

## Biojardineras y Cosecha de agua de lluvia (Reservorios y sistema de purificación)

William Gómez Solís

Universidad Nacional de Costa Rica

### Resumen

Este trabajo muestra las acciones que ha ido tomando el Centro Mesoamericano de Desarrollo Sostenible del Trópico Seco (CEMEDE) de la Universidad Nacional de Costa Rica, sede regional Chorotega, ante las necesidades de manejo del recurso Hídrico que afectan la región del Pacífico Norte del país, donde la escasez de agua a consecuencia del Cambio Climático hace necesario la acción para mitigar los efectos que este fenómeno tiene sobre la economía y los estilos de vida de los habitantes de esta región. Los datos presentados corresponden a los proyectos vigentes: “Mejoramiento en el Tratamiento de Aguas Residuales a través de Biojardineras” y “Factibilidad financiera y efecto en la estructura de gastos de las familias que incorporan la cosecha de lluvia en la producción agrícola”.

**Palabras Clave:** Biojardinera, reservorio, agua, tratamiento

### Abstract

*This work shows the actions that have been taking the Centro Mesoamericano de Desarrollo Sostenible del Trópico Seco (CEMEDE) of the National University of Costa Rica, regional headquarters Chorotega, to the needs of water resource management that affect the region Pacific north of the country where shortage of water as result of climate change necessitates action to mitigate the effects of this phenomenon on the economy and the lifestyles of the inhabitants of this region. The data presented correspond to existing projects: “Mejoramiento en el Tratamiento de Aguas Residuales a través de Biojardineras” and “Factibilidad financiera y efecto en la estructura de gastos de las familias que incorporan la cosecha de lluvia en la producción agrícola”.*

**Keywords:** Biojardinera, reservoir, water, treatment

Agradecimiento:  
Msc. Rigoberto Rodríguez Quirós  
Msc. Adolfo Salinas Acosta  
Msc. Silvia L. Zuñiga Guerrero

### Introducción

El Pacífico Norte de Costa Rica presenta una particularidad climática ya que presenta ausencia de lluvias por seis meses, situación que limita la producción agropecuaria e incide directamente sobre la seguridad alimentaria. Por lo tanto, la especial atención a los pequeños agricultores es uno de los puntos claves para alcanzar las sinergias entre mitigación y adaptación a los posibles escenarios que se presenten debido al cambio climático (Bouroncle, 2015). Según Ordaz y colaboradores (2010) por eventos hidrometeorológicos para el período 1996-2001 estimaron una pérdida en cultivos promedio anual de 1,1% del PIB agrícola.

Ante esta situación, durante el periodo 2009-2011 se construyeron 4 reservorios de agua de lluvia, dos en la comunidad de Cerro Verde (antes Cerro Negro), una en Colas de Gallo, ambas en Nicoya y uno en La Esperanza en Santa Cruz de Guanacaste, a los cuales el Centro Mesoamericano de Desarrollo Sostenible del Trópico Seco (CEMEDE) de la Universidad Nacional de Costa Rica les ha dado seguimiento y apoyo, actualmente por medio del proyecto de “Factibilidad financiera y efecto en la estructura de gastos de las familias que incorporan la cosecha de lluvia en la producción agrícola”. Además se ha visto la necesidad de crear conciencia sobre el manejo de las aguas residuales por lo que se implementa el proyecto “Mejoramiento en el Tratamiento de Aguas Residuales a través de Biojardineras” en las comunidades de Vigía y Barra Honda de Nicoya, iniciativa que nace como complemento y apoyo al programa Horizontes Ambientales del Instituto de Estudios de la Población (IDESPO) de la Universidad Nacional.

### