

Cobertura de la disposición de excretas en Costa Rica en el periodo 2000-2014 y expectativas para el 2021

Excreta disposal coverage in Costa Rica from 2000 to 2014 and outlook for 2021

Darner A. Mora-Alvarado¹, Carlos F. Portuguez-Barquero²

*Fecha de recepción: 23 de junio del 2015
Fecha de aprobación: 28 de setiembre del 2015*

Mora-Alvarado, D; Portuguez-Barquero, C. Cobertura de la disposición de excretas en Costa Rica para el periodo 2000-2014 y expectativas en el 2021. *Tecnología en Marcha*. Vol. 29, N° 2, Abril-Junio 2016. Pág 43-62.

1 MQC/MSc en Salud Pública. Director del Laboratorio Nacional de Aguas. Costa Rica. Teléfono: (506) 2279-6144. Correo electrónico: dmora@aya.go.cr.
2 Funcionario del Laboratorio Nacional de Aguas. Costa Rica.

Palabras clave

Cobertura; disposición; evolución; excretas; exposición.

Resumen

El objetivo del presente estudio fue determinar las coberturas y evolución del porcentaje de población con sistemas de disposición de excretas (DE) en Costa Rica en el periodo 2000-2014, según los diferentes mecanismos de evacuación como alcantarillado, tanque séptico, letrinas y otros, aunado al inventario y evaluación de la remoción de la Demanda Bioquímica de Oxígeno Total (DBO mg/L) y de Coliformes fecales (CF/100 mL), en los sistemas de tratamiento convencionales de aguas residuales a cargo del AyA y el análisis de las expectativas de cobertura con DE en el país para el año 2021.

Para cumplir con el objetivo del estudio se aplicaron los siguientes pasos; primero, se analizaron las enfermedades vinculadas al contacto con las excretas; segundo, se definió el concepto de la UNICEF y la OMS de “Instalaciones de Saneamiento Mejoradas”; tercero, se describió la cobertura de la población del país con DE mediante alcantarillado, tanques sépticos, letrinas y otros, tanto a nivel nacional como regional y en la zona rural y urbana, en el año 2014; cuarto, se realizó un inventario de los sistemas de tratamiento convencional de aguas residuales y las eficiencias con la remoción de DBO total y CF/100 mL en las aguas crudas y tratadas controladas por el Laboratorio Nacional de Aguas, en el mismo año 2014; quinto, se realizó un análisis de la evolución de las coberturas de DE con los diferentes mecanismos de evacuación durante el periodo 2000-2014; por último, como sexto punto, se establecieron las expectativas de DE por alcantarillado y tanques sépticos para el año 2021.

Se hizo un resumen de los factores vinculados a la transmisión de enfermedades infecciosas transmitidas a los seres humanos por contacto con excretas. Posteriormente, se definió el concepto de “Instalaciones de Saneamiento Mejoradas” de la UNICEF y la OMS. Con el desarrollo de los datos de cobertura de la población con DE en el 2014, se comprobó que el país cuenta con un 71,5% de habitantes con tanques sépticos, 26,6% con alcantarillado, 1,5% con letrinas y 0,4% no cuenta con ningún mecanismo de DE. Se elaboró un inventario de 58 sistemas de tratamiento de aguas residuales. Se determinaron las eficiencias de remoción de DBO total (mg/L) y CF/100 mL, comprobándose que solamente la laguna de estabilización de Santa Cruz cumple con el valor permitido de 50 mg/L en los efluentes tratados. En el caso de los sistemas de tratamiento convencionales, en su mayoría (78%) cumplieron con el valor permitido de DBO total establecido en la normativa nacional del 2010. Con respecto a la remoción de CF/100 mL, sin bien es cierto los porcentajes son altos (entre 90% y 100%), las elevadas densidades provocan un gran riesgo de contaminación en los cuerpos receptores utilizados en cada sistema. El análisis de la evolución del uso de los diferentes mecanismos de DE, en el periodo de estudio, demuestra un incremento en el uso de tanques sépticos en detrimento del uso de alcantarillado hasta el 2011; no obstante, a partir de 2012 se observa una leve reversión, y en 2014 los datos indican que el uso de tanque séptico bajó a 71,5%.

Por último, el análisis de la ampliación del alcantarillado y tratamiento en los 11 cantones de San José permitirá alcanzar entre el 22% y el 25% de población con DE tratadas y un 50% a 53% en el uso de alcantarillado. Este avance permitirá disminuir el uso de los tanques sépticos al 50% en el año 2021.

Conclusiones

De conformidad con el concepto de “Instalaciones de Saneamiento Mejoradas” de la UNICEF y la OMS, Costa Rica alcanzó un 99% de cobertura con DE mediante alcantarillado, tanques

sépticos y letrinas, lo que ubica al país a la vanguardia de los países latinoamericanos. Sin embargo, esto es paradójico, debido a que el poco tratamiento de las aguas residuales con sistemas colectivos, o alcantarillado, ha provocado un gran deterioro de los ríos en las zonas urbanas.

Recomendaciones

Es fundamental ampliar las coberturas de DE por alcantarillado sanitario con tratamiento, para sanear los ríos y otros cuerpos de agua superficiales y subterráneas; además, se debe implementar un Programa Nacional de Manejo Adecuado de las Aguas Residuales, planteando metas a mediano y largo plazo, con el propósito de mejorar la salud pública del país.

Keywords

Excreta disposal coverage; expectations; excreta evacuation.

Abstract

The present study aimed to establish excreta disposal coverage and progress in Costa Rica from 2000 to 2014, considering the different mechanisms for excreta evacuation (e.g. drainage, septic tank, and latrine), and assessing the removal of the Biochemical Oxygen Demand (BOD mg/L) and faecal coliforms (CF/100 mL) within conventional wastewater treatment systems managed by AyA. Likewise, the study aimed to assess the excreta disposal coverage expectations for 2021.

Six steps were followed: 1) diseases linked to excreta transmission were analysed; 2) the concept of 'Improved sanitation facilities' established by the UNICEF and the WHO was defined; 3) the excreta disposal coverage was described according to the use of drainage, septic tanks, and latrines, in a centralise and decentralise level, and in urban or rural area during 2014; 4) a stock of wastewater conventional treatment systems were carried out together with the efficiency of BOD and faecal coliforms removal in wastewater and treated water controlled by the National Water Laboratory (LNA) in 2014; 5) an assessment of the progress of excreta disposal coverage along the different mechanisms for evacuation was carried out during the period 2000-2014; and 6) the expectations of excreta disposal by septic tanks or drainage were established for 2021.

A summary was writing up concerning the factors linked to infectious disease transmission to humans by excreta contact. Subsequently, the concept of 'Improved sanitation facilities' established by the UNICEF and the WHO was defined. Based on the data development of the population with excreta disposal coverage in 2014, the study confirmed that 71,5 % of the costarican population possesses septic tanks, 26,6 % drainage, 1,5 % latrines, and 0,4 % lacks of any excreta evacuation mechanism. The stock presented 56 wastewater conventional treatment systems. Efficiency of BOD (mg/L) and coliforms faecal (CF/100 mL) removal were determined; none of the waste stabilization ponds complied with the maximum limit value (50 mg/L). Only 57 % of the 14 activated sludge treatment systems complied with the BOD allowed value established on the national normative in 2010. Coliform faecal removal percentages were high (90 % - 100 %); although, increased density of microorganisms can cause high risk of water sources pollution. The analysis of the progress of the different excreta disposal mechanisms during 2000-2014 showed a rise in the use of septic tanks, during 2000-2011. In 2012 a low reversion was observed, and in 2014 the use of septic tank was reduced to 71,5 %.

