



# Valoración económica del uso de tecnologías de saneamiento ecológico para aguas residuales domiciliarias<sup>1</sup>

Mary Luz Moreno Díaz

Centro Internacional de Política Económica para el Desarrollo Sostenible (CINPE-UNA). Apartado  
2393-3000 Heredia-Costa Rica

[mmoreno@una.ac.cr](mailto:mmoreno@una.ac.cr)

Fecha de recepción: 07/04/2008. Fecha de aceptación: 16/10/2008

## Resumen

En Costa Rica solamente el 4% de la población cuenta con Alcantarillado Sanitario (AS) y planta de tratamiento en funcionamiento. Lo anterior ha contribuido a generar costos ambientales muy grandes, no solamente por el deterioro en la calidad y cantidad de los recursos naturales vitales como el agua, sino porque este deterioro ocasiona costos adicionales como enfermedades y disminución en los rendimientos de actividades productivas dependientes de estos recursos. Si se implementan tecnologías de saneamiento ecológico se reducen notablemente los costos ambientales provocados por las tecnologías tradicionales. En el presente trabajo se especificaron dos modelos en los que se obtuvo como aproximación que cada familia del área Metropolitana de San José (Costa Rica) incurre en un costo ambiental de entre US\$305 (si cuenta con Alcantarillado Sanitario) y US\$ 509 (si cuenta con tanque séptico y no tratamiento de aguas servidas- TAS). Si se tiene en cuenta que hay cerca de 400.000 familias en esta área el costo total asciende a entre US\$122 (con AS) y US\$203 (TAS) millones de dólares al año. Esta información es muy valiosa como herramienta para mejorar los actuales sistemas de tratamiento y crear conciencia en la ciudadanía.

**Palabras clave:** Aguas residuales, valoración ambiental, tanques sépticos, productividad, enfermedades.

## Abstract

In Costa Rica only 4% of the population has Sanitary Sewage System (SSS) with treatment plant in operation. This has contributed to generate very high environmental costs, not only by the deterioration in quality and quantity of a vital natural resource like water, but also because this deterioration causes additional costs like the diseases and the diminution in the productivity of some economic activities that depend on this natural resources. If technologies of ecological sanitation are implemented, the environmental costs caused by traditional technologies are reduced significantly and their costs of implementation are relatively low for families. In the present work two models were specified in which each family of the Metropolitan area of San José (Costa Rica) incurs in an environmental cost of between US\$305 (with Sanitary Sewage System - SSS) and US\$ 509 (with septic tank and no treatment of served water - NTSW). Considering that 400,000 families live in this area the total annual environmental cost ascends to between US\$122 (with SSS) and US\$203 (NTSW) million dollars. This information is very important as a tool to improve the present systems of treatment and to raise awareness among the population.

**Key words:** Waste waters, environmental valuation, septic tank, productivity, diseases.

<sup>1</sup> Este trabajo se realizó gracias al apoyo financiero y técnico brindado por la Asociación Centroamericana para la Economía, la Salud y el Ambiente (ACEPESA) en el marco del proyecto ISSUE para el documento "Cuantificación de los beneficios netos de las tecnologías propuestas para el saneamiento ecológico (ECOSAN, ecological sanitation)".



## I. Introducción

El presente artículo tiene por objetivo realizar una aproximación de los beneficios netos de la implementación de tecnologías de saneamiento ecológico y una aproximación de los costos ambientales producidos por las tecnologías tradicionales (tanques sépticos) o no tratamiento. Los datos aquí generados pueden ser usados como herramienta para generar nuevos estudios que permitan incluir estos datos en la política ambiental y como herramienta de concientización tanto de los tomadores de decisiones como de la población en general.

El objetivo se cumple estructurando una metodología general que permite el análisis de las diferentes tecnologías de forma coherente y que se desarrolla en la sección II del presente artículo. Asimismo, se estructuró una metodología de cuantificación, presentada en la sección III que permite la aproximación a los beneficios y los costos ambientales tanto de las tecnologías tradicionales como de las tecnologías de saneamiento ecológico.

En la sección IV se analizan los resultados obtenidos de los diferentes modelos empleados para las tecnologías tradicionales y para las tecnologías ECOSAN. Finalmente, en la última sección se presentan las principales conclusiones y recomendaciones del presente estudio.

## II. Antecedentes y justificación

### II.1. Tecnologías tradicionales

Las prácticas sanitarias promovidas actualmente se basan en: i) la construcción de tanques sépticos que “escondan” las excretas en hoyos profundos, ii) enviarlas a través de los sanitarios a los ríos, lagos y al mar (Winblad & Simpson-Hébert 2004: 8), iii) depositarlas directamente en los cauces de los ríos empleando letrinas o iv) emplear alcantarillados sanitarios, enviándolas por sistemas de tuberías a plantas de tratamiento. Esta última opción es la que menos se emplea debido a sus altos costos.

Dos de las principales desventajas de los sistemas convencionales utilizados para el manejo de aguas residuales son: a) consumo de agua valiosa para la limpieza de las excretas en los sanitarios y b) contaminación de las aguas por nutrientes, sustancias peligrosas, patógenos y residuos farmacéuticos provocando enfermedades y disminución de la productividad en actividades económicas que utilizan el recurso hídrico en sus actividades (Marín et al. 2004: 4).

En Costa Rica se calcula que una persona que vive en una ciudad grande usa en promedio 250 litros de agua al día que se distribuyen según muestra la Tabla 1 (Municipalidad de Belén 2005: 4).

Tabla 1. Cantidad de agua gastada por una persona al día por uso en la municipalidad de Belén.

