

ESTUDIO DE CASO: DISPOSICIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS EN ZONAS RURALES DE COSTA RICA¹

DRA. SILVIA M. SOTO-CÓRDOBA²
ING. LILLIANA GAVIRIA-MONTOYA³
ING. MACARIO PINO-GOMEZ⁴

ACRÓNIMOS:

ASADAs: Asociaciones Administradoras de los Sistemas de Acueductos y Alcantarillados Comunes

AyA: Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillado

MinSalud: Ministerio de Salud de Costa Rica

GAM: Gran Área Metropolitana

SETENA: Secretaría Técnica Nacional Ambiental

MINAE: Ministerio de Ambiente y Energía

TEC: Tecnológico de Costa Rica

DBO: Demanda biológica de oxígeno

DQO: Demanda Química de Oxígeno

INEC: Instituto Nacional de Estadística y Censos

SMEs: Micro, pequeñas y medianas empresas

NPD: Detector de Nitrógeno-Fosforo

ECD: Detector de captura electrónica

1. ANTECEDENTES

Durante los últimos años, Costa Rica ha priorizado la dotación de agua potable a los hogares costarricenses, lo que ha contribuido a contar con índices de salud muy buenos para el país. Es así, como nuestro país se ubica en el tercer lugar de Latinoamérica (Mora, La comparación en el acceso a saneamiento en Costa Rica con respecto a América Latina

1. Agradecimientos a la Vicerrectoría de Investigación y Extensión del ITCR y al Centro de Investigación en Protección ambiental del TEC

2. Doctora en Ciencias Ambientales, Investigadora Instituto Tecnológico de Costa Rica, Centro de Investigación en Protección Ambiental, email ssoto@tec.ac.cr, <http://orcid.org/0000-0002-3550-1505>, Tel (506)-2550-9294,

3. Ingeniera Química, Investigadora Instituto Tecnológico de Costa Rica, Centro de Investigación en Protección Ambiental, email lgaviria@tec.ac.cr, <http://orcid.org/0000-0001-6637-5081>, Tel (506)-2550-9138

4. Ingeniero Sanitario, Investigador Instituto Tecnológico de Costa Rica, Centro de Investigación en Protección Ambiental, email mpino@tec.ac.cr, <https://orcid.org/0000-0001-8446-4723>, Tel (506)-2550-9132

y Caribe en período 1960-2010, 2011) (Bank, 2017) en el tema de distribución de agua potable alcanzando un 98% de la población nacional.

La Provincia de Cartago presenta una mezcla de vivienda urbana y rural, en el centro de las cabeceras de los distritos, se concentran el 90 % de la población, pero en algunos distritos como San Isidro del Tejar del Guarco, el porcentaje de vivienda rural alcanza el 43 % y otros más extremos como Peralta, Chirripó y Santa Cruz alcanzan el 100 % de ruralidad. En las zonas rurales las principales actividades productivas están basadas en agricultura, ganadería y pequeñas agroindustrias (INEC, 2016).

A principios del siglo pasado, las ciudades fueron diseñadas con su respectivo alcantarillado sanitario, dejando las tuberías previstas para la interconexión a las futuras plantas de tratamiento. Conforme las ciudades fueron creciendo, se hizo común y popular el uso de tanque séptico como tratamiento individual de las excretas, debido a que los gobiernos locales dejaron de invertir en la construcción de alcantarillados. Según las estadísticas nacionales se considera que el uso de tanques sépticos alcanza el 70,54 % (Silva, 2013)

Es interesante destacar como la ciudad de Cartago construyó el alcantarillado sanitario en el año 1911 y el mismo posteriormente fue ampliado en 1962; su planta de tratamiento de aguas residuales se construyó en 1943 pero estas estructuras ya no existen (Angulo F., 2013). Por lo tanto, en la actualidad, las aguas residuales sin tratar van directamente a cauces de ríos y quebradas, produciendo una contaminación en aumento constante. (Fallas, 2012)

La prioridad del país se ha centrado en la distribución y potabilización del agua para consumo humano, por el contrario, la conducción y el tratamiento de las aguas residuales se han descuidado, mostrando serios problemas de contaminación de aguas superficiales, subterráneas y costeras. (García, Acuña-González, Vargas-Zamora, & Garcia-Céspedes, 2006) (Barrantes, Pardo, & Achí, 2004) (Mora, Calidad Sanitaria de las aguas de la playa Jacó, Costa Rica 1986-2008, 2009), esto a pesar de contar con legislación y reglamentación para la disposición de aguas residuales (Poder Ejecutivo, Costa Rica, 2005)

La mayor cantidad de aguas no tratadas del país, se generan en el Gran Área Metropolitana (GAM), donde se encuentran las ciudades más importantes y pobladas, a saber: San José, Alajuela, Heredia y Cartago (Hidalgo, y otros, 2012). Los ríos Tárcoles y Virilla que atraviesan dichas ciudades presentan una de las contaminaciones más graves de Centroamérica (Nación, 2007). El 48 % de las 27 plantas de tratamiento de aguas del país están abandonadas o en mal estado, lo que implica un vertido directo en los cauces de los ríos de las aguas sin tratar. Aunque un 21 % de la población cuenta con servicio de alcantarillado, solamente el 4 % de las aguas son tratadas. En el país solo existen cuatro redes de alcantarillado sanitario público, que abastecen a las cabeceras de ciudad, muchas de estas redes desembocan directamente en los ríos (Ministerio de Vivienda y Asentamientos Humanos, 2017) (Mora, La comparación en el acceso a saneamiento en Costa Rica con respecto a América Latina y Caribe en período 1960-2010, 2011) (Astorga, 2015).

En las zonas rurales de la provincia de Cartago, el volumen de las aguas residuales producidas es menor comparado con el GAM, puesto que existen sistemas individuales de aguas negras con tanques sépticos y drenaje. Estas soluciones individuales muchas veces construidas en forma empírica constituyen un riesgo a la salud y un impacto ambiental.