Finally, an analysis of the enlargement of the drainage and water treatment within 11 municipalities in San José will allow to reach 22 – 25 % of the population with treated excreta disposal, and

50 – 53 % in the use of drainage. This will allow the reduction of the use of septic tanks to 50 % for 2021.

Conclusions

In accordance with the concept of 'Improved sanitation facilities', Costa Rica have reached 99 % of excreta disposal coverage due to the use of drainage, septic tanks and latrines. However, wastewater has received very little treatment (drainage and collective systems), causing great damage to the rivers within urban areas.

Recommendations

It is crucial to enlarge excreta disposal coverage, increasing drainage and wastewater treatment, in order to clean up rivers and others superficial water bodies and aquifers. A National Programme for Suitable Wastewater Manager should be implemented contemplating medium and long term goals, in order to improve public health in Costa Rica.

Cobertura de la disposición de excretas en Costa Rica periodo 2000-2014 y expectativas para el 2021

Introducción

Los seres humanos han utilizado tradicionalmente varios mecanismos para disponer sus excretas (heces y orina); el más antiguo ha sido a “cielo abierto”, es decir, su inodoro fue y es la madre naturaleza. En la época en que los seres humanos eran nómadas, hacían sus necesidades fisiológicas cerca de los árboles y ríos. Pero cuando decidieron vivir en un solo sitio, tuvieron la necesidad de deshacerse de sus excretas “tan lejos como les pidiera su nariz y tan cerca como lo exigiera su sistema digestivo” (Mora, 2005). En razón de esto surgieron cuatro mecanismos, a saber, fosas sépticas o letrinas, tanques sépticos, alcantarillado (sin tratamiento o cloacas) y alcantarillado sanitario (AS) (AyA, 2009). Estos últimos tienen en común el uso del inodoro, que se originó en Creta hace más de 4000 años. Los egipcios y los romanos también avanzaron en el uso de inodoros, mediante la utilización de baños públicos cuyo símbolo histórico es la conocida “Cloaca Máxima de Roma” (Pickover, 2012); sin embargo, fueron clausurados porque fomentaban la promiscuidad sexual, lo que provocó un retroceso en el saneamiento de las comunidades. Es así como, en el periodo comprendido entre los siglos V y XV, las calles estaban llenas de excrementos. Los humanos defecaban en las esquinas, ríos y árboles, y en el mejor de los casos usaban la bacenilla, cuyo contenido iba a parar a la calle tras el grito “¡Agua va!”. Luego, en 1589, el inglés John Hannington desarrolló el retrete de válvula, que fue instalado en el palacio de Isabel I. En 1668, el Comisionado de Paris ordenó la instalación de inodoros en todas las casas y en 1840 el Acta de Salud Pública Inglesa obligó a instalar inodoros en toda Europa (Lloppe & Tynan, 2011). En esta época se incrementaron las mejoras en los servicios de agua y alcantarillado, pero fue hasta principios del siglo XX que se fomentó la recolección de aguas residuales domésticas o excretas y el tratamiento, antes de descargarlas en un cuerpo receptor (río, quebrada o mar) (Artman & Chadwick, 2015).

En Costa Rica, las primeras obras de alcantarillado se inauguraron en 1911, y posteriormente se construyeron en las ciudades de Alajuela, Heredia y Cartago, a principios de la década de 1940 (Araya, 1992). Luego, se construyó el sistema de tratamiento mediante lagunas de estabilización en Cañas (1959), Guanacaste. Lamentablemente, las plantas de tratamiento del Valle Central fueron abandonadas a partir de 1963 (Mora, 1992), aumentando así la contaminación orgánica de los ríos de la Cuenca Virilla-Tárcoles (Cuenca 24). Sin embargo, gracias a un convenio entre el Gobierno y el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA) (1972-1975),

se construyeron lagunas facultativas en las ciudades de Liberia, San Isidro de Pérez Zeledón, Nicoya y Santa Cruz, y en 2004 se inauguró el Emisario Submarino de Limón (Araya, Barboza, Ramírez & Rodríguez, 2009).

Pero aún con estas obras Costa Rica ocupa uno de los últimos lugares en el tratamiento con sistemas convencionales en América Latina (Reynolds, 2015). De acuerdo con el Programa Conjunto de Monitoreo del Fondo para la Infancia de las Naciones Unidas (UNICEF) y la Organización Mundial de la Salud (OMS), con el concepto “Instrumentos de Saneamiento Mejorados”, Costa Rica ocupa uno de los primeros lugares en esta misma zona. Esto se debe a que el concepto abarca la disposición de excretas con alcantarillado sanitario, alcantarillado sin tratamiento, tanques sépticos y letrinas (UNICEF/OMS, 2006).

El Laboratorio Central del AyA, hoy Laboratorio Nacional de Aguas (LNA), mediante el Decreto Ejecutivo 26066-S (Poder Ejecutivo-Costa Rica, 1997), elabora informes anuales de calidad del agua para consumo humano y disposición de excretas desde 1991 (Mora, 2009). Sin embargo, en este año, con los datos al 2014 se decidió separar ambos temas, con el propósito de brindar el peso específico que tiene el suministro de agua y la disposición adecuada de excretas (DAE) o saneamiento como determinantes de la salud pública (Baltazar & Solon, 1989; Heller, 1997). En razón de esto, el presente informe se enfoca en la evaluación y evolución de las coberturas en la DAE desde el año 2000 hasta el 2014, mediante los mecanismos de alcantarillado sanitario, alcantarillado sin tratamiento, tanques sépticos (TS) y letrinas o fosas sépticas (excusado de hueco) en Costa Rica en los últimos 15 años (2000-2014).

Objetivos

General

Determinar las coberturas y evolución de población con disposición de excretas (DE) en Costa Rica en el periodo 2000-2014, según los diferentes mecanismos de evacuación, tales como alcantarillado, tanque séptico, letrinas y otros, aunado al inventario y evaluación de la remoción de la Demanda Bioquímica de Oxígeno total (DBO)(mg/L) y de Coliformes fecales (CF/100 mL), en los sistemas de tratamiento convencionales de aguas residuales a cargo del AyA, y el análisis de las expectativas en las coberturas de DE en el país para el año 2021.

Específicos

- Describir la clasificación de las infecciones relacionadas al contacto humano con excretas a nivel mundial.
- Describir el concepto de “Instalaciones de Saneamiento Mejoradas” (ISM) de la UNICEF y la OMS.
- Describir la cobertura de la población mediante los mecanismos de alcantarillado, tanques sépticos, letrinas y otros en el país, y su distribución por regiones en el año 2014.
- A nivel nacional, inventariar y evaluar la remoción de DBO y Coliformes fecales en los sistemas de tratamiento de aguas residuales, analizadas por el LNA en 2014.
- Recopilar y analizar información comparativa de las coberturas de DE o ISM (alcantarillado, tanques sépticos, letrinas y otros), en el periodo 2000-2014 en Costa Rica).
- Establecer las expectativas de cobertura por alcantarillado, tanques sépticos y letrinas, con la implementación del proyecto “Mejoramiento Ambiental de San José, al año 2021”.