Actividad	Cantidad de litros/día	%
Ducha	100	40
Sanitario	50	20
Lavado	30	12
Lavado de loza	25	10
Alimentos	15	6
Jardín	15	6
Otros	15	6
Total	250	100

Fuente: Municipalidad de Belén 2005: 4

Aunque la mayor cantidad de agua se emplea en la ducha 40%, hay un alto porcentaje (20%) que se destina al sanitario y el que podría ser disminuido drásticamente si se emplean tecnologías de saneamiento ecológico.

Es importante también analizar que en Costa Rica los sistemas actuales de tratamiento de aguas residuales conllevan contaminación de los recursos naturales especialmente el hídrico y enfermedades humanas. Solamente uno de cada 20 habitantes (5%), recibe el servicio de alcantarillado sanitario y planta de tratamiento o depuradora. Este porcentaje disminuye a un 4% cuando se habla de que estas plantas estén realmente en funcionamiento. La mayor cobertura se encuentra en San José (51%), seguida por Heredia y Cartago (15%), en las restantes regiones la cobertura es menor al 10% (Segura et al. 2004: 48).



La mayor parte de las plantas depuradoras de la GAM, se encuentran en estado de abandono; algunas operan al mínimo, muchas no poseen manual de operación y mantenimiento, aparte de que descargan en forma directa sobre los ríos. Fuera de la GAM existen algunas plantas depuradoras que fueron construidas hace más de 20 años y ya cumplieron su período útil (Segura et al. 2004: 42).

Los principales ríos de Costa Rica tienen un alto grado de contaminación por aguas residuales, ejemplo de lo anterior, es que la contaminación de la Cuenca del Río Grande Tárcoles que recibe aproximadamente el 67% de la carga orgánica del país y ha empezado a tener problemas de contaminación especialmente por nitratos producto del uso de fertilizantes en los cultivos de café, por la percolación de las aguas negras provenientes de la utilización intensiva de más de 200.000 tanques sépticos y por la filtración de aguas contaminadas a los mantos acuíferos (Villalta et al. 2004: 6). Esto evidencia que la urgencia de tratar las aguas servidas domésticas es un problema que se debe tratar a la brevedad.

El Río Virilla, uno de los más importantes del país, esta siendo contaminado diariamente con 250.000 metros cúbicos de aguas residuales, junto con el Río Reventazón reciben el 70% del total de aguas residuales sin tratar de todo el país (Avalos 2004). El gran problema de los tanques sépticos es que no se realizan estudios previos de infiltración del suelo. Los tanques se construyen sin conocimiento del nivel freático; consecuentemente hay filtración de materia fecal a los acuíferos (Reynolds 1997).

Las heces contienen microorganismos patógenos, que son diferentes tipos de bacterias, virus, protozoos y organismos que transmiten enfermedades como el cólera, fiebre tifoidea, fiebre paratifoidea, gastroenteritis, enteritis por rotavirus, gastroenteritis y hepatitis A entre otras (véase Tabla 2). En el 2005 la shigellosis, las diarreas y gastroenteritis, la hepatitis aguda A y la enteritis provocaron que aproximadamente 3.551 pacientes debieron ser atendidos en la Caja Costarricense del

Seguro Social por molestias producidas por estas enfermedades, el costo que genera la atención de estos pacientes es de aproximadamente ₡772.143.00, más los días de incapacidad que son alrededor de 7,7 días (CCSS 2005). En los países en vías de desarrollo las enfermedades producidas por estos patógenos son uno de los motivos más importantes de muerte prematura, sobre todo en niños (Echarri 1998).

Tabla 2. Enfermedades de origen bacteriano y viral.

Enfermedad	Agente causal	Alimentos involucrados
Fiebre tifoidea	<i>Salmonella typhi</i>	Frutas y verduras regadas con aguas servidas, alimentos contaminados por un manipulador enfermo.
Fiebre paratifoidea	<i>Salmonella paratyphi</i>	Frutas y verduras regadas con aguas servidas, alimentos contaminados por un manipulador enfermo.
Shigellosis	<i>Shigella dysenteriae</i> , <i>S. flexneri</i> , <i>S. boydii</i> , <i>S. sonnei</i>	Frutas y hortalizas regadas con aguas servidas. Manos del manipulador portador.
Gastroenteritis y diarrea	<i>Escherichia coli</i> patógena	Alimentos o agua contaminada con la bacteria.
Cólera	<i>Vibrio cholerae</i>	Pescados o mariscos crudos, alimentos lavados o preparados con agua contaminada.
Hepatitis A	Virus de la hepatitis A	Verduras regadas con aguas servidas.
Enteritis por rotavirus	Rotavirus	Agua y alimentos contaminados con fecas.

Fuente: FAO 2003

Además de los efectos en la salud, las aguas residuales tienen efectos también sobre los ecosistemas ya que destruyen su cantidad y calidad. No sólo los recursos hídricos se ven comprometidos sino también la flora y fauna y los recursos boscosos. Este daño a los ecosistemas ha producido grandes costos a actividades que dependen de ellos, tal es el caso del Golfo de Nicoya en el que el daño ambiental provocado se calcula en ₡129.285 millones. En este daño se incluye la pérdida de especies marinas como peces,



camarones, langostas y moluscos, como ostiones y otras conchas. También se toma en cuenta la afectación a los pescadores, que cada vez pueden obtener menos producto del golfo (Loaiza 2006).

## II. 2. Saneamiento ecológico

El saneamiento ecológico es una alternativa a los enfoques tradicionales de disposición de aguas residuales y jabonosas y de aguas de lluvias.

Los sistemas de saneamiento ecológico, están basados en la implementación sistemática del reuso y reciclaje de nutrientes y agua como una alternativa higiénicamente segura a las soluciones tradicionales. Estos sistemas son capaces de recuperar nutrientes de las excretas y orina humanas para beneficiar la agricultura, así como ayudar a la preservación de la fertilidad del suelo, garantizar la seguridad alimentaria para futuras generaciones, minimizar la contaminación del agua y recuperar bioenergía. Estos sistemas aseguran que el agua es usada económicamente y es reciclada de una manera segura para irrigación o recarga subterránea, así como aprovechamiento para consumo humano (Werner 2003). Como muestra la Figura 1, en los sistemas basados en esta aproximación, las aguas amarillas (orina), pardas (producto de la evacuación de las heces por medio del sanitario), grises (producto de la limpieza de la ropa, casa, el baño y la preparación de alimentos), azules (agua lluvia) son tratadas en ciclos cerrados que descomponen los microorganismos patógenos y permiten la reutilización del agua. Con lo anterior, no sólo se hace uso eficiente de los recursos naturales sino que además se evita la contaminación ambiental.

### ***Inodoros de bajo caudal de agua, separadores de orina y heces e inodoros secos***

Los diferentes sistemas de inodoros bajo la visión de saneamiento ecológico, permiten captar en sistemas de tratamiento tanto la orina como las heces para su posterior utilización en actividades como la agricultura

(abono). Aunque los tres tipos de inodoros (de bajo caudal, separadores de orina y secos) emplean diferente cantidad de agua, esta no excede de 6 litros por descarga.

En los *inodoros de bajo caudal* la descarga se hace en forma directa hacia el sistema de tratamiento a utilizar. Por lo anterior, se debe establecer una condición vertical o con ángulos de descarga de 45°.

Estos inodoros no cuentan con sifones o trampas para evitar la salida de olores hacia el cuarto de baño, por lo que al utilizarlos se requiere la instalación adicional de extractores mecánicos o eléctricos (Rosales 2006).

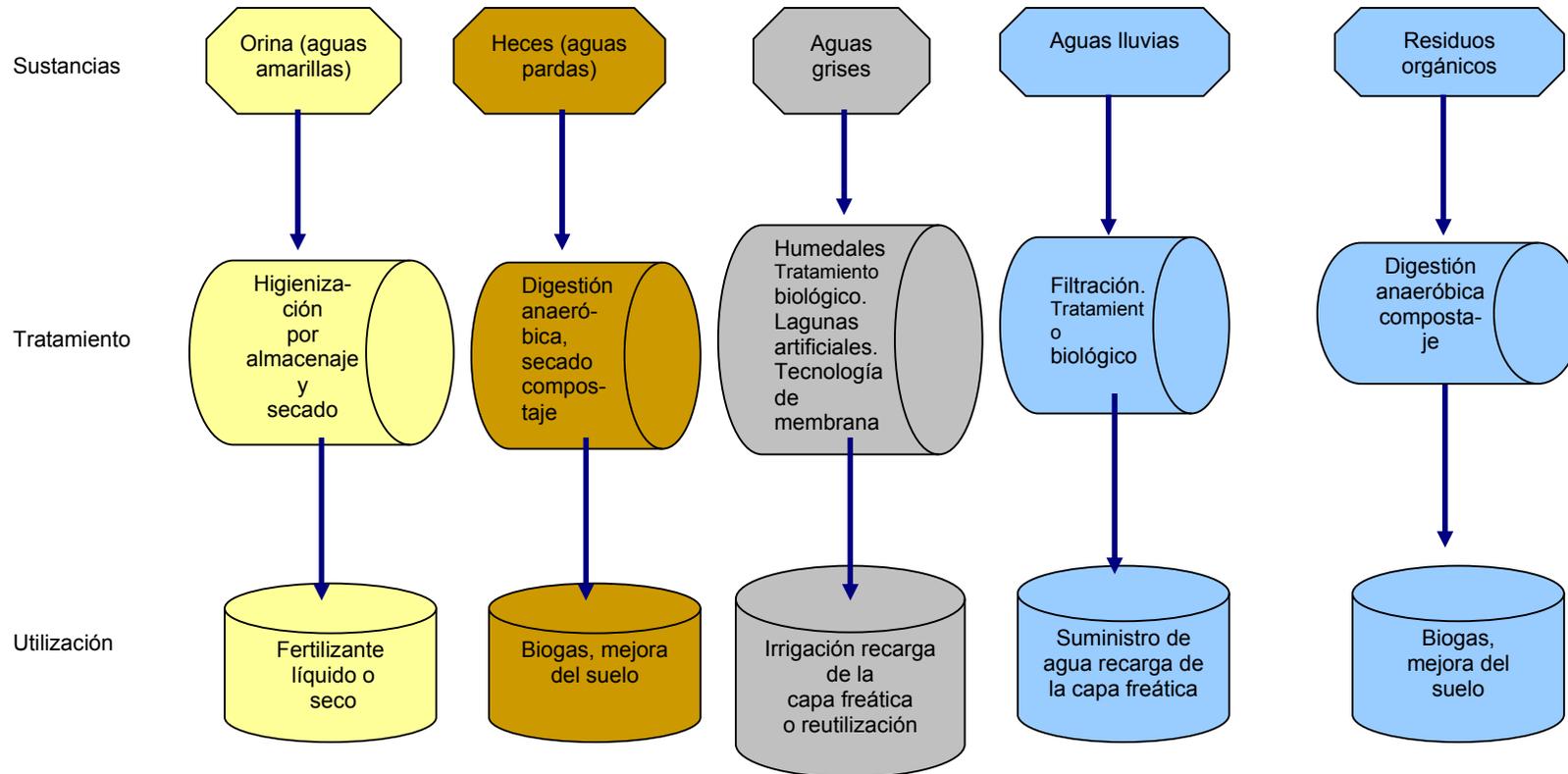
Los *inodoros separadores* son diseñados con dos compartimientos, uno para el depósito de orina y otro para el depósito de excretas, permitiendo el empleo de los nutrientes de la orina en forma segura sin microorganismos transmisores de enfermedades y el tratamiento de las heces. En este sistema, las heces caen en forma directa a recipientes o al sistema de tratamiento que para ellas se instale y los orines, usualmente se recogen en otros recipientes para su posterior tratamiento. Por lo general, los sistemas de tratamiento se encuentran directamente debajo del piso (Rosales 2006).

