

INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS

LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS



INFORME SOBRE LA COBERTURA DE LA DISPOSICIÓN DE EXCRETAS EN COSTA RICA PERIODO 2000 AL 2014 Y LAS EXPECTATIVAS AL 2021

PREPARADO POR: Dr. Darner Mora Alvarado
Lic. Carlos Felipe Portugal

Mayo, 2015



**Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Centro de Documentación e Información
UEN Investigación y Desarrollo**



**AUTORIZACIÓN INSTITUCIONAL PARA PUBLICAR TESIS, ESTUDIOS,
ARTÍCULOS Y/O INFORMES PROPIEDAD INTELECTUAL DE AyA EN
EL REPOSITORIO DIGITAL DEL CEDI**

Yo, Annette Henchoz Castro

N° Cédula: 1-0725-0409

Dependencia: Gerencia General

Autorizo como Sub Gerente General y representante legal del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA) cédula jurídica 4-000-042138 al Centro de Documentación e Información (CEDI) de la UEN Investigación y Desarrollo la inclusión, publicación y difusión en su Repositorio Digital, Catálogo en línea (OPAC) y la intranet institucional de la documentación incluida en la lista adjunta.

Se trata de estudios y documentos cuyos derechos intelectuales y de uso son exclusivos de nuestra institución.

E-mail: centrodoc@aya.go.cr **N° Teléfono:** 2242-5487

Annette
Henchoz Castro

Firmado digitalmente por
Annette Henchoz Castro
Fecha: 2019.11.25 16:07:20
-06'00'

Firma: _____

INFORME SOBRE LA COBERTURA DE LA DISPOSICIÓN DE EXCRETAS EN COSTA RICA PERIODO 2000 AL 2014 Y LAS EXPECTATIVAS AL 2021

*Darner A. Mora Alvarado
Carlos F. Portuguez Barquero*

RESUMEN

Objetivo: 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 como alcantarillado, tanque séptico, letrinas y otros, aunado al inventario de los sistemas de tratamiento existentes y la 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 al año 2021.

Metodología: para cumplir con el objetivo del estudio se aplicaron los siguientes pasos; primero se analizaron las enfermedades vinculadas por el 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 (LNA), en el mismo año 2014; quinto, se realizó un análisis de la evolución de las coberturas de DE en los diferentes mecanismos de evacuación, durante el periodo 2000 al 2014; por último, como sexto punto, se establecieron las expectativas de DE por alcantarillado y tanques sépticos al año 2021.

Resultados: se realizó un resumen de los factores vinculados en la transmisión de enfermedades infecciosas, transmitidas a los seres humanos por contacto con las 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 57 sistemas de tratamiento convencionales de aguas residuales (incluido el emisario submarino de Limón). Se determinaron las eficiencias de remoción de DBO total (mg/L) y CF/100 mL, comprobándose que ninguna de las 5 lagunas de estabilización cumple con el valor permitido de 50 mg/L en los efluentes tratados. En el caso de los 14 sistemas de tratamiento de lodos activados, en su mayoría (57%) cumplieron con el valor permitido de DBO total establecido en la normativa nacional en el 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 2000 al 2014, demuestra un incremento en el uso de tanques sépticos en detrimento del uso de alcantarillado, entre los años 2000 y 2011; no obstante, a partir del 2012, se observa una leve reversión, y en el 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 un 22% y 25% de población con DE tratadas, y de un 50% a 53% en el uso de alcantarillado. Este avance permitirá disminuir el uso de los tanques sépticos a un 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 de DE mediante alcantarillado, tanques sépticos y letrinas, lo cual 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.