(Dallas, Scheffe, & Goen, 2004), estudios previos han identificado elevados niveles de nitratos que exceden las concentraciones máximas permitidas en aguas subterráneas llegando a niveles de 10 mg/l en áreas con alta densificación poblacional (Reynolds-Vargas, Fraile-Merino, & Hirata, 2006), por su parte, las cantidades y calidades de aguas grises desechadas en las zonas rurales del país se desconocen.

El Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (A y A) está ejecutando el “Proyecto de Mejoramiento Ambiental del Área Metropolitana de San José” con la cooperación del gobierno de Japón, el Banco Interamericano de Desarrollo, Banco Nacional de Costa Rica y fondos propios. Este proyecto pretende implementar una planta de tratamiento de aguas residuales para un millón de personas. (GobiernoCR, 2015), sin embargo, esta infraestructura solo dará soporte al GAM.

Por otra parte, en la ciudad de Cartago, la Municipalidad del Cantón Central, inició en el 2016 la construcción de un alcantarillado sanitario con miras a conectarlo en algún momento a una planta de tratamiento, este alcantarillado solamente atenderá las aguas negras del sur de la ciudad de Cartago y algunos sectores centrales de la misma. (SETENA, Ministerio de Ambiente y Energía, 2016). La construcción de la planta de tratamiento de agua aún no ha iniciado.

En el año 2016 se generó la Política Nacional de saneamiento en aguas residuales por el gobierno de Costa Rica a través de los Ministerios de Salud, AyA y el MINAE (MINAE, 2017) donde se refleja el interés por mejorar las condiciones de saneamiento específicamente en el manejo de las aguas residuales, hacen parte de esta política diferentes instituciones debido a las características que tiene el sector del recurso hídrico en el país. Los hechos anteriores producen una esperanza de mejora en el saneamiento ambiental, específicamente en zonas de alta densidad poblacional, dejando de lado las zonas rurales que se están densificando y por tanto, se prevé que la contaminación aumentará en dichas.

Sumado a esto, ante los escenarios del cambio climático para Costa Rica, se prevé la necesidad de adaptación de la población para disminuir el impacto de los cambios de precipitaciones y los aumentos de temperaturas (Alvarado, Contreras, Alfaro, & Jimenez, 2012), por lo que se hace necesario identificar el estado de la gestión de las aguas residuales en el país.

Este artículo describe la situación actual del saneamiento en las zonas rurales de la provincia de Cartago en Costa Rica. En el área de estudio, la población separa las aguas negras que provienen de servicios sanitarios, tratándolas por medio de tanques sépticos y las aguas grises que se producen por actividades de aseo y preparación de alimentos en el hogar, las cuales son descargadas libremente hacia los cuerpos de agua.

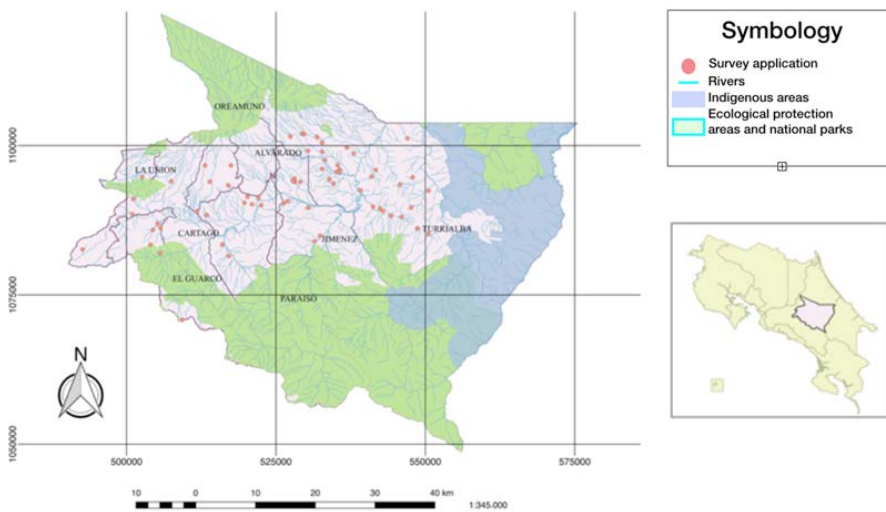
2. METODOLOGÍA

2.1 Área de estudio

Costa Rica, está ubicado en el trópico húmedo, cuenta con una importante oferta hídrica, debido a las abundantes lluvias durante casi todo el año, en las épocas menos lluviosas y en la zona más seca (Pacífico Norte) el promedio de precipitaciones alcanza

los 1481 mm, mientras tanto, en los eventos lluviosos extremos en la zona de mayor precipitación (Pacífico Central), los promedios alcanzan 4537 mm. La provincia de Cartago se ubica en la zona central del país, tiene 8 cantones y 2 consejos municipales de Distrito. Su relieve es montañoso, formado por dos cordilleras: la central y la de Talamanca. El sistema fluvial corresponde a las vertientes del Caribe y del Pacífico. Su población total es de 490 903 habitantes (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, Costa Rica, 2011), la ubicación geográfica de la provincia se muestra en la figura 1, donde también se incluyen los puntos geo-referenciados donde se aplicaron las encuestas (sección 2.2)

Figura 1. Mapa de la provincia de Cartago y su ubicación dentro del territorio costarricense.



2.2 Selección de la muestra

Se seleccionó una muestra de la población abastecida por las Asociaciones Administradoras de Acueductos (ASADAs), ya que estos entes son los principales operadores que prestan el servicio de distribución de agua para consumo en las zonas rurales de Provincia de Cartago (Figura 1). Las siguientes áreas no fueron incorporadas dentro de la muestra: el parque Nacional Tapantí, el Parque Nacional Barbilla y zonas de protección y las poblaciones indígenas debido a que estas tienen baja densificación de la población y están aisladas.

En el año 2014 la población rural atendida por ASADAs en Cartago fue de 131 559 (Ministerio de Salud, Regional Este, 2014) habitantes aproximadamente, con un total de 31 621 conexiones. En la provincia operaban 113 ASADAs, distribuidas principalmente en los cantones (unidad de división territorial administrativa de segundo nivel, por debajo de las provincias) de Turrialba, Oreamuno, Paraíso, El Tejar del Guarco y Jiménez.