Los *inodoros secos* permiten la descarga directa de excretas (heces y orines) hacia el sistema de tratamiento sin el empleo de agua. Estos inodoros son "tazas" que se pueden fabricar en diferentes materiales. Se diferencian de las letrinas por el complemento que de ellos se hace con el sistema de tratamiento. Además, se les colocan sistemas mecánicos o eléctricos para la extracción de gases. Estos inodoros secos se pueden colocar en un cuarto de baño, dentro de la casa, teniendo el sistema de tratamiento directamente debajo, en un nivel inferior (Rosales 2006).



Figura 1. La estrategia del saneamiento ecológico

La separación de:



Fuente: Tomado de Marín et al. 2004: 5



## Biojardineras

Son unidades para el tratamiento de aguas grises, principalmente las que provienen de una vivienda, aunque también se usan en proyectos de dimensiones mayores como comunidades, residenciales, industrias y hoteles. Es un recipiente o excavación impermeable. No se le debe escapar el agua. Puede construirse con diferentes materiales como concreto, ferrocemento, bloques o ladrillos, plásticos reforzado con fibra de vidrio o simplemente logrando impermeabilizar el suelo con telas de plástico o con el mismo suelo si es arcilloso. Aunque su mantenimiento es sencillo hay que realizarlo periódicamente (Rosales 2005).

## La recolección de agua de lluvia

Este sistema permite la recolección de aguas de lluvia en las casas empleando una tubería y un tanque de aproximadamente 250 litros, dependiendo del tamaño de la vivienda. Este sistema se encuentra en estudio en el proyecto ISSUE, que se encuentra realizando ACEPESA y no se incluirá para el análisis de costos en el presente artículo.

## III. Metodología

Para el cálculo de los costos de las tecnologías tradicionales y su comparación con los beneficios de las tecnologías de saneamiento ecológico se siguió la siguiente metodología:

1. Se caracterizaron los costos de las tecnologías actuales de tratamiento de aguas grises y manejo de excretas y los costos de las tecnologías de saneamiento ecológico. Los costos asociados a los dos tipos de tecnología se tipificaron como; la inversión inicial en materiales y mano de obra, el mantenimiento y los costos ambientales:

$$CT = CF + CV + CA$$

Donde:

CT: Costo total de colocar la tecnología (tanque séptico, sanitarios ecológicos, etc.)

CF: Costo de materiales y mano de obra  
CV: Costo de mantenimiento  
CA: Costos ambientales

2. Se tipificaron los principales costos asociados a las tecnologías tradicionales y sus metodologías de cálculo. Estos costos se analizaron desde tres puntos de vista diferentes:

**a. Enfermedades.** Para el presente documento se tomó la diarrea como la principal enfermedad causada por la contaminación hídrica proveniente de aguas residuales. Se debe calcular cual es el costo de curar a una persona enferma por esta causa. Para lo anterior, se requieren los datos de los gastos médicos incurridos, los salarios extra para un suplente de los días dejados de trabajar por el enfermo o por su pariente más cercano (cuando se trata de niños) y si es posible el costo emocional causado al enfermo.

**b. Costo evitado al implementar un alcantarillado sanitario apropiado.** Al implementar un alcantarillado sanitario se estarían eliminando los costos asociados con enfermedades y los costos de limpieza.

**c. Costo de los daños causados a otros actores sociales.** Se calculó el impacto económico que tiene sobre otras actividades la contaminación por aguas residuales y jabonosas y se sumó al costo de las enfermedades.

3. De conformidad con el análisis anterior se emplearon dos tipos de técnicas de Valoración para calcular los costos ambientales de las tecnologías tradicionales (Azqueta 1994; Dixon et al. 1994; Garrod & Willis 1999):
  - Técnicas que utilizan los valores de mercado: Técnica de cambios en productividad y la técnica de costos de enfermedad.
  - Técnicas que utilizan valores directos de los gastos reales y potenciales: Técnica de costo-efectividad.
4. Utilizando los datos disponibles y las metodologías mencionadas anteriormente se especificaron dos modelos:



### Modelo 1. Empleando la técnica de costos de enfermedad y la técnica de cambios en productividad.

Se incluyeron los costos en que incurre una familia de 5 personas en la instalación y mantenimiento de un tanque séptico. A estos costos se le sumarán los costos ambientales generados por esta misma familia y representados por la contaminación del agua por aguas residuales que producen enfermedades y disminución en la producción de actividades productivas como la pesca.

### Modelo 2. Empleando la técnica de costo-efectividad. Alcantarillado sanitario

Se incluyeron los costos de la conexión de una familia de 5 personas al alcantarillado sanitario que la empresa de Acueductos y Alcantarillados (A y A) está gestionando ante la Asamblea Legislativa.