INFORME SOBRE LA COBERTURA DE LA DISPOSICIÓN DE EXCRETAS EN COSTA RICA PERIODO 2000 AL 2014 Y LAS EXPECTATIVAS AL 2021

1. INTRODUCCIÓN

Los seres humanos han utilizado 5 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, realizaban 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” ⁽¹⁾. En razón de esto surgieron cuatro mecanismos, a saber, fosas sépticas o letrinas, tanques sépticos, alcantarillado (sin tratamiento o cloacas) ⁽²⁾ y alcantarillado sanitario (AS). Estos últimos tienen en común el uso del inodoro, el cual 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” ⁽³⁾; sin embargo, los mismos fueron clausurados debido a que 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 París 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 ⁽⁴⁾. En esta época se incrementaron las mejoras en los servicios de agua y alcantarillado, pero fue hasta principios del siglo XX en donde se fomentó la recolección de aguas residuales domésticas o excretas y el tratamiento, antes de descargarlas en un cuerpo receptor (río, quebrada o mar) ⁽⁵⁾.

En Costa Rica, las primeras obras de alcantarillado se inauguraron en la capital en 1911, y posteriormente se construyeron en las ciudades de Alajuela, Heredia y Cartago, a principios de la década de 1940 ⁽⁶⁾. Luego, se construyó el sistema de tratamiento mediante lagunas de estabilización en Cañas (1959). Lamentablemente, las plantas de tratamiento del Valle Central fueron abandonadas a partir de 1963 ⁽⁷⁾, aumentando así la contaminación orgánica de los ríos de la Cuenca Virilla-Tárcoles (Cuenca 24). Dichosamente, gracias al convenio entre el Gobierno y el AyA (1972-1975), se logró construir lagunas facultativas en las ciudades de Liberia, San Isidro de Pérez Zeledón, Nicoya y Santa Cruz, y en el año 2004 se inauguró el Emisario Submarino de Limón ⁽⁸⁾. Pero aún con estas obras Costa Rica ocupa uno de los últimos lugares en el tratamiento con sistemas convencionales en América Latina ⁽⁹⁾. De acuerdo con el Programa Conjunto de Monitoreo de la UNICEF y la OMS, con el concepto “Instrumento 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 ⁽¹⁰⁾.

El Laboratorio Central del AyA, hoy Laboratorio Nacional de Aguas mediante el Decreto Ejecutivo 26066-S ⁽¹¹⁾, elabora informes anuales de calidad del agua para consumo humano y disposición de excretas desde el año 1991⁽¹²⁾. Sin embargo en este año, con los datos al 2014, hemos decidido 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 ^(13,14). En razón de esto, el presente informe se enfoca en la evaluación y evolución de las coberturas en la DAE desde el año 2000 al 2014, mediante los mecanismos de alcantarillado sanitario, alcantarillado sin tratamiento, tanques sépticos (TS) y letrinas o fosas sépticas (escusado de hueco), en Costa Rica, en los últimos 15 años (2000 al 2014).

2. OBJETIVOS

2.1. 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 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 al año 2021.

2.2. Específicos

- Describir la clasificación de las infecciones relacionadas por el 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 Laboratorio Nacional de Aguas en el año 2014.
- Realizar y analizar comparativos de las coberturas de DE o ISM (Alcantarillado, tanques sépticos, letrinas y otros), en el periodo 2000 al 2014 en Costa Rica).
- Establecer las expectativas de cobertura por alcantarillado, tanques sépticos y letrinas, con la implementación del proyecto de “Mejoramiento Ambiental de San José, al año 2021”.

3. METODOLOGÍA

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

3.1. Enfermedades vinculadas por contacto con las excretas

La identificación de las enfermedades vinculadas por el 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 Darner, publicado en el año 2005.

3.2. Concepto de Instalaciones de Saneamiento Mejoradas

La descripción del concepto de ISM se definió por la UNICEF y la OMS, en el documento “Progreso para la Infancia: un balance sobre Agua y Saneamiento” (UNICEF, 2006).

