia de los procesos de tratamiento y desinfección (Coto, 1999).

Debido a la amenaza de enfermedades por transmisión hídrica, los pobladores que se abastecen de agua proveniente de acueductos municipales y comunales acostumbran dar algún tipo de tratamiento al líquido antes de consumirlo tales como: hervirlo, filtrarlo, agregarle hipoclorito de sodio o aplicarle ozono. Sin embargo, la cloración doméstica presenta el inconveniente de la dificultad en el control de la dosificación. La sobredosificación puede conducir a la ocurrencia de trastornos estomacales en los consumidores y a tornar el agua con un sabor poco agradable al paladar. Además, dada la incidencia de aguas crudas con contenidos de materia orgánica cada vez más elevados, el tratamiento insuficiente y el poco control de la dosificación, puede conducir a situaciones tales como las siguientes:

- Si el agua está contaminada por fenoles o por compuestos orgánicos de ese tipo que se liberan de los cultivos de algas en descomposición, la cloración puede generar severos problemas de olor y de sabor, lo cual inutiliza el agua para consumo humano.
- Si el agua contiene materia orgánica, las reacciones entre ella y el cloro podrían originar trihalometanos, que son productos que pueden ser cancerígenos (Flanagan, 1992).

En el cuadro IV se presenta la información sobre tratamiento, desinfección y calidad del agua por ente operador, y su condición de acueductos clorados y no clorados, además del número de sistemas con tratamiento convencional, para el período 2000-2001.

CUADRO IV. Tratamiento, desinfección y calidad del agua en los acueductos de Costa Rica según ente operador – periodo 2000-2001

Ente operador	Acueductos							
	Total		Tratamiento		Desinfección		Potables	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%
AyA	171	8.3	23	1.1	135	6.6	133	6.5
Municipalidades	252	12.2	4	0.2	60	2.9	114	5.5
ESPH	6	0.3	0	0.0	6	0.3	6	0.3
CAAR	1629	79.2	12	0.6	204	9.9	713	34.6
Totales	2058	100	39	1.9	405	19.7	966	46.9

FUENTE: Laboratorio Nacional de Aguas AyA

En el cuadro V se presenta la población abastecida por ente operador, la calidad del agua y la población que recibe agua con desinfección.

CUADRO V. Población abastecida con y sin desinfección por ente operador en el 2001.

Ente operador	Total		Potable		No potable		Sin evaluar		Clorados		No clorados	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%
AyA	1.717.161	48.9	1.670.092	47.6	47.069	1.3	0	0	1.678.110	47.8	39.051	1.1
Municipalidad.	637.668	18.2	419.323	11.9	218.345	6.2	0	0	342.826	9.8	294.842	8.4
ESPH	185.726	5.3	185.726	5.3	0	0	0	0	185.726	5.3	0	0
CAAR	969.376	27.6	535.999	15.3	424.569	12.1	8.808	0.3	203.840	5.8	756.728	21.6
Total	3.509.931	100	2.811.140	80.1	689.983	19.7	8.808	0.3	2.410.502	68.7	1.090.621	31.1

FUENTE: Laboratorio Nacional de Aguas AyA

Situación de disposición de excretas

De acuerdo con Mora y Portugués (2002), los resultados demuestran que el sistema predominante en Costa Rica para tratar las aguas residuales domésticas, es el tanque séptico, el cual es utilizado por el 68.5% de la población nacional. En un segundo lugar, el desalojo de aguas residuales se realiza a través del uso de alcantarillado con un 21%, pozo negro o letrinas en un 8.6% y 1.9% sin servicio. No obstante estos datos, solamente un pequeño porcentaje de esas aguas residuales son sometidas a tratamiento antes de ser vertidas en los cauces receptores, ya que las únicas aguas que son tratadas son las de Pérez Zeledón, Cañas, Liberia, Santa Cruz y Nicoya a través de lagunas de estabilización, y las de algunos sectores de Puntarenas por medio de la planta de “El Roble”. Además, existen industrias privadas en el ámbito

nacional que cuentan con sistemas de tratamiento de sus aguas residuales, cuyos controles son responsabilidad del Ministerio de Salud a través de los respectivos reportes operacionales.