Metodología

Para cumplir con los objetivos de este estudio descriptivo se aplicaron los siguientes pasos:

Enfermedades vinculadas al contacto con las excretas

La identificación de las enfermedades vinculadas al contacto con las excretas se realizó con la Clasificación de Infecciones Relacionadas con las Excretas, descrito en el libro *Saneamiento, Educación y Salud*, de Mora (2005).

Concepto de Instalaciones de Saneamiento Mejoradas

La descripción del concepto de ISM fue definida por la UNICEF y la OMS en el documento *Progreso para la Infancia: un balance sobre Agua y Saneamiento*.

Cobertura de población según mecanismo de DE o ISM en el año 2014

Las coberturas de población, por país y regiones de planificación de Costa Rica, se obtuvieron de los datos de la Encuesta Nacional de Hogares del año 2014 (INEC, 2014).

Sistemas de tratamiento convencional de aguas residuales en Costa Rica

Se realizó un inventario de los sistemas de tratamiento de aguas residuales ordinarias, a nivel nacional, con datos del AyA y el *Decimonoveno Informe Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible* (Programa Estado de la Nación, 2013).

La identificación de los sistemas de tratamiento de aguas residuales, cubiertas por el LNA, y la remoción de DBO y Coliformes fecales, se obtuvo del *Informe Anual de Aguas Residuales*. Para efectos prácticos, si el lector requiere analizar los otros datos de Sólidos Totales (ST), DQO (mg/L), Grasas (mg/L), Nitrógeno total (N), Fósforo total (P) y otros, los autores recomiendan utilizar el *Informe Anual de Aguas Residuales del 2014* del LNA (Ramírez & Valiente, 2015).

Análisis de la evolución de coberturas de población con disposición de excretas 2000-2014

La evolución de las coberturas de población con disposición de excretas mediante alcantarillado, TS y letrinas durante el periodo 2000-2014 se elaboró con los datos de las encuestas de hogares anuales de esos años y los censos 2000 y 2011 (INEC, 2001, 2011).

Expectativas de saneamiento para el año 2021

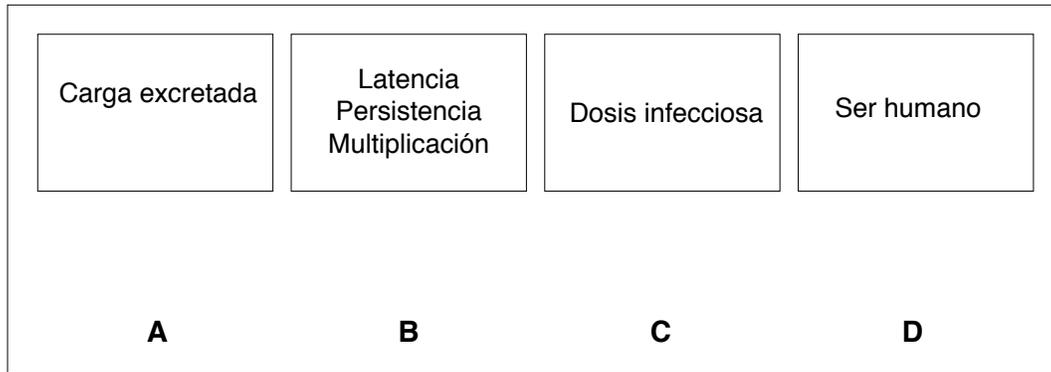
Las expectativas de DE para el año 2021 se establecieron con los siguientes documentos:

- *Proyecto de Mejoramiento Ambiental de San José* (Unidad Ejecutora AyA-JBIC, 2015; Navarro, 2015).
- *Programa Nacional de Manejo Adecuado de las Aguas Residuales* (AyA, 2009).
- *Agua para consumo humano y disposición de excretas en Costa Rica: situación actual y expectativa* (Mora, 2003).

Resultados

Enfermedades infecciosas relacionadas con el contacto con excretas

Los factores que influyen en la transmisión de enfermedades mediante el contacto con excretas se resumen en el siguiente esquema:



Fuente: *Los servicios de agua potable y saneamiento en el umbral del siglo XXI* (Jouravlev, A, 2004).

- La carga excretada dependerá del estado de salud de la persona y del contenido de microbios patógenos en sus heces.
- La latencia, persistencia y multiplicación se refiere al tiempo que pueden sobrevivir los microorganismos patógenos, su resistencia al ambiente y su multiplicación en la excreta o el suelo.
- La dosis infecciosa dependerá del tipo de microorganismo; por ejemplo, los virus y bacterias necesitan una mayor dosis infecciosa que los protozoarios y helmintos.
- La enfermedad en el ser humano dependerá del estado de su aparato inmunológico y de la patogeneidad del microorganismo infectante.

Cuadro 1. Clasificación ambiental de las infecciones relacionadas con las excretas

Categoría	Característica epidemiológica	Infección	Vía dominante de transmisión	Principales medidas de control
Enfermedades fecal-orales no bacterianas	No latentes, baja dosis infecciosa.	Enterobiasis, Infecciones por enterovirus, Himenolepsiasis, Amibiasis, Giardiasis, Balantidiasis	Personal, doméstica	Abastecimiento doméstico de agua, educación sanitaria, mejora de viviendas, instalación de letrinas
Enfermedades fecal-orales bacterianas	No latentes, media o alta dosis infecciosa; moderadamente persistentes, sin huésped	Fiebre, tifoidea y paratifoidea, Salmonelosis, disentería, bacilar, cólera, diarrea por E. coli, enteritis por Campylobacter	Personal, doméstica, agua, alimentos	Abastecimiento doméstico de agua, educación sanitaria, mejora de viviendas, instalación de letrinas, tratamiento de las excretas antes de la disposición o reúso
Helmintos del suelo	Latentes, persistentes, sin huésped intermediario	Ascariasis, Tricuriasis y Anquilostomiasis	Jardín, campos y agricultura	Instalación de letrinas, tratamiento de excretas antes de la aplicación en el terreno

Continúa...

Categoría	Característica epidemiológica	Infección	Vía dominante de transmisión	Principales medidas de control
Teniasis	Latentes, persistentes, con huésped intermediario	Teniasis	Jardín, campos y pastizales	Instalación de letrinas, tratamiento de excretas antes de la aplicación en el terreno, cocción, inspección de la carne
Helmintos del agua	Latentes, persistentes, con huésped intermediario	Esquistosomiasis y otras enfermedades provocadas por helmintos	Agua	Instalación de letrinas, tratamiento de excretas antes de la disposición en el agua, control del reservorio animal
Enfermedades transmitidas por insectos	Insectos vectores relacionados con las excretas	Filariasis y todas las infecciones mencionadas en las categorías 1 a 5, en donde las moscas y las cucarachas pueden ser vectores	Varios lugares contaminados por heces, en donde se reproducen los insectos	Identificación y eliminación de los lugares adecuados para la reproducción

Fuente: Feachem et al. (1983a).