3.3. 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. ⁽¹⁵⁾

3.4. 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 Informe del Estudio de la Nación del 2013. ⁽¹⁶⁾

La identificación de los sistemas de tratamiento de aguas residuales, cubiertas por el Laboratorio Nacional de Aguas, 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, recomendamos utilizar el Informe Anual de Aguas Residuales del 2014 del Laboratorio Nacional de Aguas. ⁽¹⁷⁾

3.5. 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, en el periodo 2000-2014, se elaboró con los datos de las encuestas de hogares anuales del periodo y los censos 2000 y 2011. ^(18,19)

3.6. Expectativas de Saneamiento al año 2021

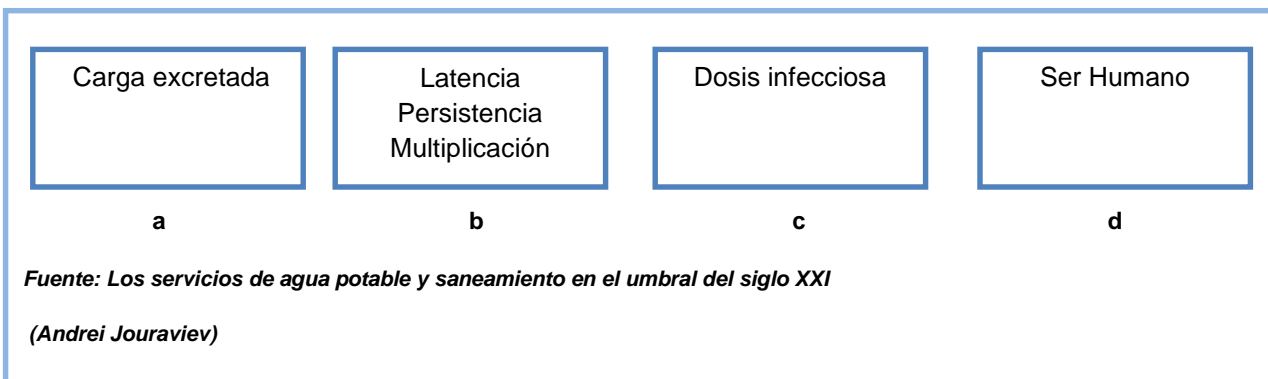
Las expectativas de DE al año 2021 se establecieron con los siguientes documentos:

- Proyecto de Mejoramiento Ambiental de San José. ^(20, 21)
- Programa Nacional de Manejo Adecuado de las Aguas Residuales. ⁽²²⁾
- Agua para consumo humano y disposición de excretas en Costa Rica: situación actual y expectativa. ⁽²³⁾

4. RESULTADOS

4.1. Enfermedades infecciosas relacionadas por el contacto con excretas

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



- a) La carga excretada dependerá del estado de salud de la persona y del contenido de microbios patógenos en sus heces.
- b) 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.
- c) La dosis infecciosa dependerá del tipo de microorganismo; por ejemplo, los virus y bacterias necesitan una mayor dosis infecciosa que los protozoarios y helmintos.
- d) 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 infecciones relacionadas con las excretas

Categoría	Característica epidemiológica	Infección	Vía dominante de transmisión	Principales medidas de control
1. 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
2. Enfermedades fecal-orales bacterianas	No latentes, media o alta dosis infecciosa, Moderadamente persistentes, sin	Fiebre, tifoidea y paratifoidea, Salmonelosis, disentería, bacilar, cólera, diarrea por	Personal, doméstica, agua, alimentos	Abastecimiento doméstico de agua, educación sanitaria, mejora de viviendas, instalación de letrinas, tratamiento de las

	huésped	E.coli, enteritis por Campylobacter		excretas antes de la disposición o reúso
3. Helminthos 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
4. Teniasis	Latentes, persistentes, con huésped intermediario	Teniasis	Jardin, campos y pastizales	Instalación de letrinas, tratamiento de excretas antes de la aplicación en el terreno, cocción, inspección de la carne
5. Helminthos del agua	Latentes, persistentes, con huésped intermediario	Esquistosomiasis y otras enfermedades provocadas por helminthos	Agua	Instalación de letrinas, tratamiento de excretas antes de la disposición en el agua, control del reservorio animal
6. 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)

4.2. Concepto de Instalaciones de Saneamiento Mejoradas

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, los “ISM”, se definen de la siguiente manera:

a) Mejoradas

Letrina con sifón con descarga en:

- 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.