Conclusiones (Mora y Portugués, 2002)

- ↪ La cobertura del país en el suministro de ACH es de 97.4% de la población nacional, la cual es abastecida por AyA (43.2%), municipalidades (16.1%), ESPH (4.7%), CAAR/ASADAS (24.4%) y acueductos privados o de fácil acceso (9.0%).
- ↪ El 51% de la población abastecida recibe agua sometida a programas de control de calidad y un 88.2% a programas de vigilancia de la calidad del agua.
- ↪ El 75.8% de la población total del país recibe agua de calidad potable; de esta, el 80.1% fue suministrada por AyA, municipalidades, ESPH y CAAR/ASADAS.
- ↪ Se observa un incremento de 4.2% de población abastecida con agua de calidad potable entre los períodos 2000 y 2001.
- ↪ El número de acueductos inventariados es de 2.058 distribuidos en 171 para AyA, 1629 CAAR/ASADAS, 6 de la ESPH y 252 municipales.
- ↪ La población abastecida con agua de calidad potable es de 3.009.190 personas, lo que implica que existen 952.132 habitantes que reciben agua no potable.
- ↪ De los 2.058 acueductos, 405 cuentan con equipos de desinfección (cloración) para un 19.7%, lo cual refleja un incremento de 1.7% con respecto al año 2000.
- ↪ Las provincias con mayor cobertura de ACH son Heredia, Guanacaste y Puntarenas.
- ↪ Las provincias que suministran a la población mayor cantidad de agua de calidad no potable son Cartago, Puntarenas, Alajuela y Limón, con 34.6, 29, 28.7 y 25.5%, respectivamente.
- ↪ El LNA ha inventariado 2.343 fuentes de ACH en todo el país, de las cuales 626 son pozos, 1.480 nacientes, 204 superficiales sin tratamiento y 33 ríos, quebradas y embalses (El Llano) que tienen sistemas de tratamiento convencional. Se estima que el 55% de la población se abastece con aguas subterráneas y 45% con superficiales.
- ↪ El país experimentó un importante avance en las metas propuestas en el “Programa Nacional para el Mejoramiento de la Calidad del Agua 2000-2002”, sobre todo con la realización del análisis del sector agua potable y saneamiento realizado con financiamiento de la OPS y AyA.
- ↪ Sin embargo, no se avanzó en el desarrollo de una política de formación de recursos humanos en el sector; tampoco existe un programa nacional de desinfección de aguas ni la acreditación de operadores de planta de tratamiento de agua potable y residual.
- ↪ En el año 2001 se evidenció la ausencia de protección de las fuentes de agua que abastecen la mayoría de la población nacional, a través de las emergencias por la contaminación del río Virilla (planta de Guadalupe), Puente Mulas, Santa María de Dota, entre otros.
- ↪ Con respecto a la disposición de excretas o aguas residuales domésticas, la cobertura del país con algún sistema de desalojo y/o tratamiento a finales del 2001 es de 98.1%. Dicho servicio se realiza en un 68.5% por tanques sépticos, 21% por alcantarillado y 8.6% por medio de pozos negros-letrinas.

Análisis de la desinfección de aguas por exposición a radiación solar como alternativa para comunidades rurales

La Tecnología basada en métodos de desinfección para agua no químicos emplean procesos físicos como ultrasonidos, ósmosis inversa, radiación ultravioleta, entre otras. Sin embargo, es necesario disponer de opciones para uso en el medio rural y a nivel doméstico que sean de bajo costo, que utilicen materiales de fácil adquisición y que su operación esté al alcance de cualquier miembro del grupo familiar. Existen varias experiencias en esa dirección Acra *et al.* (1984), Celada y Márquez (1993), Coto (1994), -Enríquez *et al.* (1995), de Castel y Rivelli (1996). De los estudios señalados se concluye que por exposición directa a la radiación solar ocurre desinfección de las aguas, pero que el grado de remoción bacteriana, en términos de los organismos indicadores coliformes totales y fecales y de gérmenes totales, depende de varios factores tales como:

- Cantidad y calidad de la radiación recibida, considerándose aspectos tales como condiciones ambientales, tiempo de exposición, fracción de radiación ultravioleta, grosor de la capa de agua expuesta.
- El material y características de los recipientes y de su comportamiento ante la radiación.
- Características fisicoquímicas del agua cruda, adquiriendo especial relevancia la turbiedad.

Metodología

Con el fin de analizar el efecto de los sólidos sedimentables y de la turbiedad en el agua en el proceso de desinfección por exposición directa a la radiación solar, se trabajó con el agua cruda de dos ríos localizados en el centro del país, uno altamente contaminado y el otro medianamente. El agua cruda se caracterizó fisicoquímica (sólidos totales, disueltos y sedimentables, turbiedad, demanda bioquímica de oxígeno, pH) y bacteriológicamente (coliformes totales y fecales) Empleando los métodos de APHA, AWWA, WPCF (1976). Antes de iniciar la experiencia se determinó el período requerido para lograr la sedimentación de las partículas sedimentables presentes en el agua cruda (Coto, 1999).

Se utilizaron dos baterías de prueba, una con agua cruda y otra con agua decantada, con un litro de agua cada una colocado en 6 bolsas de polietileno de baja densidad de 23.5 cm por 36.0cm. las bolsas se colocaron sobre un cartón negro en el piso al aire libre en un sitio soleado. Aproximadamente cada hora, durante siete horas de experimentación se retiró una bolsa de cada una de las baterías y se determinaron temperatura, coliformes totales y fecales del agua.