Concepto de Instalaciones de Saneamiento Mejoradas (ISM)

De conformidad con las metas establecidas en los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM), del Programa Conjunto de Monitoreo (PCM) de la UNICEF y la OMS, las ISM se definen de la siguiente manera:

a) Mejoradas

- Letrina de sifón con descarga.
- Una cloaca con tubería.
- Un tanque séptico.
- Letrina de pozo mejorada con ventilación.
- Letrina con pozo con loza.
- Retrete de compostaje.

b) No mejoradas

- Letrina con sifón que descarga en otra parte.
- Letrina de pozo sin losa/pozo abierto.
- Balde o cubo.
- Retrete colgante/letrina colgante.
- A cielo abierto.

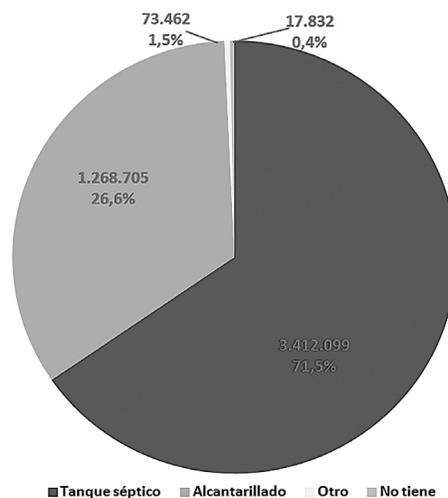
Cobertura de población con disposición de excretas

La cobertura de la población por zona urbana, rural y regiones de planificación en el año 2014 se presenta en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Costa Rica y regiones de planificación: población con servicio sanitario y tipo de disposición de excretas, 2014

Poblaciones	Conectado a tanque séptico	Conectado a alcantarillado o cloaca	Letrina y otros	No tienen
Total 4.772.098	3.412.099 (71,5%)	1.268.705 (26,6%)	73.462 (1,5%)	17.832 (0,4%)
Zona				
Urbana: 3.469.802	2.269.324 (65,4%)	1.175.479 (51,8%)	13.653 (0,4%)	11.346 (0,32%)
Rural : 1.302.296	1.142.775 (87,75)	93.226 (7,2%)	58.809 (5,14%)	6.486 (0,50%)
Región				
Central: 2.975.481	1.912.640 (64,3%)	1.041.467 (35%)	13.235 (0,46%)	8.139 (0,27%)
Chorotega: 359.371	301.137 (83,8%)	39.307 (10,9%)	17.552 (4,8%)	1.375 (0,4%)
P. Central: 275.483	214.698 (78,2%)	56.545 (20,6%)	3.658 (1,3%)	552 (0,2%)
Brunca: 356.519	317.730 (87,4%)	33.485 (9,4%)	10.365 (2,9%)	939 (0,26%)
H. Atlántica: 428.133	341.101 (79,8%)	69.258 (16,2%)	14.194 (3,3%)	3.580 (0,84%)
H. Norte:377.111	330.793 (87,6%)	28.643 (7,6%)	14.458 (3,8%)	3.217 (0,85%)

Fuente: Encuesta de Hogares 2014 y LNA.



Inventario de sistemas de tratamiento de aguas residuales

Se presenta el inventario del LNA, mediante el Área de Aguas Residuales, con los siguientes sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticos:

Cuadro 3. Sistemas de tratamiento de aguas residuales operados por el AyA

Sistemas periféricos de tratamiento de aguas residuales del AyA				
Lugar	Año de construcción	Características	Tipo	Cumple el decreto 33601-MINAE-S
Liberia	1974	Remodelada en 2011	Laguna facultativa	No
Cañas	1974	Separa aguas pluviales de residuales	Laguna facultativa	No
Nicoya	1974	En estudio	Laguna facultativa	No
Santa Cruz	1974	Con capacidad para recibir más agua	Laguna facultativa	Sí
San Isidro de Pérez Zeledón	1974	Dos plantas	Laguna facultativa	No
Boruca, Buenos Aires de Puntarenas	1980	Donada por Pindeco	Laguna facultativa	No
El Roble, Puntarenas	1974	La más grande del país	Lodos convencionales	No
Limón	2005	Con capacidad para cinco veces lo actual	Emisario submarino	Sí
Los Reyes, Alajuela	2005		Lodos activados	Sí
El Coyol, Alajuela			FAFA ¹	Sí
Santa Cecilia Puriscal		Filtro anaerobio*	RAFA ²	Sí
Bosques de Santa Ana	2000		RAFA	No
Bulevar Las Palmas	2003		Lodos activados con aireación ext.	Sí
Rincón Verde II	2001	Mejora al sistema electromecánico y sedimentador 2011-2012	Lodos activados aireación ext.	Sí
Monte Lindo	2003			Sí
André Chalé	2000	Rehabilitación del sistema 2011		Sí
Villa Verano de Alajuela				Sí
Lomas Pindeco				Sí
Lomas de Zurquí				No
Santa Isabel de Heredia	2010			No
Don Edwin-Guápiles				Sí

Fuente: Laboratorio Nacional de Aguas (2014).

1 FAFA: filtro anaerobio de flujo ascendente.

2 RAFA: reactor anaerobio de flujo ascendente.

*Santa Cecilia de Puriscal tiene un filtro biológico al final del tratamiento.

Cuadro 3A. Sistemas de tratamiento de aguas residuales operados por la Empresa de Servicios Públicos de Heredia (ESPH)

Sistemas operados por la ESPH				
Lugar	Año de construcción	Características	Tipo	Cumple el decreto 33601-MINAE-S
Los Lagos	1975	Carrusel	Lodos activados	Sí
La Aurora	1977	Remodelada	Lodos activados	Sí
Real Santamaría Este	2003	Remodelada	Lodos activados aireación ext.	Sí
Real Santamaría Oeste	2003		Lodos activados aireación ext.	Sí
Las Flores	1999	Utiliza lirios	Laguna de oxidación	No

Fuente: ESPH (2013).

Cuadro 3B. Sistemas de tratamiento operados por municipalidades y ASADAS

Lugar	Cantidad	Tipo
M. Belén	4	Anaerobias
M. Alajuela	10	Aerobi/anae
M. Flores	1	Aerobia
M. Cartago	5	Aerob/anae
M. Escazú	2	ND
A Lomas de Zurquí	1	Aerobia
A Paso de las Garzas	1	Aerobia
A Orosi, Cartago	1	Anaerobia
A Herediana, Siquirres	1	Aerobia
A Venecia Matina	1	Aerobia
A Cariblanco, Sarapiquí	1	Aerobia
A Horquetas, Sarapiquí	1	Anaerobia
A Limón 2000	1	Laguna est.
A Mora de Turrialba	1	Anaerobia
A Carmen Lyra, Turrialba	1	Anaerobia

Fuente: Elaboración propia con base en datos de Focard-APS (Ruiz, 2012).

En total, el número de sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticos en funcionamiento es de 58.

Remoción de DBO total y coliformes fecales en los sistemas de tratamiento

En el cuadro 3 se presenta la remoción de DBO total (mg/L) y CF/100 mL, en los sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticos operados por el AyA, en el periodo 2014.

Cuadro 4. Remoción de DBO total y Coliformes fecales en los sistemas de tratamiento operados por el AyA

Variables	Tipos de agua	Laguna Cañas	Laguna Liberia	Laguna Santa Cruz	Laguna Nicoya	Laguna Pérez Zeledón
DBO mg/L	Cruda	278	135	261	284	303
	Tratada	91	58	86	100	77
	% eficiencia	67%	57%	67%	65%	75%
Coliformes fecales 100mL	Cruda	56.362.604	41.968.360	9.110.785	13.684.248	13.379.234
	Tratada	67.585	229.638	155.483	1.282.430	304.510
	% eficiencia	100%	99%	98%	91%	98%
Variables	Tipos de agua	Sistema tratamiento El Roble de Puntarenas	Sistema tratamiento Bosques de Santa Ana	Sistema tratamiento Monte Lindo	Sistema tratamiento Rincón Verde	Sistema tratamiento André Chalé
DBO mg/L	Cruda	298	256	252	252	334
	Tratada	195	123	40*	22*	24*
	% eficiencia	35%	52%	84%	91%	93%
Coliformes fecales 100mL	Cruda	19.535.840	19.715.268	2.171.263	4.074.151	58.029.961
	Tratada	56.651.624	5.852.605	395.654	258.854	97.196
	% eficiencia	-190%	70%	82%	94%	100%
Variables	Tipos de agua	Sistema tratamiento Las Palmas Ciudad Colón	Sistema tratamiento Hacienda Los Reyes	Sistema tratamiento Villa Verano Alajuela	Sistema tratamiento Santa Cecilia Puriscal	Sistema tratamiento Boruca Buenos Aires
DBO mg/L	Cruda	199	166	176	360	321
	Tratada	23*	99	35*	86	103
	% eficiencia	88%	40%	65%	76%	68%
Coliformes fecales 100mL	Cruda	7.835.375	12.157.895	12.128.477	22.650.773	10.074.242
	Tratada	157.830	242.378	981.870	5.832.753	1.354.287
	% eficiencia	98%	80%	92%	74%	87%
Variables	Tipos de agua	Sistema tratamiento Lomas de Pindeco	Sistema tratamiento Lomas de Zurquí	Sistema tratamiento Santa Isabel Heredia	Sistema tratamiento Don Edwin Guápiles	----
DBO mg/L	Cruda	212	269	377	365	----
	Tratada	42*	81	57	30*	----
	%Eficiencia	80%	70%	85%	92%	----
Coliformes fecales 100mL	Cruda	18.342.218	8.958.243	13.000.000	32.832.910	----
	Tratada	16.773	3.124.127	2.400.000	269.444	----
	% eficiencia	100%	65%	82%	99%	----

Fuente: Área de Aguas Residuales-LNA.

Nota: *Cumple con la normativa de Costa Rica.

Cuadro 5. Caracterización de la calidad del agua marina en sitios cercanos a la descarga del emisario submarino - Limón. Sitio del desfogue del emisor submarino a tres profundidades diferentes. Muestra de agua compuesta integrada a partir de tres submuestras: fondo, medio y superficie.

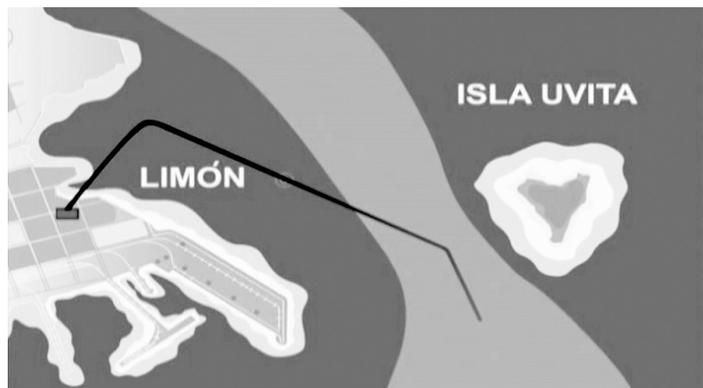
	12-feb.-14	30-jul.-14	25-set.-14	11-nov.-14
PARÁMETRO				
Material flotante	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Aspecto del agua	Clara	Oscura	Clara	Clara
Estado del tiempo	Soleado	Fresco	Soleado	Soleado
Hora de recolección	15:00	14:40	14:40	14:00
Temperatura ambiente, ° C	32,0	29,0	31,0	32,0
Temperatura agua, °C	28,5	28,2	29,7	29,6
Amonio, mg/L	0,11	0,20	0,12	0,29
COT, mg/L			4,34	
Color verdadero, U Pt/Co		31	9,0	3,0
Conductividad, US/cm	52400	51100	50300	51400
DBO Total,mg/L	3,0	3,0	1,7	1,9
DQO Total,mg/L	98	91	131	98
DQO Soluble,mg/L	44	80	117	91
Fósforo, mg/L	0,0	0,03	0,03	0,03
Nitratos, mg/L	1,0	6,3	1,3	6,5
Nitróg. Am., mg/L	0,10	0,16	0,09	0,22
Oxígeno disuelto real, mg/L	8,4	7,5	7,6	7,3
Oxígeno disuelto teórico, mg/L	7,83	7,83	7,56	7,56
Porcentaje Sat. de Oxígeno Dis.	107	96	101	97
pH	7,35	8,10	8,16	8,03
S. T. T, mg/L	43011	41273	47721	40710
S. S. T, mg/L	20	36	21	12
S. D. T, mg/L	42991	41237	47700	40698
S. S. S. mL/L/hr	0	0	0	0
Turbiedad, UNT		26	17	7,0
S.A.A.M., mg/L	0,260	0,200	0,043	0,170
Altura Secchi, metros				
Coliformes fecales, NMP/100mL	0	170		
Enterococos NMP/100mL	0	33		
CLASIFICACIÓN	1	1	1	1
SUMA DE PUNTOS	3	3	3	3
CÓDIGO DE COLOR	Azul	Azul	Azul	Azul

Continúa...

	12-feb.-14	30-jul.-14	25-set.-14	11-nov.-14
PARÁMETRO				
INTERPRETACIÓN DE CALIDAD	Sin	Sin	Sin	Sin
	contaminación	contaminación	contaminación	contaminación

Fuente: LNA: José Miguel Ramírez y Carmen Valiente.

Esquema del Emisario Submarino en Limón



Observaciones

Muestreo compuesto. Muestra integrada por volúmenes iguales de 1 litro, para un volumen final de 3 litros de muestra compuesta. El agua fue recolectada en el fondo a 17 m; en la parte media a 9 m y en la superficie a 10-15 cm y luego se mezcló.

Análisis comparativo o evolución de las coberturas de disposición de excretas en Costa Rica

En el siguiente gráfico se presenta el análisis comparativo o evolución de las coberturas, según el tipo de disposición de excretas en Costa Rica, periodo 2000-2014.

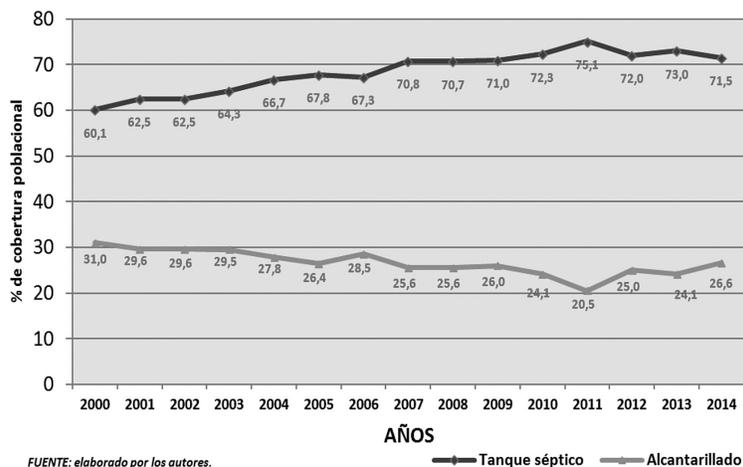


Figura 2. Análisis comparativo del uso de alcantarillado y tanques sépticos en Costa Rica: periodo 2000-2014

Expectativas de saneamiento para el año 2021

El Proyecto de Mejoramiento Ambiental del Área Metropolitana fue aprobado mediante la Ley 8559, con un préstamo del Banco Japonés para la Cooperación Internacional (JBIC). En marzo de 2007 se estableció la Unidad Ejecutora AyA-JBIC con su equipo profesional, para entender el problema de saneamiento urbano en 11 cantones de San José. El costo de la obra para la Etapa 1 asciende a US\$345 millones.