- Se tipificaron los principales costos asociados a las tecnologías de saneamiento ecológico que básicamente se limitan a la inversión inicial en la infraestructura necesaria para el funcionamiento de las mismas y algunos gastos corrientes.
- Se utilizaron los costos obtenidos de las tecnologías tradicionales como beneficios de las tecnologías de saneamiento ecológico.
- En cada uno de los modelos se proyectan los costos a 15 años aplicando el **Valor presente de los costos**. Empleando la fórmula del Valor Actual Neto:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{Ct}{(1+i)^t}$$

Donde:

VAN= Valor actual neto de los costos  
Ct= Costos variables y ambientales  
i= Tipo de descuento (se empleó 12%)  
t= Tiempo = 15 años.

## IV. Resultados

### IV.1. Resultados Costos Tecnologías Tradicionales

#### Modelo 1. Empleando las técnicas de costos de enfermedad y cambios en productividad

En el caso de las enfermedades se trabajó con los datos sobre número de enfermos por diarrea y costos de atender a estos enfermos que brinda la CCSS, en el caso de las actividades productivas se empleó el costo que tiene para la actividad pesquera del Golfo de Nicoya la contaminación por aguas servidas. Los datos obtenidos fueron (véase detalle en el Anexo 1):

Total costo por enfermedad: ₡127.922 (US\$ 248)<sup>2</sup>  
(costo ambiental)

Costo a otras actividades= ₡135.749 (US\$ 263)

De los datos obtenidos anteriormente, se concluye que una aproximación al costo ambiental ocasionado por cada familia por el uso de tecnologías tradicionales para el tratamiento de aguas residuales es de:

CA= Costos de enfermedad + Costos para otras actividades

CA= 127.292 + 135.749

**CA= ₡263.041 (US\$ 510)**

Empleando la fórmula del VAN y los datos de CV y CF de la Tabla 3, se obtienen que los costos reales en que incurre una familia al emplear un tanque séptico en un período de 15 años que son de 3.052.834 colones (US\$5.918). Los costos ambientales para ese periodo serían de 1.7 millones de colones (US\$3.296).

<sup>2</sup> Tipo de cambio 515, 81 colones por dólar (tipo de cambio promedio noviembre 2006)



Tabla 3. Uso de tanque séptico. Modelo 1

Concepto	Monto	Unidad
Costo tanque para familia 5 personas (CF)	1.200.000	colones
Costo de mantenimiento (CV)	9.000	colones/año
Costos ambientales por año (CA)	263.041	colones/año
Valor actual neto + CF	3.052.834	colones (15 años)
Costos ambientales para 15 años	1.791.536	colones (15 años)

Fuente: Elaboración propia con base en datos de la CCSS y de Loaiza (2006)

Tabla 4. Tecnologías tradicionales. Modelo 2

Ítem	Monto	Unidad
Costo fijo de acceder al alcantarillado por familia	206.000	colones
Costos de mantenimiento	3.068	colones/año
Costos ambientales (60% de CA del modelo 1)	157.825	colones/año
Valor actual neto + CF	1.301.817	colones (15 años)
Costos ambientales	1.074.921	colones (15 años)

Fuente: Elaboración propia con base en datos obtenidos del Modelo 2 y Sancho (2006)

## Modelo 2. Costos asociados al alcantarillado sanitario

De acuerdo con la Tabla 4, el costo real en que incurre una familia al emplear el alcantarillado sanitario en un período de 15 años es de 1.3 millones de colones (US\$2.524). Los costos ambientales para ese periodo serían de 1 millón de colones (US\$2.084). El costo ambiental disminuye en un 40% en relación con el del modelo 1, ya que el alcantarillado reducirá un 40% de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)<sup>3</sup> (Sancho 2006).

## IV.2. Costos de los Modelos de Saneamiento Ecológico.

### Sanitarios ecológicos

De acuerdo a la Tabla 5, el costo real en que incurre una familia al emplear un sanitario ecológico en un período de 15 años es de 480 mil colones. Este costo está representado básicamente por los costos de mantenimiento y el CF inicial. Para los costos de mantenimiento se ha supuesto que se debe limpiar el tanque compostero por lo menos una vez cada dos semanas y que se

utiliza un obrero que cobrará más o menos 1000¢ cada vez que lo revisa (véase detalle en el Anexo 2).

Esta tecnología no tendría costos ambientales por lo tanto, **el beneficio** de su uso podría aproximarse a 1.8 millones de colones en 15 años por el ahorro de los costos ambientales incurridos en el uso de las tecnologías tradicionales.

### Biojardineras

En la Tabla 6, se presentan que los costos reales en que incurre una familia al construir biojardineras para el re-uso del agua gris empleada en la casa. Este costo esta representado básicamente por los costos de mantenimiento y el costo fijo inicial. Para los costos de mantenimiento se ha supuesto que se debe comprobar el funcionamiento de la biojardinera por lo menos una vez a la semana y esto puede tomar media hora y que se emplea un obrero que cobrará más o menos 500¢ cada vez que realice el trabajo (véase detalle en el Anexo 2).

Al igual que la tecnología de sanitarios ecológicos, esta tecnología no tendría costos ambientales.

<sup>3</sup> Se plantea como hipótesis que al aumentar la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), debido a la contaminación, el daño ambiental aumenta también. Si se reduce la demanda de DBO por el uso del alcantarillado sanitario se disminuye la contaminación y el costo ambiental asociado.