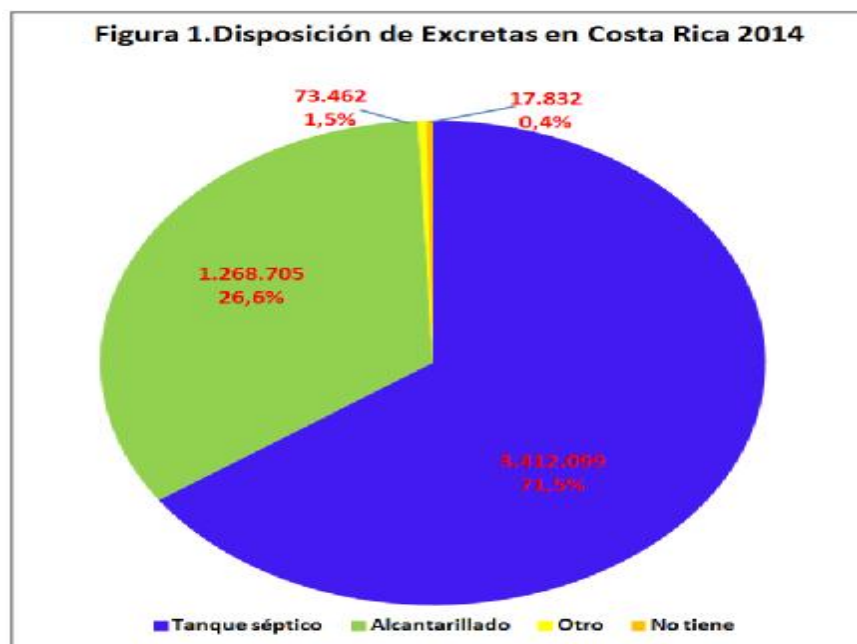
4.3. Cobertura de población con Disposición de Excretas

La cobertura de población por país, zona urbana, rural y regiones de planificación de Costa Rica en el año 2014, se presenta en el cuadro 2.

Cuadro 2. Costa Rica y Regiones de Planificación: población con servicio sanitario y tipos 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



4.4. Inventario de Sistemas de tratamiento de Aguas Residuales

4.4.1. Se presenta el inventario del Laboratorio Nacional de Aguas, 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 Agua Residual de AyA				
Lugar	Año de construcción	Características	Tipo	Cumple el decreto 33601-MINAE-S
Liberia	1974	Remodelada en el 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	Si
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	Si
Los Reyes, Alajuela	2005		Lodos activados	Si
El Coyol, Alajuela			FAFA ¹	Si
Santa Cecilia Puriscal		Filtro anaerobio*	RAFA ²	Si
Bosques de Santa Ana	2000		RAFA	No
Bulevar Las Palmas	2003		Lodos activados con aireación ext.	Si
Rincón Verde II	2001	Mejora al sistema electromecánico y sedimentador 2011-2012	Lodos activados aireación ext.	Si
Monte Lindo	2003			Si
André Chalé	2000	Rehabilitación del sistema 2011		Si
Villa Verano de Alajuela				Si
Lomas Pindeco				Si
Lomas de Zurquí				No
Santa Isabel de Heredia	2010			No
Don Edwin-Guápiles				Si

Fuente: Laboratorio Nacional de Aguas, 2014.

¹FAFA: es filtro anaerobio de flujo ascendente.

² RAFA es reactor anaerobio de flujo ascendente.

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

Cuadro 3 A. Sistemas de tratamiento de aguas residuales operados por la ESPH

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

Fuente. ESPH, 2013

Cuadro 3 B. 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 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, 2012. ⁽²⁴⁾

En total, el número de sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticos en funcionamiento es de 57.