Con este proyecto, se estima que como resultado de la rehabilitación y extensión del alcantarillado sanitario y la construcción de la Planta de Tratamiento de Los Tajos, la población cubierta pasará de un 45% (700.000 habitantes) a un 65% (1.070.000 habitantes), lo que indica que a nivel nacional las aguas de alcantarillado sin tratamiento disminuirán de 20,1% a 0,5%. Por el contrario, las aguas residuales con tratamiento, por medio de la nueva planta, pasarán de 4,5% a 26,8%. Este proyecto deberá estar terminado en su primera etapa en el año 2018, y uno de sus principales objetivos es “sanear” la cuenca Virilla-Tárcoles (Contraloría General de la República, 2011). No obstante, el proyecto no contempla la disminución de los desechos sólidos, los cuales, junto con las aguas residuales, son las principales causas del deterioro de esta cuenca.

En razón de esto, el Programa Bandera Azul Ecológica (Comisión Nacional del Programa Bandera Azul Ecológica, 2013) ha establecido el proyecto denominado “Disminución de los Desechos de la Cuenca Virilla-Tárcoles: 2013-2000” (Comisión Nacional del Programa Bandera Azul Ecológica, 2012), con el propósito de hacer una transformación cultural para educar a la población y así erradicar la costumbre de depositar los desechos sólidos en los cauces de los ríos que conforman esta cuenca.

Analisis de resultados

Para efectos prácticos, el análisis de los resultados se realiza en el mismo orden de aparición de los objetivos específicos.

Infecciones e infestaciones relacionados con las excretas

A través de la historia de la humanidad, el contacto con las excretas, o material fecal, ha sido la principal fuente de contagio de enfermedades infecciosas. Los factores involucrados con la transmisión de las diferentes patologías son la carga de excretas, la latencia, persistencia y multiplicación de los virus, bacterias, protozoarios y otros tipos de parásitos como los helmintos; además, depende de la dosis infecciosa y de las costumbres y fortaleza del aparato inmunológico de cada ser humano. Lógicamente, estos mismos aspectos participan en la transmisión de enfermedades entre los animales, el ser humano y los animales y viceversa.

En la transmisión de estas enfermedades vinculadas con las excretas entran en juego varios mecanismos de propagación, como el fecal-oral, el hídrico, el contacto con el suelo y con insectos. En razón del impacto de estas enfermedades infecciosas en el desarrollo de la humanidad, el manejo, tratamiento y disposición adecuada de las excretas ha sido un determinante esencial de la salud pública en las diferentes culturas del mundo, y sin lugar a dudas lo es o será en otros seres vivientes del planeta.

Mecanismos de disposición de excretas

La UNICEF y la OMS, con el propósito de medir los avances de los ODM en los diferentes países del mundo, estableció el concepto de “Instalaciones de Saneamiento Mejoradas”, brindando el mismo peso a la disposición de las excretas, o aguas residuales domésticas, por alcantarillado con tratamiento, alcantarillado sin tratamiento o cloacas, tanques sépticos y los diferentes

tipos de letrinas (de pozo mejorada con ventilación, con loza y al retrete de compostaje). Evidentemente, estos mecanismos permiten alejar la materia fecal de los hogares o viviendas, pero son muy desiguales para medir el desarrollo de los pueblos o las naciones.

Cobertura de la población con disposición de excretas

Los resultados de las coberturas por regiones de planificación, zona urbana o rural y la totalidad del país en saneamiento o DE, resumidos en el Cuadro 2, indican que:

- De los 4.772.098 habitantes de Costa Rica, en el año 2014, 3.412.099 tenían tanque séptico para disponer o tratar sus aguas residuales domésticas, lo que equivale al 71,5%. Además 1.268.705 personas evacuaron sus excretas por medio de alcantarillado sanitario o cloacas, para un 26,6%. Un 1,5% de la población utilizó letrinas o excusado de hueco (73.462 habitantes) y 17.832 habitantes no contaban con ninguno de estos tres mecanismos, es decir, el 0,4% utiliza el antiguo mecanismo de disponer sus excretas a cielo abierto. Estos datos se visualizan en la Figura 1, mediante un gráfico de pastel.
- En el área urbana, el 65,4% usaba tanque séptico, en comparación con el 87,5% en el área rural; con respecto al uso de alcantarillado, el 51,8% se concentra en el área rural. El uso de letrinas se ubica en un 5,14% en el área rural y un 0,4% en la urbana. En el caso de la población que no tiene ningún servicio sanitario, llama la atención que 11.364 personas del área urbana (0,32%) no cuentan con mecanismos adecuados de DE, contra 6.486 personas (0,50%) en el área rural.
- La distribución de estos mecanismos de DE, en las seis regiones de planificación del país, demuestra que:
 - La Región Central es la que presenta más uso de alcantarillado o cloacas, con un 35%. Además, como es lógico, utiliza menos el tanque séptico, para un 64,3%.
 - Las regiones con más uso de tanque séptico son la Huetar Norte y la Brunca, con 87,6% y 87,4%, respectivamente. Estas mismas regiones son también las que más utilizan el mecanismo “Cielo abierto”, con 0,85% y 0,84%, respectivamente.
 - Si aplicamos el concepto de “Instalaciones de Saneamiento Mejoradas” de la UNICEF y la OMS, paradójicamente Costa Rica se muestra como un país de avanzada en saneamiento, con un total estimado de 4.754.266 habitantes, o el 99,6% con DE por alcantarillado, tanques sépticos o letrinas.

Sistemas de tratamiento de aguas residuales en Costa Rica

Inventario de sistemas convencionales

El LNA ha inventariado la eficiencia de seis lagunas de estabilización en Cañas, Liberia, Santa Cruz, Nicoya, Pérez Zeledón y Las Flores de Heredia, pertenecientes a AyA y la ESPH; además, 18 plantas de tratamiento, en su mayoría de lodos activados. Mención aparte merece la identificación y evaluación del único emisario submarino de Centroamérica, ubicado en la ciudad de Limón, inaugurado el 31 de octubre de 2004, con un costo total de US\$3.969.452,59. Por otro lado, aunque muchas personas no lo identifican como un sistema de tratamiento, los tanques sépticos usados por el 71,5% de la población son un sistema de tratamiento primario con una remoción de entre 30% y 40% de materia orgánica. Además, otros entes operadores, como los municipios y ASADAS tienen a su cargo 32 plantas de tratamiento.