Tabla 5. Costos Sanitarios ecológicos

Ítem	Monto	Unidad
Costo para familia 5 personas (CF)	316.889	colones
Costo de mantenimiento (CV)	24.000	colones/año
Costos Ambientales por año	0	colones/año
Valor actual neto+ CF	480.349	colones/15 años
Costos ambientales para 15 años	0	

Fuente: Elaboración propia con base en datos de ACEPESA

Tabla 6. Costos de las biojardineras

Ítem	Monto	Unidad
Costo para familia 5 personas (CF)	173.660	colones
Costo de mantenimiento (CV)	12.000	colones/año
Valor actual neto+ CF	349.818	colones

Fuente: Elaboración propia con base en datos de ACEPESA

## V. Conclusiones y recomendaciones

Los sistemas actuales de "tratamiento" de las aguas residuales domiciliarias han contribuido a generar costos ambientales muy grandes, no solamente por el deterioro en calidad y cantidad de los recursos naturales vitales como el agua, sino porque este deterioro ocasiona costos adicionales como enfermedades y disminución de actividades productivas que dependen de estos recursos naturales.

En el presente artículo se realizaron algunas aproximaciones preliminares de los costos que cada uno de los sistemas tradicionales empleados por una familia pueden provocar, cuando se relacionan con las tecnologías del saneamiento ecológico:

- Cada familia impone a la sociedad aproximadamente un costo de 263.041 colones/año por familia por el uso de tanques sépticos. Este costo representa las enfermedades causadas y la disminución de la productividad en actividades que dependen los recursos naturales para su desarrollo. Los sanitarios de bajo caudal no imponen costos ambientales y permite a la sociedad ahorrar el costo ambiental que podría imponer cada familia.

Estos sistemas permiten además, evitar el desperdicio de agua de cerca de 44 litros/persona/día por las descargas de los

servicios sanitarios tradicionales y el no uso de sanitarios de bajo caudal.

- El empleo de orina como fertilizante permitirá aminorar los costos ambientales producidos por el uso de agroquímicos y obtener mayores productividades en los cultivos (tecnología en estudio).
- El uso de estructuras para la siembra de agua permitirá aumentar la cantidad de agua que infiltra a las aguas subterráneas y disminuirá la erosión.

En general, las tecnologías de saneamiento ecológico conllevan ventajas ambientales significativas y su costo es relativamente bajo para las familias.

Existen dos posibles barreras a la implementación de tecnologías de saneamiento ecológico:

- En primer lugar el aspecto cultural. Las familias deben acostumbrarse al uso de nuevos sanitarios, a dar mantenimiento a las nuevas tecnologías y a entender que los costos ambientales son un problema de todos y que nos afectan a todos.
- El efecto adicionalidad. La viabilidad física de cambiar los sistemas tradicionales de tratamiento de aguas residuales por las tecnologías de saneamiento ecológico puede ser una gran limitante. Por ejemplo, en el caso de los sanitarios ecológicos, estos deben ser instalados en el segundo



piso de las casas, ya que funcionan por gravedad y se debe contar con espacio en la zona verde para instalar el tanque compostero. Lo anterior podría hacer mas posible el uso de tecnologías de saneamiento ecológico a las nuevas casas o los nuevos proyectos urbanísticos que se están realizando.

Finalmente y aunque la solución del problema de contaminación ambiental de las aguas residuales, debe ir dirigida necesariamente a una visión integral de planificación y ordenamiento territorial (Sancho 2006), las herramientas que nos brinda el Saneamiento Ecológico son muy importantes para apoyar esta visión.