4.4.2. Remoción de DBO total y Coliformes fecales en los sistemas de tratamiento

En el cuadro 4 se presenta la remoción de DBO total (mg/L) y Coliformes fecales/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 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

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 3 submuestras: fondo, medio y superficie				
PARÁMETRO	12-feb-14	30-jul-14	25-sep-14	11-nov-14
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
INTERPRETACIÓN DE CALIDAD	Sin contaminación	Sin contaminación	Sin contaminación	Sin contaminación

Fuente. LNA: José Miguel Ramírez y Carmen Valiente

Esquema del Emisario Submarino en Limón



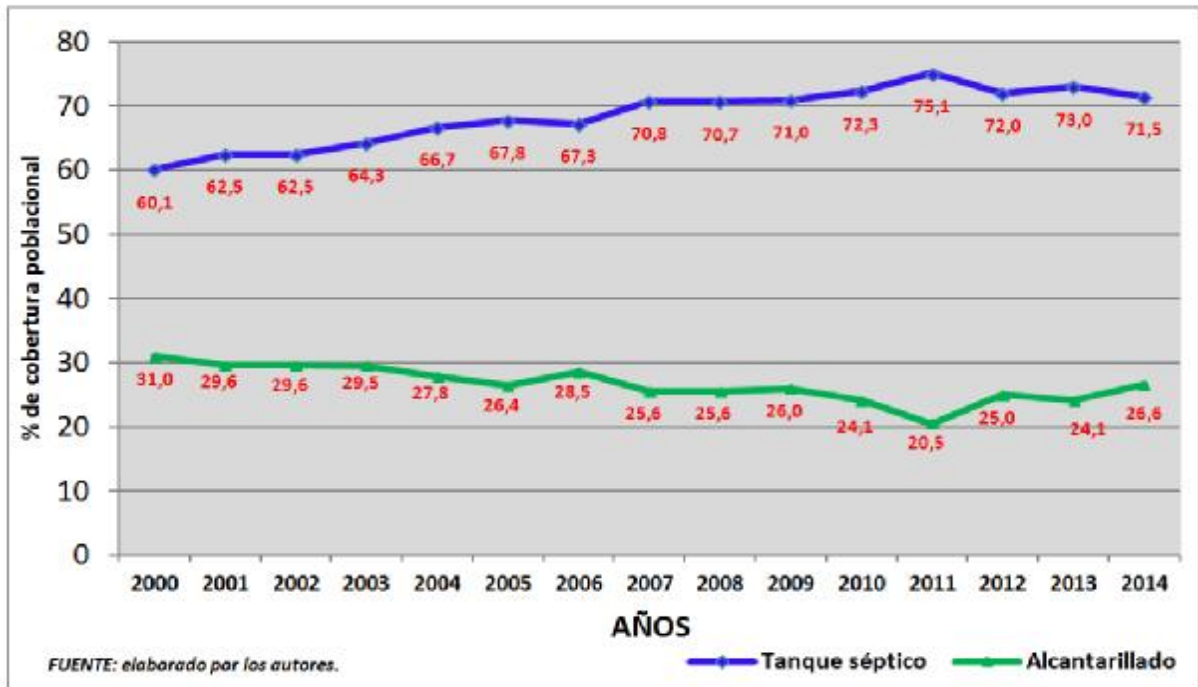
OBSERVACIONES:

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.

4.5. 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 al 2014.

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



4.6. Expectativas de saneamiento al año 2021

El “Proyecto de Mejoramiento Ambiental del Área Metropolitana”, fue aprobado mediante la Ley 8559, con un préstamo del Banco Japonés para Cooperación Internacional (JBIC). En marzo del 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 I Etapa asciende a \$345 millones de dólares.