Los investigadores aplicaron una encuesta con el objetivo de determinar del servicio de agua y saneamiento. La muestra poblacional se determinó en los cantones antes mencionados, se consideraron las siguientes características de selección: pertenecer a la provincia de Cartago, residir en zonas rurales y ser atendidos por ASADAs.

Se usó la fórmula estadística de tamaño de muestra (Yamane 1967) según la ecuación 1.

ECUACIÓN 1

$$n = \frac{Z^2 * \sigma^2 * N}{(N - 1) * e^2 + \sigma^2 * Z^2}$$

N = Tamaño de la población

n = Tamaño de la muestra

σ = desviación estándar de la población. En este caso se utilizó 0,5

Z = valor obtenido mediante niveles de confianza, se utilizó un 95 % de confianza

e = limite aceptable de error muestral, se utilizó un 0,9

La solución matemática a la fórmula, produjo un total de 387 encuestas a realizar. Se incrementó en un 60 % este número para contar con un margen en caso de no obtener respuestas en algunos sitios, ya que las zonas son de difícil acceso y por experiencias previas, se conoce que las personas están ocupadas en el campo y no se encuentran en la vivienda.

2.3 Diseño de la encuesta

El cuestionario para aplicar en la comunidad se elaboró utilizando el criterio de expertos y se aplicaron preguntas de selección única, múltiple y abierta según la metodología propuesta por (Sampieri, Collado, & Lucio, 2002). Inicialmente el cuestionario se validó en una muestra de 27 voluntarios que contestaron el formulario en línea, y conforme se analizaron las respuestas se determinaron los errores de interpretación y se corrigió.

Para evitar inducir sesgos en la información capturada se capacitaron a 37 estudiantes voluntarios de la carrera de Ingeniería Ambiental del Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC) para aplicar el cuestionario. A estos estudiantes se les explicó el protocolo para abordar a los entrevistados en casos de dudas y la forma correcta de llenar el cuestionario, además se les capacitó para que *in situ* determinaran la existencia de botaderos clandestinos, descargas de aguas residuales, presencia de olores u algún otro problema ambiental. Se transportaron a las comunidades en subgrupos liderados por al menos un investigador, con el fin de cubrir la mayor parte de las zonas rurales de la Provincia.

El cuestionario se dividió en cinco secciones: 1) Sección 1, Datos generales: nombre de los encuestados, edad, sexo, escolaridad, localización y nombre de la ASADA; 2) Sección 2, Gestión de los Residuos Sólidos: formas de recolección de residuos, actitudes hacia la recuperación de materiales, conocimiento de la separación de materiales

valorizables; 3) Sección 3, Calidad y distribución del agua potable: percepción de los encuestados respecto a la calidad considerando presencia de olor y color, existencia de sólidos suspendidos, continuidad y precio del servicio; 4) Sección 4, Gestión de las aguas residuales: sistemas de tratamiento de aguas negras y grises, hábitos referentes al uso del agua y 5) Sección 5, Compromiso ambiental: involucramiento en las actividades de protección ambiental en la comunidad.

Los resultados de la encuesta se digitaron en una hoja electrónica de excel y luego fueron analizados utilizando el programa Mintab 17.0.

2.4 Estudios de campo

Se recolectó información a través de visitas de campo que se realizaron posteriormente a la encuesta realizada, con el objetivo profundizar y corroborar la información, adicionalmente se verificó el papel de las instituciones del estado referente al tema del saneamiento ambiental. En el cuadro 1 se muestra el listado de las ASADAs que se eligieron para las visitas, el criterio de selección de esta muestra se basó en la cantidad de abonados, por ASADA y ubicación geográfica de la misma en cada cantón.

Cuadro 1. Listado de ASADAs seleccionadas para el estudio de campo.

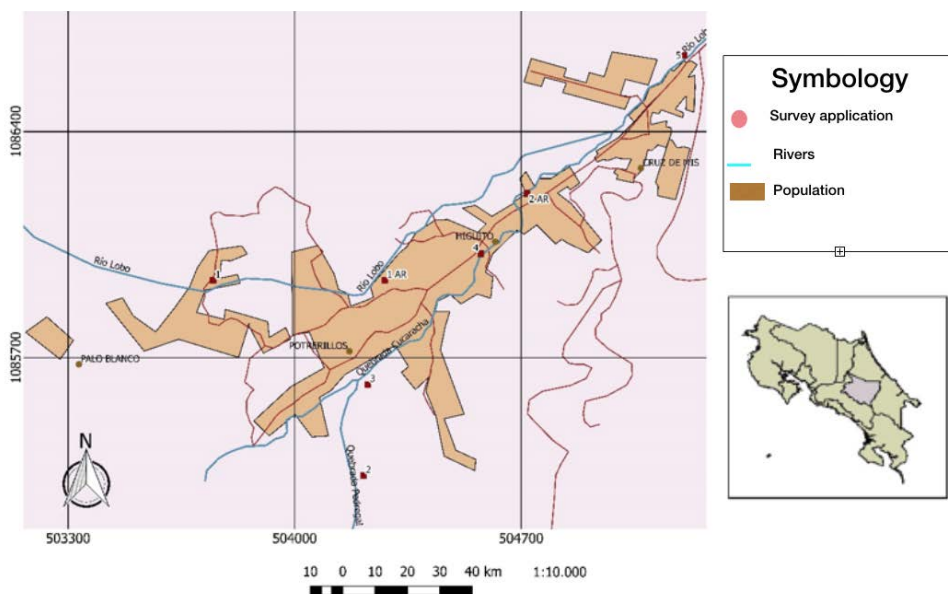
Cantón	Nombre ASADA	Nº abonados	Altura (mnsn)
Del Guarco	Higuito	570	1500
	San Isidro	567	1600
	Macho Gaff	335	2900
	Guatuso	230	1500
Oreamuno	Santa Rosa	850	2600
	Cot	2025	2200
	Potrero Cerrado	438	2600
	Paso Ancho y Boquerón	580	1750
	San Pablo	410	2500
La Unión	San Vicente	230	1450
Turrialba	Santa Cristina	35	1500
	Alto Varas	323	800
	Santa Cruz	906	1700
	Jicotea	85	900

Cantón	Nombre ASADA	Nº abonados	Altura (mnsn)
Paraíso	Palomo	470	1300
	San Jerónimo	141	1250
	Santiago	733	1350
	Yas	425	1400
	Río Macho	-	1300
Central	Quebradilla	1000	1600
	Coope-Rosales	154	2200
TOTAL		10507	

2.5 Análisis fisicoquímicos:

Se seleccionaron la quebrada Cucaracha, quebrada Pedregal y Río Lobo que atraviesan la ASADA de Higuito. Estos cuerpos de agua reciben las aguas grises sin tratar de aproximadamente 2 565 habitantes. Atraviesan el centro de población, son de fácil acceso para el muestreo y están confinadas en tres ramales que confluyen en un punto central antes de desembocar en el Río Purires. Se desconocen los caudales de estos tres sistemas y su ubicación de los puntos de muestreo se indican en la Figura 2.