Eficiencia de la remoción de materia orgánica de los sistemas de tratamiento inventariados y evaluados

Lagunas de estabilización del AyA

Los análisis y resultados promedios de las cinco lagunas de estabilización, cuatro de ellas ubicadas en Guanacaste y una en Pérez Zeledón, utilizando solo dos parámetros del Reglamento de Vertidos y Reúso de Aguas Residuales (Poder Ejecutivo, Costa Rica, 2007), Demanda Bioquímica de Oxígeno Total (BDO mg/L) y el número más probable de Coliformes fecales/100 mL (CF/100 mL) demuestran que:

- Ninguna laguna de estabilización, excepto Santa Cruz cumple con el valor máximo permitido de 50 mg/L, oscilando entre 58 mg/L en Liberia y 100 mg/L de DBO total en Nicoya. Con respecto a la remoción de CF/100 mL, entre el agua cruda y tratada, los datos promedios van del 91% al 100%. Sin embargo, el efluente que menos descarga CF/100 mL al cuerpo receptor es la laguna de Cañas, con 67.585 de promedio de CF/100 mL, y la que más descarga es la laguna de Nicoya, con un promedio de 1.282.430 CF/100 mL.
- En el caso de los sistemas de tratamiento convencional de los otros 18 sistemas evaluados, los resultados promedio de DBO total en el agua tratada indican que 14 cumplen con el valor máximo permitido de 50 mg/L de DBO total. Dichos sistemas son Los Reyes, El Coyol y Villa Verano de Alajuela, Santa Cecilia de Puriscal, Boulevard Las Palamas, Rincón Verde II, Monte Lindo, André Chalé, Lomas de Pindeco, Don Edwin de Guápiles, Los Lagos, La Aurora, Real Santamaría Este y Real Santamaría Oeste de Heredia.

Con respecto a la descarga de CF/100 mL en las aguas tratadas, es importante anotar lo siguiente:

- a) La planta de El Roble de Puntarenas tiene un promedio de CF/100 mL de 56.651.624/100 mL en la descarga que va al estero de Puntarenas, con un porcentaje de eficiencia de -190%; es decir, tiene mucho más contaminación fecal el efluente que la entrada de agua cruda de la planta.
- b) Las plantas que menos descargan CF/100 mL son Lomas de Pindeco, con 100% de remoción con 16.773 CF/100 mL; André Chalé, con 100% de remoción con 97.196 CF/100 mL; las Palmas (98% de eficiencia) y 157.830 CF/100 mL; Don Edwin, con un promedio de CF/100 mL de 259.444 y Hacienda Los Reyes, con 242.379 CF/100 mL. Las restantes plantas descargan entre 981.870 CF/100 mL a 56.651.624 CF/100 mL.
- c) En el caso de la eficiencia del Emisario Submarino de Limón, se observa una gran disminución en los 32 parámetros estudiados (ver cuadro 4).

Con respecto a los sistemas de tratamiento a cargo de otros entes operadores, cuatro de los cinco sistemas a cargo de la ESPH funcionaban adecuadamente en el año 2012. No se conoce la eficiencia de los sistemas a cargo de los municipios y ASADAS.

Evolución de las coberturas de disposición de excretas: 2000-2014

El saneamiento o disposición adecuada de excretas mediante alcantarillado y tanques sépticos en el periodo 2000-2014 en Costa Rica se ha fundamentado en el uso de tanques sépticos, evolucionando de un 60,1% en el año 2000 a 75,1% en 2011, para luego bajar levemente al 71,5% en 2014. Por otro lado, el uso de alcantarillado o cloaca alcanzó el 31,0% en el año 2000, para disminuir a 20,5% en el 2011 y aumentar nuevamente a 26,6% en el 2014. Este

comportamiento se fundamenta en la implementación de pequeños sistemas de tratamiento en el Valle Central, la Región Brunca y Guápiles y algunas urbanizaciones.

Expectativas de saneamiento hacia el año 2021 en Costa Rica

El Proyecto de Mejoramiento Ambiental de San José tiene como propósito “mejorar” la salud ambiental de 11 cantones del Área Metropolitana, mediante la rehabilitación de aproximadamente 400 km de construcción de alcantarillado sanitario, y de una planta de tratamiento de lodos activados denominada “Los Tajos”, que estará ubicada en La Uruca. La ejecución de la Etapa 1 de este proyecto permitirá aumentar de 22% a 28% en el tratamiento colectivo de aguas residuales en el año 2019. Por otro lado, con este y otros proyectos menores de alcantarillado sanitario en algunas zonas costeras (Jacó, Limón, Cieneguita y Puntarenas), se estima que la cobertura de la población con alcantarillado podría incrementarse al 53%, mientras que el uso de tanques sépticos disminuiría de 71,5% en 2014 a 48% en 2021.

Conclusiones y recomendaciones

Los resultados obtenidos en las coberturas de DE en el año 2014, el análisis de la evolución en los últimos 15 años y las expectativas al año 2021 nos permiten hacer las siguientes conclusiones y recomendaciones.

Conclusiones

El uso del servicio sanitario y la disposición adecuada de excretas, aunado a la higiene y el lavado de manos, evitan la transmisión de enfermedades infecciosas vinculadas al contacto con excretas.

La UNICEF y la OMS, con el objetivo de medir los avances de los países en la Meta 7b de los ODM (1990-2015), establecieron el concepto de “Instalaciones de Saneamiento Mejoradas”, en donde equivocadamente le dan el mismo peso al uso de alcantarillado con tratamiento, alcantarillado sin tratamiento o cloacas, al tanque séptico y a las letrinas. Esto impide medir el verdadero avance en el tratamiento y la adecuada DE en las naciones del mundo.

Los datos aportados por la Encuesta de Hogares del INEC indican que de 4.772.098 habitantes, 3.412.099 utilizaron el tanque séptico en el año 2014 (71,5%), 1.268.705 usaron alcantarillado (26,6%), 1,5% utilizan letrinas y 17.832 habitantes no tenían servicio sanitario o utilizaron la DE a cielo abierto.

El tanque séptico presentó mayor cobertura en la población rural (87,5%), con respecto a la urbana (65,4%). Las regiones con mayor uso de tanque séptico son la Huetar y la Brunca, con 87,6% y 87,4%, respectivamente; estas mismas regiones son también las más que más usan el mecanismo a cielo abierto, con 0,85% y 0,84%, respectivamente.

El inventario de los sistemas de tratamiento controlados por el AyA suma 21, de los cuales cinco son lagunas de estabilización, 15 plantas de tratamiento y el emisario submarino ubicado en la ciudad de Limón, además de los que son operados por la EPSH y las municipalidades y ASADAS, para un total de 58 sistemas.

Del total de sistemas de tratamiento evaluados por el LNA, cinco lagunas no cumplen con el Reglamento de Vertidos y Reúso de Aguas Residuales,⁽²⁴⁾ al menos en el parámetro de DBO total de 50 mg/L en la salida de las plantas. En cuanto al tratamiento convencional, 10 de las 14 plantas (71%) cumplen con la legislación vigente. El emisario submarino ha sido muy eficiente en la remoción de la materia orgánica y los CF/100 mL en su zona de influencia. Los datos de la ESPH indican que cuatro de los sistemas cumplen con la reglamentación. Con respecto a los

32 sistemas a cargo de los municipios y las ASADAS, no se tienen datos de sus eficiencias de remoción de materia orgánica e inorgánica.