Con este proyecto, se estima que con 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 disminuirá de un 20,1% a un 0,5%. Por el contrario las aguas residuales con tratamiento, por medio de la nueva planta, pasará de un 4,5% a un 26,8%. Este proyecto deberá estar terminado en su primera etapa en el año 2019, y uno de sus principales objetivos es “sanear” la cuenca Virilla-Tárcoles. ⁽²⁵⁾ 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 ⁽²⁶⁾ ha establecido el proyecto denominado “Disminución de los Desechos de la Cuenca Virilla-Tárcoles: 2013-2100”. ⁽²⁷⁾, con el propósito de hacer una transformación cultural, para educar a la población, y así evitar la costumbre de depositar los desechos sólidos en los cauces de los ríos que conforman esta cuenca.

5. ANALISIS DE RESULTADOS

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

5.1. 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, la transmisión hídrica, 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 terrícolas, y sin lugar a dudas lo es o será en otros seres vivientes del Universo.

5.2. Mecanismos de Disposición de excretas

La UNICEF y la OMS, con el propósito de medir los avances de los “Objetivos de Desarrollo del Milenio” 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 a 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.

5.3. 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, resumido en el cuadro 2, indica que:

- De los 4.772.098 habitantes de Costa Rica, en el año 2014, 3.412.099 habitantes tenían tanque séptico para disponer o tratar sus aguas residuales domésticas, lo cual equivale a un 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 escusado 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 aún no tiene algún servicio sanitario, llama la atención que 11.364 personas del área urbana (0,32%), no cuenta con mecanismo adecuado 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 tiene 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%.
- 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.

5.4. Sistemas de tratamiento de Aguas Residuales en Costa Rica

5.4.1. Inventario de Sistemas Convencionales

El Laboratorio Nacional de Aguas ha inventariado y controlado la eficiencia de 5 lagunas de estabilización en Cañas, Liberia, Santa Cruz, Nicoya y Pérez Zeledón. Además 14 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, el cual fue inaugurado el 31 de octubre del año 2004, con un costo total de \$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 entre el 30% al 40% de materia orgánica. Además otros entes operadores, como la ESPH, cuenta con 5 sistemas de tratamiento, y los municipios y ASADAS tienen a su cargo 31 plantas de tratamiento.

5.4.2. 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 5 lagunas de estabilización, ubicadas 4 en Guanacaste y 1 en Pérez Zeledón, utilizando solo dos parámetros del Reglamento de Vertidos y Reuso de Aguas Residuales ⁽²⁸⁾, Demanda Bioquímica de Oxígeno Total (BDO mg/L) y el número más probable de Coliformes fecales/100 mL (CF/100 mL), demuestra que:

- Ninguna laguna de estabilización 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 14 sistemas evaluados, los resultados promedio de DBO total en el agua tratada indican que 8 sistemas cumplen con el valor máximo permitido de 50 mg/L de DBO total. Dichos sistemas son Monte Lindo, Rincón Verde, André Chale, Las Palmas (Ciudad Colón), Villa Verano (Alajuela), Lomas de Pindeco en Región Brunca y Don Edwin en Guápiles.

Las otras 6 plantas no cumplen con el valor permitido de 50 mg/L de DBO total. 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, 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, Hacienda Los Reyes con 242.379 CF/100 mL. Las otras 9 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, 4 de los 5 sistemas a cargo de la ESPH funcionaban adecuadamente en el año 2012; de los sistemas a cargo de municipios y ASADAS, no se conoce la eficiencia de los mismos.

5.5. 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 al 2014 en Costa Rica, se ha fundamentado en el uso de tanques sépticos, evolucionando de un 60,1% en el 2000 a 75,1% en el 2011, para luego bajar levemente a un 71,5% en el año 2014. Por otro lado, el uso de alcantarillado o cloacas bajó de 31,0% en el 2000, luego llegó a una disminución de un 20,5% en el 2011, para posteriormente incrementar en el año 2014 a un 26,6%. Este comportamiento se fundamenta en la implementación de pequeños sistemas de tratamiento en el Valle Central, la Región Brunca y Guápiles y algunas urbanizaciones.