Figura 2. Distribución de los puntos de muestreo.



Los puntos de muestreo se seleccionaron a lo largo de la fuente, de forma que se pudiera establecer algún tipo de correlación entre la contaminación y la densificación de población a lo largo de las misma.

Las muestras (1, 2, 3, 4, 5) de las aguas superficiales fueron tomadas en cinco puntos a lo largo de la quebrada Pedregal, Cucaracha y Río Lobo, las muestras AR-1 y AR-2 son de agua residual provenientes de las casas.

Se realizaron los siguientes análisis en las aguas superficiales: DBO, DQO, sustancias activas al azul de metileno, Sólidos Totales, pH, conductividad eléctrica según lo descrito en los métodos estandarizados (APA-AWWA-WEF, 2012) coliformes fecales y *E.Coli* según el número más probable (APA-AWWA-WEF, 2012) y plaguicidas organoclorados, organofosforados (FDA, 1994). La extracción de las muestras se hizo utilizando fase sólida (SPE) y se determinó la concentración mediante cromatografía de gases con detectores NPD y ECD. Los análisis de carbamatos se realizaron usando el método de la FDA (FDA, 1994) y usando cromatografía de HPLC con detector UV.

El análisis de la composición de las aguas grises vertidas desde las casas, se realizó mediante la recolección de muestras en la caja colectora de aguas proveniente de los vertidos de diferentes viviendas y se analizó la DQO, DBO, sólidos totales, pH, sustancias activas al azul de metileno, coliformes fecales y *E.Coli*

3. DISCUSIÓN Y RESULTADOS DEL ESTUDIO

En este artículo se muestran los resultados de las secciones 4 y 5 de la encuesta aplicada, las visitas de campo y los resultados de los análisis físico-químicos realizados en la quebrada Cucaracha.

3.1 Estudios de campo

Se encontraron tres tipos de aguas residuales que son vertidas a los cuerpos receptores:

- a) El 100 % de las aguas grises recolectada desde las casas se desecha directamente en los terrenos o en colectores de agua de lluvia y drena hasta las fuentes de agua superficial.
- b) El 100 de las aguas provenientes del lavado de hortalizas y empaque de alimentos, provenientes de micro y pequeñas empresas, son mezcladas en los colectores de agua pluvial y descargadas directamente en ríos, su volumen es alto debido a las características socioeconómicas de la zona.
- c) El 6 % de las aguas provenientes de los servicios sanitarios de las casas, son descargadas directamente en los ríos, con el consecuente riesgo de enfermedades relacionadas a coliformes fecales, mosquitos y otros vectores.

Es común observar que algunas las familias infiltran en patios o en los jardines las aguas grises, este tipo de prácticas en principio, no representan un problema grave al ambiente ni a la salud humana, pero a medida que se densifican las comunidades, estas prácticas son insostenibles (Siegrist & Lowe, 2008).

Si no se presta atención al tratamiento de dichas aguas grises, se tendrán las mismas condiciones que hoy se viven en el GAM en cuanto a contaminación del recurso hídrico superficial (Angulo F. , 2013).

Conforme aumenta la densificación de la población, se observa el incremento de la cantidad de aguas residuales grises que provocan la aparición de espumas aguas abajo, también se observa la presencia de residuos sólidos en los sistemas de recolección de agua pluvial, el caso más agudo se observó en la comunidad de Cot cantón Oreamuno, pero también en la comunidad de Higuito y San Isidro del Tejar del Guarco. Todo lo anterior se agrava aún más por la cultura del desperdicio de agua y la poca conciencia sobre lo que pasa con el agua residual una vez que sale de los hogares. La cuantificación de los caudales excedía el alcance de la investigación.

La cobertura boscosa en las riberas de los ríos y las franjas de protección en general no se están cumpliendo de acuerdo con la ley 7575 de Abril 16 de 1996 Ley Forestal, según las proyecciones de aumento promedio de temperatura asociados con el cambio climático en el área, se prevé una mayor evaporación del agua lo que a la larga implicará la disminución del caudal en las fuentes (Mander & Kuusemets, 2005). Por otro lado, también se aumenta el riesgo de posibles inundaciones que podrían presentarse con mayor facilidad en esas zonas que no tienen protección vegetal.

3.2 ENCUESTA DE SANEAMIENTO AMBIENTAL

3.2.1 Generalidades de la encuesta

La encuesta se aplicó durante los meses de octubre a diciembre del 2014. En total se entrevistaron 614 personas, cada una representaba un hogar, distribuidas de la siguiente forma en los cantones: 23 encuestas en Tejar del Guarco, 188 encuestas en Oreamuno, 113 encuestas en Paraíso, 216 encuestas en Turrialba y 73 encuestas en Jiménez.

La mayoría de la población atendida por las ASADAs se clasifica como rural, sin embargo, se observan casos donde la zona en la que está ubicada la ASADA (Higuito, San Isidro y Cot) posee características que tienden a ser urbanas, como: alta densificación de viviendas y empleos del sector terciario. En estos casos se presentan mezclas de actividades rurales y urbanas pero también diferentes tipos de usos del suelo y actividades productivas. (Gaviria- Montoya, Pino- Gómez, & Soto-Córdoba, 2016)

Se identifica que la mayoría de la población solo ha cursado el nivel primario de estudios (57%).