La evolución de las coberturas de DE en el periodo 2000-2014 demuestra un favorecimiento de los tanques sépticos de entre 69% y 71,5%, alcanzando su uso máximo en 2011 con el 75,1%. El uso de alcantarillado ha oscilado entre 31,0% y 26,6% en el periodo 2000-2014.

El análisis de la expectativa de los proyectos de alcantarillado sanitario con tratamiento para los años 2015 a 2021 permite estimar que el país podría alcanzar entre un 22% a 28% de tratamiento de las aguas residuales para 2019, siempre y cuando se concluya la Etapa 1 del Proyecto de Mejoramiento Ambiental de San José, que se encuentra en ejecución. Junto a esto, la construcción de otros proyectos en zonas costeras permitiría alcanzar un 53% de cobertura de DE por alcantarillado y una disminución de la cobertura de la población con tanque séptico al 48% en el año 2021.

Recomendaciones

El AyA, la ESPH y las 81 municipalidades del país deben trabajar en la transformación cultural de la población, para erradicar la mala costumbre de depositar todos los desechos sólidos en las cuencas de los ríos. De no ser así, por ejemplo, el esfuerzo del proyecto de mejoramiento ambiental de San José, con la rehabilitación del alcantarillado y la planta de tratamiento de lodos activados, se verá opacado, debido a la presencia permanente de basura o todo tipo de desechos.

Además de la recomendación anterior, se debe fortalecer el proyecto de reducción de los desechos en la cuenca Virilla-Tárcoles, promovida por el Programa Bandera Azul Ecológica, para el periodo 2013-2100.

El AyA, como entidad rectora en agua potable y saneamiento, debe actualizar y poner en práctica el Programa Nacional de Manejo Adecuado de las Aguas Residuales, con sus ocho componentes, distribuidos en subprogramas, proyectos, acciones y metas.

El AyA, el Ministerio de Salud y otras entidades de gobierno deben concretizar la política de saneamiento para los próximos años.

Bibliografía

- Araya, Á.; Barboza, R.; Ramírez, W; Rodríguez, A. (2009). *Informe técnico sobre la inspección tramo fecal del Emisario de Limón*. San José, Costa Rica; Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados.
- Araya, D.; Araya, Á.; Trejos, S. (2003). *Estudio sobre la situación de las Aguas Residuales de tipo ordinario en Costa Rica*. San José, Costa Rica; OPS/OMS y AyA.
- Artman, K; Chadwick, E. (2015). *Cholera and the Thames*. Disponible en: www.choleraandthethames.co.uk>Edwin
- Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA). (2009). *Programa Nacional de Manejo Adecuado de Aguas Residuales*. San José, Costa Rica; AyA.
- Baltazar, J; Solon, F. (1989). *Disposal of faeces o children under two years old and diarrhea*. Heller, L. (1997). Tomado de: Saneamiento y Salud. (1997). Brasil: Organización Panamericana de la Salud (OPS)/Organización Mundial de la Salud (OMS). 18 (4) (supp.2), 16-19.
- Comisión Nacional del Programa Bandera Azul Ecológica. (2012). *Proyecto de Disminución de los Desechos en la Cuenca Virilla-Tárcoles*. Laboratorio Nacional de Aguas. Tres Ríos, La Unión, Cartago, Costa Rica.
- Comisión Nacional del Programa Bandera Azul Ecológica. (2013). *Plan Estratégico 2013-2017*. Garabito, Puntarenas, Costa Rica.
- Contraloría General de la República. (2011). *DFOE-AE-IF-10. Proyecto de Mejoramiento Ambiental del Área Metropolitana de San José, Costa Rica*. Disponible en www.asamblea.go.cr>DFOE-AE-IF-10...



- Heller, L. (1997). *Saneamiento y Salud*. (1997). Brasil: Organización Panamericana de la Salud (OPS)/Organización Mundial de la Salud (OMS).
- Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). (2001). *Censo Nacional de Población y Vivienda 2000*. Disponible en [es.m.wikipedia.org>wiki>censo_costar](http://es.m.wikipedia.org/wiki/censo_costar)
- Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). (2012). *Censo Nacional de Población y Vivienda 2011*. San José, Costa Rica. Disponible en [es.m.wikipedia.org>wiki>censo_costar](http://es.m.wikipedia.org/wiki/censo_costar)
- Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). (2014). Encuesta Nacional de Hogares 2013. San José, Costa Rica; INEC.
- Jouravlev, A. (2004). *Los servicios de agua potable y saneamiento en el umbral del siglo XXI*. Documento en línea: <http://google.co.cr/bitstream/handle/11362>. Santiago de Chile; Naciones Unidas/CEPAL; junio, 2004.
- Llopie, P.; Tynan, N. (2011). *La historia del Saneamiento*. Disponible en www.ungarbi-eu...>Drenaje Sostenible.
- Mora, D. (1992). *Evolución y Expectativas de la contaminación de la cuenca Virilla-Tárcoles*. *Revista Costarricense de Salud Pública*, (2), 18-23.
- Mora, D. (2003). *Agua para Consumo Humano y disposición de Excretas en Costa Rica: situación actual y expectativa*. *Tecnología en Marcha*, 16(3), 61-76.
- Mora, D. (2005). *Saneamiento, Educación y Salud*. San José: Editorama.
- Mora, D. (2009). *Situación actual del agua para consumo humano y aguas residuales en Costa Rica- 1991*. *Revista Biocenosis*, 2, 74-80.
- Unidad Ejecutora AyA JBIC y Navarro, J. (2015). *Panorama del Proyecto Mejoramiento Ambiental del Área Metropolitana de San José*. Disponible en Busde.plaho.org>aya>navarro. San José, Costa Rica.
- Pickover, C. (2012). *El Libro de la Medicina*. Madrid: Ilus Books. S.L. ISBN 978-90 8998-209-3.
- Poder Ejecutivo, Costa Rica. (1997). Designación del Laboratorio Central de AyA como Laboratorio Nacional de Aguas. *La Gaceta* N°100. Decreto Ejecutivo 26066-S.
- Poder Ejecutivo, Costa Rica. (2007). Reglamento de Vertido y Reúso de Aguas Residuales. *La Gaceta* N°55. Decreto Ejecutivo N°33601 Minae-S.
- Programa Estado de La Nación. (2013). 19 *Informe Estado de La Nación en Desarrollo Humano Sostenible*. San José, Costa Rica; Programa Estado de la Nación.
- Ramírez, J. & Valiente, C. (2015). *Informe Anual de Aguas Residuales*. Laboratorio Nacional de Aguas. Tres Ríos, La Unión, Cartago.
- Reynolds, K. (2015). *Tratamiento de Aguas Residuales en Latinoamérica*. Disponible en www.agualatinoamerica.com
- Ruiz, F. (2012). *Gestión de las Excretas y Aguas Residuales en Costa Rica. Situación y Perspectiva*. San José: FOCARDS y Cooperación COSUDE.
- Fondo de las Naciones Unidas por la Infancia (UNICEF)/Organización Mundial de la Salud (OMS) (2006). *Progreso para la Infancia: un balance sobre agua y saneamiento*. New York, USA.
- Unidad Ejecutora AyA-JBIC. (2015). *Proyecto de mejoramiento ambiental del Área Metropolitana tiene 10% de avance*. San José: Noticias Teletica Canal 7. Disponible en www.teletica.com>noticias.