5.6. Expectativas del 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”, y que estará ubicada en La Uruca. La ejecución de la I Etapa de este proyecto permitirá alcanzar entre un 22% a 28% en el tratamiento colectivo de aguas residuales en el año 2019. Por otro lado, con este proyecto 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 a un 53%, y decrecer el uso de tanques sépticos de un 71,5% en el 2014 a 48% en el 2021.

6. 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.

6.1 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.
- Las 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, indica 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%), un 1,5% de la población 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%), y la población urbana un 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%.
- El inventario de los sistemas de tratamiento controlados por el AyA suman 20, de los cuales 5 son lagunas de estabilización, 14 plantas de tratamiento y el emisario submarino ubicado en la ciudad de Limón, además de los que se encuentran operados por la EPSH y las Municipalidades y ASADAS, sumando en su totalidad 57 sistemas.
- Del total de sistemas de tratamiento evaluados por el Laboratorio Nacional de Aguas, las 5 lagunas no cumplen con el “Reglamento de Vertidos y Reuso de Aguas Residuales” ⁽²⁴⁾, al menos en el parámetro de DBO total de 50 mg/L en la salida de las plantas. Lo mismo sucede en 6 plantas (42,5%). El Emisario Submarino ha sido muy eficiente en la remoción de la materia orgánica y los CF/100 mL en la zona de influencia del mismo. Los datos de la ESPH indican que 4 de los sistemas cumplen con la reglamentación vigente. Con respecto a los 31 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 al 2014, demuestra un favorecimiento de los tanques sépticos entre el 69% al 71,5%, alcanzando su uso máximo del 75,1% en el año 2011. El uso de alcantarillado ha oscilado entre 31,0% a un 26,6% entre el año 2000 y el 2014.
- El análisis de la expectativa de los proyectos de alcantarillado sanitario con tratamiento para los años 2015 al 2021, permiten estimar que el país podría alcanzar entre un 22% al 28% de tratamiento de las aguas residuales al año 2019, siempre y cuando se ejecute la I Etapa del Proyecto de Mejoramiento Ambiental de San José, el cual se encuentra en ejecución. Aunado a esto, la construcción de otros proyectos en zonas costeras, permitirían 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.

6.2 Recomendaciones

- El AyA, la Empresa de Servicios Públicos de Heredia (ESPH) y las 81 Municipalidades, deben trabajar en la transformación cultural de la población, para disminuir la mala costumbre de depositar todos los desechos sólidos en las cuencas del país. 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.
- Aunado a la recomendación anterior, se debe fortalecer el proyecto de disminución de los desechos en la cuenca Virilla-Tárcoles, promovida por el Programa Bandera Azul Ecológica, para el periodo 2013 al 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.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Darner Mora. Saneamiento, Educación y Salud. San José. Editorama; 2005:1-122.
2. AyA. Programa Nacional de Manejo Adecuado de Aguas Residuales. Costa Rica: 2009-2015.Pavas. San José: 2009: 1-39.
3. Clifford A. Pickover. El Libro de la Medicina. Madrid. Ilus Books. S.L. ISBN 978-90 8998-209-3; 2012: 38-39.
4. Pan Llopie y Niall tynan. La historia del Saneamiento. [www. ungarbi-eu...>Drenaje Sostenible](http://www.ungarbi-eu...>Drenaje Sostenible); 30 de mayo 2011.
5. Kathleer Artman. Edwin Chadwick-cholera and the thames. [www. choleraandthethames.co.uk>Edwin....](http://www.choleraandthethames.co.uk>Edwin....)
6. Dagoberto Araya, Álvaro Araya y Saúl Trejos. Estudio sobre la situación de las Aguas Residuales de tipo ordinario en Costa Rica. San José. OPS/OMS y AyA; 2003: 1-27.