3.2.2 Tratamientos utilizados para las excretas

La distribución de los tratamientos usados para las excretas es 89 % (tanque séptico, seguido por el alcantarillado con una contribución porcentual poco significativa del 7 %. El resto corresponde a letrinas, pozos negros y vertimiento directo.

El alcantarillado sanitario solo se encontró ubicado en algunos pequeños tramos de los centros de cabeceras de las comunidades de Santiago (Paraíso), El Yas (Paraíso) y Cipreses (Oreamuno), en dichos casos no existe una planta de tratamiento al final de la

recolección de aguas, todas estas prácticas contribuyen a la contaminación de las aguas superficiales.

El 30 % de los encuestados desconocen el tipo de materiales de construcción del tanque séptico, es importante conocer este dato, pues dependiendo del tipo de material se puede garantizar inicialmente, la construcción de acuerdo con la normativa nacional. En el mercado existen los tanques de PVC y fibra de vidrio que se venden con las dimensiones adecuadas dependiendo del tamaño de la familia, estos solo se utilizan en el 7 % de las viviendas encuestadas, en el caso de los tanques de concreto que representan el 53 %, son construidos en forma empírica y no necesariamente cumplen con las dimensiones ni con los requerimientos hidráulicos para su correcto funcionamiento, finalmente, un 11 % utiliza los tubos de alcantarilla como tanques sépticos, debido a su bajo costo, sin embargo, estos no están diseñados para tal fin, convirtiéndose en fuentes de contaminación del suelo y mantos acuíferos.

El buen funcionamiento de un tanque séptico va directamente relacionado con el área de drenaje, la cual debe ser adecuada para la infiltración del agua que rebosa, el 79 % de las respuestas de la encuesta, muestran que, si se cuenta con área de drenaje, sin embargo, llama la atención, que cerca de un 17 % de los encuestados, no saben si poseen drenaje en sus casas. Además, no se sabe si es suficiente esta área o si está bien construido el sistema, ni tampoco se conoce la estructura del tanque.

Por otra parte, los terrenos no siempre son los más indicados para infiltrar, por lo que los estudiantes que aplicaron la encuesta observaron, en algunos casos problemas de contaminación por estancamiento de aguas o escurrimientos cerca de las viviendas, con el consiguiente riesgo a la salud humana. Aunque se intentó conocer el estado del mantenimiento de los tanques, las personas desconocían cualquier información.

En el cuadro 2, se muestra la ubicación del tanque séptico en los hogares, cerca de la mitad de las personas entrevistadas, indican que el mismo se encuentra ubicado en la parte trasera de la casa. Se destaca también el elevado porcentaje de personas que no saben dónde se encuentra el sistema del tanque séptico.

Cuadro 2. Ubicación del tanque séptico en la casa

Lugar donde se ubica el tanque séptico	Porcentaje de respuestas
no sabe, no responde	17%
Atrás	42%
Lado	21%
Adelante	8%
No utiliza tanque excretas	6%
Debajo	6%

Cerca de un 80 % de las viviendas, reportan poseer un único servicio sanitario, esto corresponde con la clasificación del INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, Costa Rica, 2011) relacionada con los niveles socioeconómicos bajos de estas zonas. Adicionalmente, el 86% de los inodoros son de tamaño convencional, lo que implica consumos de 10 a 15 litros de agua por descarga realizada, solo un 14 % de las viviendas cuentan con inodoros bajo consumo.

3.2.3 Percepción de problemas ambientales

Es conocido el impacto positivo en la resolución de problemas ambientales conforme aumenta el conocimiento y la sensibilidad de la población, por esta razón, dentro del estudio se indagó sobre la percepción de los principales problemas ambientales de cada zona. De acuerdo con las respuestas de las entrevistas, el 34 % de los entrevistados no lograron definir el principal problema ambiental de su comunidad, un 27 % de los entrevistados señalaron que existe una inadecuada gestión de los residuos sólidos, un 16 % indicaron que el principal problema es la inadecuada gestión de las aguas residuales.

3.3 Resultados de los análisis físico-químicos

Como puede desprenderse de los resultados de los análisis físico-químicos realizados los puntos de muestreo (cuadro 3), la serie de los parámetros de los valores obtenidos, son congruentes con el planteamiento establecido inicialmente, conforme se densifica la población se incrementan estos valores, lo que es una medida directa de la contaminación. No podemos atribuir estos resultados a la contaminación antropogénica, a excepción del dato asociado a las sustancias activas al azul de metileno, que son indicativas de la presencia de agentes surfactantes. Por su parte, en relación con los análisis de las aguas residuales provenientes del vertido de confluencia de viviendas, en ambos casos, sobrepasan los límites máximos permitidos de vertido para plantas de tratamiento, en cuerpos de agua superficiales. No se encontraron plaguicidas disueltos en el agua, a pesar de la existencia de actividades agrícolas junto a las fuentes superficiales, es recomendable profundizar este estudio con un análisis de sedimentos, pues este particular estaba fuera del alcance de este estudio.

Cuadro 3. Resultados de los parámetros físicoquímicos en los puntos de muestreo de aguas superficiales y residuales grises de la comunidad de Higuito.

Parámetro	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Punto 5	AR-1	AR-2
DQO (mg/l)	20 ± 6	20 ± 6	40 ± 7	30 ± 7	30 ± 7	200 ± 14	419 ± 26
DBO ₅ (mg/l)	< 10	10 ± 1	< 10	< 10	10 ± 1	120 ± 16	162 ± 16
Sólidos totales (mg/l)	63 ± 3	91 ± 3	130 ± 3	129 ± 3	126 ± 3	527 ± 3	515 ± 3
pH (unidades pH)	6,81 ± 0,01	7,50 ± 0,01	6,97 ± 0,01	6,93 ± 0,01	7,01 ± 0,01	7,10 ± 0,01	6,78 ± 0,01
Sustancias activas al azul de metileno (mg/l)	0,45 ± 0,05	0,85 ± 0,05	0,10 ± 0,05	0,45 ± 0,05	0,45 ± 0,05	1,50 ± 0,05	1,55 ± 0,05
Conductividad (μS/cm)	95 ± 10	104 ± 10	158 ± 10	169 ± 10	151 ± 10	NR	NR
Coliformes fecales (NMP/100 ml)	4,6 x 10 ²	9,3 x 10 ¹	4,6 x 10 ²	9,3 x 10 ¹	1,1 x 10 ³	NR	1,1 x 10 ³
E.Coli (NMP/100 ml)	4,3 x 10 ¹	2,3 x 10 ¹	9,3 x 10 ¹	9,3 x 10 ¹	4,6 x 10 ¹	NR	4,6 x 10 ²
Plaguicidas Clorados	ND	ND	ND	ND	ND	NR	NR
Plaguicidas organofosforados	ND	ND	ND	ND	ND	NR	NR
Carbamatos	ND	ND	ND	ND	ND	NR	NR