Resultados

De acuerdo con Coto (1999), la remoción total (100%) de los coliformes totales y fecales en el agua sin sólidos sedimentables y de menor turbiedad se logró en 400 y 240 minutos respectivamente. Bajo las mismas condiciones ambientales y de radiación, en el agua cruda, aquella que contiene sólidos sedimentables y mayor turbiedad, no se eliminó la totalidad de los coliformes, ni totales ni fecales, después de 400 minutos de exposición. La remoción máxima lograda fue de 98% y 99%, respectivamente. Es evidente que la presencia de sólidos suspendidos limita la eficiencia de la desinfección, por cuanto estos sólidos proveen superficies que absorben o dispersan la radiación ultravioleta solar, disminuyendo la cantidad de radiación que efectivamente alcanza a los organismos. La remoción de los coliformes fecales en todas las bolsas, independientemente del tipo de agua que contengan: cruda o sin sólidos sedimentables, es más acelerada que la de los coliformes totales, lo cual parece responder al carácter de mayor especificidad de los coliformes fecales, cuyo ambiente de origen, el tracto intestinal de los organismos de sangre caliente, les hace más sensibles a las condiciones ambientales externas. Los otros miembros del grupo coliforme, por su procedencia, parecen resistir mayor tiempo las condiciones de radiación solar impuestas.

La reducción bacteriana resultante de la exposición a la radiación solar se debe exclusivamente al efecto de la radiación ultravioleta y no a factores térmicos, puesto que las bacterias coliformes son termotolerantes y la temperatura alcanzada en las bolsas no son lo suficientemente elevadas (23.5°C al inicio, 46°C cerca del medio día y 23.0°C al finalizar). La radiación ultravioleta ejerce dos efectos principales en los microorganismos: producción de radicales hidroxilo y alteración del ADN bacteriano.

En relación con las viables fisicoquímicas evaluadas en el agua remanente, los valores de DBO, pH, sólidos disueltos y totales no se ven afectados por la exposición a la radiación, por lo que ésta sólo tiene efectos germicidas (Coto, 1999).

Bibliografía

ACRA, A. ET AL (1994) "Solar disinfection of drinking water and oral rehydration solutions". UNICEF. Amman, Jordan. 1-56

- APHA, AWWA, WPCF Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 14th Edition. Washington DC USA. 1193p
- CELADA C. Y MÁRQUEZ (1993) “Uso de la Energía solar en la desinfección de agua para consumo humano. XVII Semana Nacional de Energía Solar. Colima, México. 333-336
- COTO Y SANCHEZ (1998) “Abastecimiento de Agua en Costa Rica” Monografía, Agua limpia con Energía Limpia. Programa CYTED. Red Iberoamericana de electrificación rural (RIER)
- COTO, J. (1999) “Efecto de los sólidos sedimentables en la desinfección de aguas por exposición a la radiación solar. I Jornadas Iberoamericanas de Energías Renovables. Producción de agua potable para pequeños grupos humanos. CYTED. Subprograma VI Nuevas Fuentes y Uso Racional de la Energía
- COTO, J. (1994) Desinfección de aguas residuales mediante el uso de la energía solar sobre bacterias coliformes y otras bacterias patógenas en el agua. Informe del CYTED. Asunción Paraguay. 12p
- DE CASTEL Y RIVELLI (1996) Efecto bactericida de la radiación solar sobre bacterias coliformes y otras bacterias patógenas en el agua. Informe del CYTED. Asunción Paraguay. 12p
- “Estado de la Nación en desarrollo humano sostenible”. (1999) Consejo Nacional de Rectores (CONARE), PNUD, Defensoría de los habitantes, con el apoyo del Convenio Bilateral de Desarrollo Sostenible Costa Rica –Holanda. Costa Rica.
- “Estado de la Nación en desarrollo humano sostenible”. (2000) Consejo Nacional de Rectores (CONARE), PNUD, Defensoría de los habitantes, con el apoyo del Convenio Bilateral de Desarrollo Sostenible Costa Rica –Holanda. Costa Rica.
- FLANAGAN, P.J. (1992) Parameters of Water Quality. Interpretation and Standards. 2nd Edition. Environmental Research unit Dublin, Ireland. 162p
- MORA, DARNER Y PORTUGUEZ, FELIPE. (2000) “Diagnóstico de cobertura y calidad del agua para consumo humano en Costa Rica a principios del año 2002.” San José, Costa Rica, Revista Costarricense de Salud Pública, ACOSAP, año 9, N° 16, Pág. 1-15.
- MORA, DARNER Y PORTUGUEZ, FELIPE. (2002) “Situación de cobertura y calidad del agua para consumo humano y disposición de excretas en Costa Rica a finales del año 2001” Instituto de Acueductos y Alcantarillado, San José, Costa Rica.