7. Mora Darner. Evolución y Expectativas de la contaminación de la Cuenca Virilla-Tarcoles. San José. Revista Costarricense de Salud Pública. Año 2, N° 2; 1992: 18-23.
8. Ing. Álvaro Araya García, Rafael Barboza Topping, Walter Ramírez M, Alejandro Rodríguez Vindas. Informe técnico sobre la Inspección tramo fecal del Emisario de Limón. Pavas. San José. AyA; 2009: 1-7.
9. Kelly A. Reynolds. Tratamiento de Aguas Residuales en Latinoamérica. www.aqualatinoamerica.com.
10. UNICEF y/o OMS. Progreso para la Infancia: un balance sobre agua y saneamiento. New York, USA; 2006: 1-33.
11. Poder Ejecutivo, Costa Rica. Designación del Laboratorio Central de AyA como Laboratorio Nacional de Aguas. San José, La Gaceta N°100, de setiembre de 1997. Decreto Ejecutivo 26066-S.
12. Mora Darner. Situación actual del agua para consumo humano y aguas residuales en Costa Rica- 1991. San José, Costa Rica. Revista Biocenosis, UNED, Volumen 2, año 2009; 1991: 74-80.
13. Léo Heller. Saneamiento y Salud. Brasiles, OPS/OMS; 1997; 1-83.
14. Baltazar, J.C., Solon. F.S. Disposal of faeces o children under two years old and diarrhoea, v. 18, N° 4 (supp.2); 1989: 16-19.
15. INEC. Encuesta Nacional de Hogares. Julio 2014.
16. Estado de La Nación-Estado de La Nación en Desarrollo Humano Sostenible. San José. N°19. Décimonoveno-19 ed: 2013: 1-432.
17. José M. Ramirez, Carmen Valiente. Informe Anual de Aguas Residuales. Laboratorio Nacional de Aguas, Tres Ríos; 2015, sp.
18. Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). Costa Rica. Censo Nacional de Población y Vivienda 2000. [es.m.wikipedia.org>wiki>censo_costar....](http://es.m.wikipedia.org/wiki/censo_costar)
19. Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). Costa Rica. Censo Nacional de Población y Vivienda 2011. [es.m.wikipedia.org>wiki>censo_costar.....](http://es.m.wikipedia.org/wiki/censo_costar)
20. Unidad Ejecutora AyA-JBIC. Proyecto de mejoramiento ambiental del Área Metropolitana tiene 10% de Avance. www.teletica.com>noticias.

21. José A. Navarro Panorama del Proyecto Mejoramiento Ambiental del Área Metropolitana de San José. Busde.plaho.org>aya>navarro.
22. AyA. Programa Nacional de Manejo Adecuado de las Aguas Residuales, Costa Rica: 2009-2015. San José; Marzo 2009: 1-38.
23. Mora Darner. Agua para Consumo Humano y disposición de Excretas en Costa Rica: situación actual y expectativa. Revista tecnológica en Marcha. Vol.16-3; 2003: 61-76.
24. Francisco Ruiz. "Gestión de las Excretas y Aguas Residuales en Costa Rica". Situación y Perspectiva. San José. FOCARDS y la Cooperación COSUDE; 2012: sp.
25. Contraloría General de la República. DFOE-AE-IF-10-2011. Proyecto de Mejoramiento Ambiente del Área Metropolitana de San José. [www.asamblea.go.cr>DFOE-AE-IF-10...](http://www.asamblea.go.cr/DFOE-AE-IF-10...)
26. Comisión Nacional del PBAE. Plan Estratégico 2013-2017. Garabito, Puntarenas; 2013.
27. Comisión Nacional del PBAE. Proyecto de Disminución de los Desechos en la Cuenca Virilla-Tárcoles; San José, Costa Rica; 2012: sp.
28. Poder Ejecutivo - Costa Rica. Reglamento de Vertido y Reuso de Aguas Residuales. La Gaceta N°55 del 19 de marzo del 2007. Decreto Ejecutivo N°33601 Minae-S. San José, Costa Rica.