ND= No detectado según los métodos de detección utilizados

NR: No se realizó, es agua residual

A la fecha, los ríos han tenido cierta capacidad de autodepuración ya que las zonas rurales de Costa Rica presentan elevadas pendientes, niveles de oxigenación altos, regímenes de lluvia importantes, altas temperaturas y la geomorfología de los ríos favorece la velocidad de degradación de materia orgánica (Umaña-Quiros, 2014), (Umaña-Villalobos & Springer, 2006) esto ha permitido que, a pesar de las descargas continuas de aguas residuales grises, estos cuerpos de agua no presenten graves problemas de eutrofización ni degradación ambiental. Estudios previos sobre la cuenca del río Purires muestran valores de DBO desde 10,8 hasta 14,8 mg/L en la corriente de agua y haciendo uso de otros parámetros se clasifica como de contaminación moderada, presentando una degradación paulatina de la calidad de sus aguas según los meses del año, llegando incluso a valores de contaminación severa durante los meses de mayo y junio (más secos) (Calvo, 1990) (Leiva, 2007).

Actualmente las poblaciones de estas zonas son abastecidas con aguas provenientes de manantiales o capturadas en las zonas altas de las montañas, los sistemas de captación son rudimentarios y con poca inversión, sin embargo, conforme aumenta la población,

será necesario hacer uso del agua proveniente de los cuerpos superficiales, la cual cada día está más alterada por el efecto del vertido de aguas grises.

Los terrenos donde se ubican las viviendas rurales poseen suficiente espacio libre sin construir como para implementar soluciones de tratamiento de aguas grises y residuales individuales alrededor de las mismas. La densificación es baja en la mayoría de las zonas, a excepción de Cot de Oreamuno, Higuito y San Isidro del Guarco y Cachí de Paraíso, donde las casas ocupan la mayor parte del terreno y se observan los mayores problemas de acumulación de basuras y desechos líquidos.

Las franjas urbanas van en aumento en la provincia, haciendo que las fincas que contaban con actividades agrícolas se subdividan en lotes más pequeños para que sean parte de urbanizaciones, comercio e industrias. Este panorama en un futuro cercano aumentará la problemática de la vulnerabilidad asociada al cambio climático, pues disminuirán las áreas naturales de infiltración de agua de lluvia generando una presión adicional en el uso del suelo y la disponibilidad del agua para consumo humano. En general existe una transformación de las áreas rurales en áreas urbanas, sin contar con la infraestructura sanitaria correspondiente y un crecimiento desordenado.

3.4 Papel de las instituciones referente al saneamiento.

En Costa Rica existen diversidad de instituciones encargadas del saneamiento, sin embargo, en el caso de las aguas grises, se determinó que la competencia de cada una de estas se limita en la mayoría de los casos a la fiscalización. El Ministerio de Salud y AyA fiscalizan la calidad del agua potable que recibe la población, pero no intervienen en lo que sucede con el agua residual comunal, a menos que se trate de una empresa, en cuyo caso se limitan a solicitar reportes operacionales de sus plantas de tratamiento y de los vertidos. Por su parte las municipalidades velan por la recolección y tratamiento de residuos, actúan cuando se presentan botaderos clandestinos, pero no ejecutan ninguna acción para controlar las aguas grises. (Soto-Cordoba, Pino-Gómez, & Gaviria-Montoya, 2016) De todos los problemas detectados, es la disposición inadecuada de estas aguas el más importante, ya que ninguna autoridad interviene en estos casos, a menos que se trate de aguas negras. En las materias ambientales existen competencias compartidas entre las siguientes instituciones: Ministerio de Salud (fiscalización de la calidad del agua que recibe la población), Ministerio de Ambiente y Energía (concesión de agua a entes públicos y privados), Ministerio de Agricultura y Ganadería (programa triple lavado de envases de agroquímicos y riego), Ministerio de Planificación (programas ambientales), Instituto Costarricense de Turismo (concesión de agua para fines recreativos), Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo (visado de planos para la construcción de proyectos habitacionales), AyA (fiscaliza las ASADAs y da apoyo técnico), Instituto Costarricense de electricidad (elimina los residuos sólidos en los embalses para la producción de energía eléctrica), Servicio Nacional de Riego y Avenamiento (responsables de emitir criterio técnico para el uso de agua subterránea), Comisión Nacional de Prevención de riesgos y Mitigación de Emergencias (actúa en caso de desastres naturales), Autoridad reguladora de servicios

públicos (determina las tarifas de cobro por servicio del agua), Contraloría General de la República (autoriza la ejecución de presupuestos según el cumplimiento de las normas ambientales).

Las ASADAs no realizan ninguna actividad de saneamiento ambiental ya que no cuentan con el conocimiento técnico ni el presupuesto adecuado, aunque la ley les otorga responsabilidades ambientales en estos temas.

El país cuenta con una ley general de salud que especifica que cualquier persona o ente que atente contra la salud pública estará sujeto a sanciones, el reglamento de vertido y re-uso de aguas residuales, compete a grandes entes generadores como industrias, pero no existe normativa clara referente al vertido desde las viviendas, a excepción de los vertidos de aguas negras que están penalizados.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La zona rural de la provincia de Cartago actualmente no presenta serios problemas de contaminación ambiental, en parte, debido a la baja densificación de la población que vive en las mismas, a excepción de las comunidades de Higuito y San Isidro de Tejar del Guarco, y Cot de Oreamuno. A pesar de esto es preocupante que el 100 % de las aguas residuales grises se descarguen directamente sin tratamiento en las fuentes de agua superficial, se utilicen masivamente y sin los debidos controles, los tanques sépticos para el tratamiento de excretas, y la fiscalización estatal sea insuficiente.