## REFERENCIAS

- ACEPESA. 2005. Costos de Sanitarios y Biojardineras bajo el modelo de saneamiento Ecológico. Informes internos de trabajo.
- Avalos, A. 2004. Plan para rescatar la cuenca del río Tárcoles. Primeros logros se verían en 10 años. La Nación. Enero 24, Noticias Nacionales, edición digital. Disponible en: [http://www.nacion.com/ln\\_ee/2004/enero/24/pais7.html](http://www.nacion.com/ln_ee/2004/enero/24/pais7.html) Consultado (24/01/2004).
- Azqueta D. 1994. Valoración económica de la calidad ambiental. Madrid: McGraw-Hill Interamericana de España.
- CCSS. 2005. Anuario 2005. Caja Costarricense del Seguro Social. Programa de Servicios Médicos Seguro de Salud. Dirección Financiero Contable. Costa Rica.
- Dixon, J., L. Fallon, R. Carpenter & P. Sherman. 1994. Economic Analysis of Environmental Impacts. London: Earthscan.
- Echarri, L. 1998. Ciencia de la Tierra y el Medio Ambiente. Tema 11. Contaminación de las aguas. Ed. Teide. Disponible en: <http://www.tecnun.es/asignaturas/Ecologia/Hipertexto/0General/Principal.html>
- FAO. 2003. Educación para la Alimentación y la Nutrición para la Enseñanza Básica. Tema 4. Alimentos sanos y seguros. Disponible en: [http://www.rlc.fao.org/es/nutricion/educa/alimynutr/css/alimynutr\\_1.htm](http://www.rlc.fao.org/es/nutricion/educa/alimynutr/css/alimynutr_1.htm)
- Garrod, G. & K. Willis. 1999. Economic Valuation of the Environment. Methods and Case Studies. Cheltenham, UK: Edward Elgar Publishing Limited.
- Loaiza, V. 2006. Vertidos industriales, domésticos y hospitalarios sin tratar. 250.000 metros cúbicos diarios de desechos ahogan al Virilla. La Nación. Abril 26, Noticias Nacionales, edición digital. Disponible en: [http://www.nacion.com/ln\\_ee/2006/abril/27/pais13.html](http://www.nacion.com/ln_ee/2006/abril/27/pais13.html) Consultado (26/04/2006).
- Marín, M. e I. Ramírez. 2004. Análisis sobre la situación del saneamiento ambiental en Costa Rica y alternativas de saneamiento ecológico. Proyecto Iniciativa Integrada para el Desarrollo Urbano Sostenible ISSUE. Costa Rica.
- Municipalidad de Belén. 2005. Acta sesión Extraordinaria 67-2005.
- Reynolds, J. 1997. Evaluación de los Recursos Hídricos en Costa Rica: Disponibilidad y Utilización. Documento preparado para el Proyecto de Cuentas Ambientales, coordinado por el Centro Internacional de Políticas Económicas de la Universidad Nacional y el Centro Científico Tropical CCT/CINPE. Informe del Proyecto Cuentas Ambientales. Heredia, Costa Rica.
- Rosales, E. 2005. Saneamiento Ecológico: cuidemos nuestra salud, cuidando nuestro planeta. Panfletos de Ecosaneamiento 2. Proyecto: Iniciativa Integrada para el Desarrollo Urbano Sostenible ISSUE. Costa Rica. Octubre.
- Rosales, E. 2006. Agua que no has de beber... ¡Ahórrala!. Panfletos de ecosaneamiento 4. Proyecto: Iniciativa Integrada para el Desarrollo Urbano Sostenible ISSUE. Costa Rica. Octubre.
- Sancho R., 2006. Documento de Respuestas a la Asamblea Legislativa sobre el proyecto de Alcantarillado Sanitario para San José. Costa Rica.
- Segura, O., Miranda, M., Astorga, Y., Solano, J., Salas, F., Gutierrez, M., Dierckxsens, M. & M. Cespedes., 2004. Agenda Ambiental del agua en Costa Rica. Fundación CR-USA. Heredia, Costa Rica: Editorial Fundación Universidad Nacional (EFUNA).
- Villalta, R. & C. Espinosa. 2004 Estudio de caso sobre la contaminación de la cuenca de los ríos Virilla y Grande de Tárcoles (cuenca 24). Estrategia Nacional para el Manejo del Recurso Hídrico. MINAE- BID. Costa Rica. Disponible en: [http://www.drh.go.cr/texto/Estudio\\_de\\_caso\\_Rio\\_Tarcol\\_es.pdf](http://www.drh.go.cr/texto/Estudio_de_caso_Rio_Tarcol_es.pdf)
- Werner, C. 2003. Reasons for and principles of ecological sanitation. Ecosan- closing the loop. Proceedings of the 2nd international symposium on ecological sanitation, incorporating the 1st IWA specialist group conference on sustainable sanitation, 7th-11th April 2003, Lübeck, Germany.
- Winblad, U. & M. Simpson-Hébert. 2004. Ecological Sanitation – revised and enlarged edition. – EcoSanRes Program, SEI Stockholm Environment Institute, Stockholm. Disponible en: [http://www.ecosanres.org/PDF\\_files/Ecological\\_Sanitation\\_2004.pdf](http://www.ecosanres.org/PDF_files/Ecological_Sanitation_2004.pdf)

## Entrevistas

Ing. Alvaro Araya García, MSc. Dirección de Aguas Residuales. Septiembre 2006.



## Anexo 1. Datos empleados en el Modelo 1

### Costos de enfermedad

- Número aproximado de personas usuarias de tanque séptico: 1.600.000 (se toma como referencia el dato dado por el Ing. Araya del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados sobre la población que eventualmente cubrirá el proyecto de Aguas Residuales para el Area Metropolitana de San José).
- Número de familias: 400.000. Se dividió 1.600.000 entre 4 personas en promedio por familia.
- Número de personas enfermas al año por contaminación hídrica relacionada con aguas residuales en Costa Rica: 3.551 (CCSS 2005)
- Si se toma el número de enfermos y se divide en el número de familias (400.000) se podría suponer que con las aguas residuales que genera una familia se pueden enfermar a 0.0088775 personas, ya que estas aguas residuales llegan a los cultivos de hortalizas y otros alimentos.
- El subsidio diario pagado promedio por la CCSS por días de incapacidad: 3459.43 colones por día (US\$ 6,8 por día).
- Tomando el número de enfermos por las aguas residuales que genera una familia y multiplicándolo por el costo diario de incapacidad tenemos que cada familia debería pagar 30 colones por enfermo, pero esto hay que multiplicarlo por 7.7 días promedio de incapacidad (CCSS, 2006), para este tipo de enfermedades para un sub-total de gastos de 236 colones (US\$ 0,46 por día) por familia.
- A esta cantidad hay que sumarle el gasto en que incurre la empresa para reemplazar al personal enfermo en caso de adultos, en caso de niños se debe sustituir al padre que acompaña al niño enfermo. Este cálculo se obtiene multiplicando la cantidad de personas que se pueden enfermar por la contaminación generada por una familia, por el monto del subsidio diario por dos por el número de días de incapacidad (7.7). Para otro valor de 472 colones, para un total en este rubro de 708 colones diarios (US\$1,4 por día).
- Por último se deben incluir los gastos hospitalarios por persona reportados por la CCSS que es de ¢127.214,00 (US\$ 246) (se toma los datos de egresos suministrados por la CCSS 2005).