De acuerdo con este estudio, la posibilidad de contaminación del recurso del hídrico en un futuro cercano es muy alta, por lo tanto, la sostenibilidad ambiental de las zonas rurales está en riesgo. Si se considera, el aumento de la población sumado a la poca inversión en saneamiento, el país comenzará a sentir los problemas ambientales a pesar de las condiciones favorables de autodepuración que históricamente han tenido los cuerpos de agua en las zonas rurales.

Existen muchas razones por las cuales el tratamiento de aguas residuales en Costa Rica es deficitario, entre éstas se puede citar: a) inversión insuficiente para garantizar el crecimiento de infraestructura de saneamiento, b) políticas nacionales que se han enfocado en otros objetivos, c) planes de gobierno que no le han dado prioridad al saneamiento en los últimos 50 años y d) régimen de lluvias abundante que arrastra la contaminación desde los sitios donde se produce, provocando un efecto aparente de ambientes limpios, sin embargo, el sector costero está fuertemente alterado.

Para disminuir el riesgo asociado a los vertidos existen varias opciones que el país podría implementar:

- a) soluciones de tratamiento individuales, las cuales se desarrollan con poca inversión económica, pero gran inversión educativa y de concienciación ambiental.
- b) Supervisión del mantenimiento y operación de los tanques sépticos
- c) Fiscalización de las nuevas construcciones de tanques sépticos de forma que se garantice su eficiencia y se coloquen en una posición favorable para futuras conexiones a los alcantarillados sanitarios

- d) Construcción de alcantarillados sanitarios rurales
- e) Construcción y operación de plantas de tratamiento de aguas residuales.

Es necesario que las instituciones se pongan de acuerdo para generar un plan de mejoramiento en el saneamiento ambiental de las zonas rurales del país.

Bibliografía

- Alvarado, L., Contreras, W., Alfaro, M., & Jimenez, E. (2012). *Escenarios de cambio climático regionalizados para Costa Rica*. MINAET. Obtenido de http://cglobal.imn.ac.cr/sites/default/files/documentos/escenarios_de_cambio_climatico_digital_0.pdf
- Angulo, F. (2013). *Estado de la Nación Décimo Noveno Informe en Desarrollo Humano Sostenible*. San José, Costa Rica: Estado de la Nación.
- APA-AWWA-WEF. (2012). *Standar Methods for the examination of water and wastewater*.
- Astorga, E. (2015). *Situación recursos hídricos en Centroamérica, situación Costa Rica*. San José, Costa Rica: GWP.
- Bank, T. W. (7 de marzo de 2017). *Improved water source (% of population with access)*. Obtenido de <http://data.worldbank.org/indicador/SH.H2O.SAFE.ZS>
- Barrantes, K., Pardo, V., & Achí, R. (2004). Brote de diarrea asociado a Chigella Sonnei debido a contaminación hídrica, San José, Costa Rica, 2001. *Revista Costarricense de Ciencias Médicas*, 15-24.
- Calvo, J. (1990). Water resources development in Costa Rica 1970–2000. *Hydrological Sciences Journal*, 185-196.
- Dallas, S., Scheffé, B., & Goen, H. (2004). Reedbeds for greywater treatment - case study in Santa Elena - Monteverde, Costa Rica, Central America. *Ecological Engineering*(23), 55-61. doi:DOI: 10.1016/j.ecoleng.2004.07.002
- Fallas, F. R. (2012). *Gestión de las Excretas y aguas residuales en Costa Rica, situación actual y perspectiva*. San José: AyA. Obtenido de <https://www.aya.go.cr/centroDocumentacion/catalogoGeneral/Gesti%C3%B3n%20de%20las%20Excretas%20y%20Aguas%20Residuales%20en%20Costa%20Rica%20%20Situaci%C3%B3n%20Actual%20y%20Perspectiva.pdf>
- FDA. (1994). *Pesticide Analytical Manual (PAM)* (3er ed., Vol. I). New York.
- García, V., Acuña-González, J., Vargas-Zamora, J., & J, García-Céspedes (2006). Calidad bacteriológica y desechos sólidos en cinco ambientes costeros de Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 35-48.
- Gaviria-Montoya, L., Pino-Gómez, M., & Soto-Córdoba, S. (2016). *Evaluación de la ASADA de Cot, Oreamuno, desde una perspectiva del uso sostenible del recurso hídrico*. Cartago.

- GobiernoCR. (30 de marzo de 2015). A y A construye la planta de tratamiento de aguas residuales más grande de Centroamérica. *GobiernoCR*.
- UNESCO (2012). *Urban Waters in Costa Rica, in Urban Water Challenges in the Americas, a perspective from the academies of sciences*. Mexico: Academies of Sciences.
- INEC. (2011). *Costa Rica-X Censo Nacional de Población y VI de Vivienda, Censo 2011*. San José, Costa Rica.
- INEC. (Julio de 2016). *INEC Costa Rica*. Obtenido de Manual de Clasificación Geográfica con Fines Estadísticos de Costa Rica.: <http://www.inec.go.cr/sites/default/files/documentos-biblioteca-virtual/meinstitucionalmcgfcfcr.pdf>
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, Costa Rica. (2011). Obtenido de <http://www.inec.go.cr/>
- Leiva, L. L. (2007). *Valoración de la calidad del agua en los principales ríos de las cuencas Grande de Tárcoles y Reventazón, mediante el análisis de la PSO, DBO y N\$ para la clasificación mediante el sistema Holandés*. Cartago: Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Mander, U., & Kuusemets, V. (2005). Purification processes, ecological functions, planning and design of riparian buffer zones in agricultural watersheds. *Ecological Engineering*, 421-432.
- MINAE, M. d. (15 de diciembre de 2017). *página de AyA*. Obtenido de <https://www.aya.go.cr/Noticias/Documents/Politica%20Nacional%20de%20Saneamiento%20en%20Aguas%20Residuales%20marzo%202017.pdf>
- Ministerio de Salud, Regional Este. (2014). Base de datos de ASADAs oficina Regional Este Ministerio de Salud. Cartago.
- Ministerio de Vivienda y Asentamientos Humanos. (12 de septiembre de 2017). *Documentos Plan GAM 2013*. Obtenido de <https://www.mivah.go.cr/Documents/PlanGAM2013/01-DIMENSIONES/Infraestructura.pdf>
- Mora, D. (2009). Calidad Sanitaria de las aguas de la playa Jacó, Costa Rica 1986-2008. *Revista Costarricense de Salud Pública*, 5-9.
- Mora, D. (2011). *La comparación en el acceso a saneamiento en Costa Rica con respecto a América Latina y Caribe en período 1960-2010*. San José.
- Nación, E. d. (2007). *Décimo tercer informe Estado de la Nación*. San José.
- Nación, La. (s.f.). *La Nación*. Obtenido de 2. <http://gobierno.cr/a-y-a-construye-la-planta-de-tratamiento-de-aguas-residuales-mas-grande-de-centroamerica/>
- Poder Ejecutivo, Costa Rica. (22 de diciembre de 2005). Decreto N° 31545-S-Minae. *Reglamento de aprobación y operación de sistemas de tratamiento de aguas residuales*. Obtenido de <http://search.bvsalud.org/cvsp/resource/es/rep-174193>
- Reynolds-Vargas, J., Fraile-Merino, J., & Hirata, R. (2006). Trends in Nitrate Concentrations and Determination of its Origin Using Stable Isotopes (O and N) in Groundwater

of the Western Central Valley, Costa Rica. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 229-236.

Rodríguez, A., Mata, A., & B, C. (1984). Calidad de las aguas de los ríos Toyogres y San Nicolás Cartago, Costa Rica, 1980-1982. *Tecnología en Marcha*, 3-7.

Sampieri, R., Collado, C., & Lucio, P. (2002). *Metodología de la Investigación*. 3era Edición, México: Mc Graw Hill.

SETENA, Ministerio de Ambiente y Energía. (18 de Marzo de 2016). Proyecto Alcantarillado Sanitario Cantón Central Cartago. San José, Costa Rica. Obtenido de <https://www.setena.go.cr/wp-content/Doc/RESOLUCIONES%20COMISION%20PLENARIA/2016/RES-531-2016.pdf>

Siegrist, R., & Lowe, K. (2008). Controlled field experiment for performance evaluation of septic tank effluent treatment durant soil infiltration. *Journal of Environmental Engineering*, 135, 1-9. doi:10.1061

Silva, H. (2013). *Evaluación de línea base gestión de aguas residuales Costa Rica*. Jamaica: Caribbean Regional Fund for Wastewater Management.

Soto-Cordoba, S., Pino-Gómez, M., & Gaviria-Montoya, L. (2016). Build up a data base to determine the management of drinking water in the Province of Cartago, Costa Rica. *Journal of water, sanitation and hygiene for development*, 584-592.

Umaña-Quiros, B. (Noviembre de 2014). *Repositorio del TEC*. Obtenido de https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/6148/Analisis_Hidrologico_Cuena_Rio_Toyogres_Modelo_HEC_HMS.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Umaña-Villalobos, G., & Springer, M. (2006). Variable ambiental en el río Grande de Térraba y de sus afluentes, Pacífico sur de Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 265-272.

Yamane, T. (1967). *Statistics: An Introductory Analysis*, 2nd Edition, New York: Harper and Row.

Enviado el: 19/09/2017

Aceptado en: 25/02/2019

<http://dx.doi.org/10.1590/1809-4422asoc20170156r2vu2019L2AO2019;22:e01562>

Artículos Originales

ESTUDIO DE CASO: DISPOSICIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS EN ZONAS RURALES DE COSTA RICA

Resumen: Este artículo brinda información recolectada en las zonas rurales de la Provincia de Cartago sobre la gestión de las aguas grises y negras, durante los años 2014 hasta el 2016. Se evaluaron 63 comunidades de la provincia. Para esto se recabó información a partir de una encuesta aplicada a 614 hogares ubicados en área rural. También se obtuvo información a través de visitas de campo y muestras de aguas superficiales y residuales para su respectivo análisis fisicoquímico y microbiológico. Se encontró que el 100 % de las zonas rurales disponen sus aguas grises en los ríos circundantes y que el 87 % de las aguas negras son tratadas en sistemas de tanques sépticos. Se observa contaminación en las fuentes superficiales debido al aumento de la densidad de la población en las zonas rurales y el vertimiento sin tratamiento de aguas grises.

Palabras Clave: Aguas residuales, saneamiento, zonas Rurales, tanques sépticos

Resumo: Este artigo compila informações sobre a gestão de águas cinzas e negras em áreas rurais da província de Cartago na Costa Rica, durante os anos de 2014 até 2016. Foram avaliadas 21 de um total de 135 comunidades. Os dados apresentados são referentes a 614 famílias localizadas nas áreas rurais da província. Foram realizadas visitas a campo para identificação do destino final dos efluentes e amostragem de águas superficiais para a respectiva análise físico-química e microbiológica. Verificou-se que em 100% das comunidades avaliadas, despejam, sem tratamento prévio, a água cinza diretamente em rios circundantes e que 87% das águas negras é tratada em sistemas de tanques sépticos. A poluição é observada nas fontes superficiais devido ao aumento da densidade populacional nas áreas rurais e à descarga sem tratamento de água cinza.

palavras-chave: águas residuais, o saneamento, as áreas rurais, fossas sépticas

Abstract: This article provides information on the management of the grey and toilet water collected in rural areas of the province of Cartago, from the years 2014 to 2016. For this research, information was gathered from a survey applied to 614 households located in rural areas. Information was also obtained through field visits and a physic-chemical and microbiological analysis of surface and residual waters. It was found that 100% of grey water from houses in rural areas are thrown into their surrounding rivers and 87% of wastewaters are treated in septic tank systems. Pollution is observed in the surface water

sources due to the increase in population density in rural areas and the discharge without greywater treatment.

Keywords: Waste water, sanitation, sewage systems, septic tanks