Total costo por enfermedad (CE):

$$CE = ((\infty \times 3459,43 \text{ colones por dia} \times 7,7 \text{ días}) + (\infty \times 2 \times 7,7 \text{ dias} \times 3459,43 \text{ colones}) + (127.214 \text{ colones}))$$

Donde:

$\infty = 0.0088775 =$  Coeficiente de la contribución en personas enfermas por la contaminación por aguas residuales de 1 familia en el área de estudio.

Costo total por cada persona enferma: ¢127.922 (US\$ 248) (costo del daño ambiental)

### Costos sobre otras actividades al degradar los recursos naturales que emplean

Además de las enfermedades que causa la contaminación por aguas residuales domésticas hay otro impacto asociado que es la afectación a procesos productivos de actividades que están estrechamente ligados con el agua, por ejemplo el Golfo de Nicoya sufre severa contaminación por las aguas de sus principales afluentes desde el valle Central, entre ellos la Cuenca del Río Grande Tárcoles donde el 42% (Villalta et al. 2004) de su componente contaminante proviene de las aguas residuales domésticas, y donde el costo productivo ocasionado es de ¢129.285 millones de colones



al año (US\$223 millones) (Loaiza 2006).

Si procedemos a tomar el monto del impacto en la productividad (129.285 millones de colones por año) y lo multiplicamos por el porcentaje que contribuyen en la contaminación las aguas residuales domésticas (42%), obtenemos que 54.299.7 millones de colones (US\$89,2 millones) en pérdidas de la productividad serían causadas por las aguas domésticas, si este monto lo dividimos en el número de familias que componen el área de estudio tenemos como resultado que cada familia sería responsable de contribuir con 135.749,35 colones al año (US\$263) para recompensar su contaminación.

$$COA = \frac{129.285.650.000 \text{ colones} \times 0,42}{400.000 \text{ familias}} = 135.749,35 \text{ colones (US\$263)}$$

Donde:

COA = Costo ocasionado a otras actividades ambientales.

Cálculo de Costos Tecnologías Tradicionales					
Tecnologías Tradicionales Modelo 1			Tecnologías Tradicionales Modelo 2		

CT= CF+CV+ Costos Ambientales	CT= CF+CV+ Costos Ambientales
-------------------------------	-------------------------------

Costo Tanque para familia 5 personas (CF)	1.200.000	colones	Costo Fijo de acceder al alcantarillado por familia	206.000	colones
Costo de mantenimiento (CV)	9.000	colones/año	Costos de mantenimiento	3.068	colones/año
Costos Ambientales	263.041	colones/año	Costos Ambientales (60% de CA del modelo 1)	157.825	colones/año

Valor actual neto + CF	3.052.834	colones (15 años)	Valor actual neto + CF	1.301.817	colones (15 años)
Costos ambientales	1.791.536	colones (15 años)	Costos ambientales	1.074.921	colones (15 años)
	Valor actual	Costos ambientales		Valor actual	Costos ambientales
Año 1	242.893	234.858,04	Año 1	143.654,11	140.914,82
Año 2	216.869,42	209.694,67	Año 2	128.262,60	125.816,80
Año 3	193.633,41	187.227,39	Año 3	114.520,17	112.336,43
Año 4	172.886,97	167.167,31	Año 4	102.250,16	100.300,39
Año 5	154.363,37	149.256,53	Año 5	91.294,78	89.553,92
Año 6	137.824,44	133.264,76	Año 6	81.513,20	79.958,85
Año 7	123.057,53	118.986,39	Año 7	72.779,64	71.391,83
Año 8	109.872,80	106.237,85	Año 8	64.981,82	63.742,71
Año 9	98.100,71	94.855,22	Año 9	58.019,48	56.913,13
Año 10	87.589,92	84.692,16	Año 10	51.803,11	50.815,30
Año 11	78.205,29	75.618,00	Año 11	46.252,78	45.370,80
Año 12	69.826,15	67.516,07	Año 12	41.297,12	40.509,64
Año 13	62.344,78	60.282,21	Año 13	36.872,43	36.169,32
Año 14	55.664,98	53.823,40	Año 14	32.921,81	32.294,04
Año 15	49.700,87	48.056,61	Año 15	29.394,48	28.833,96



## Anexo 2. Datos y resultados empleados en los modelos de saneamiento ecológico

Sanitarios ecológicos			Biojardineras		
CT= CF+CV+ Costos ambientales			CT= CF+CV+ Costos ambientales		
Costo para familia 5 personas (CF)	316.889	colones	Costo para familia 5 personas (CF)	173.660	colones
Costo de mantenimiento (CV)	24.000	colones/año	Costo de mantenimiento (CV)	12.000	colones/año
Costos ambientales	0	colones/año	Costos ambientales	0	colones/año

Valor actual neto+ CF	480.349
Costos ambientales	0
Año 1	21.428
Año 2	19.132
Año 3	17.082
Año 4	15.252
Año 5	13.618
Año 6	12.159
Año 7	10.856
Año 8	9.693
Año 9	8.654
Año 10	7.727
Año 11	6.899
Año 12	6.160
Año 13	5.500
Año 14	4.910
Año 15	4.384

Valor actual neto+ CF	349.818
Año 1	21.428
Año 2	19.132
Año 3	17.082
Año 4	17.082
Año 5	15.252
Año 6	13.618
Año 7	12.159
Año 8	10.856
Año 9	9.693
Año 10	8.654
Año 11	7.727
Año 12	6.899
Año 13	6.160
Año 14	5.500
Año 15	4.910

CV: Se hace mantenimiento 2 veces al mes y el costo de cada revisión es de ¢1000, que es el pago promedio por un jornal.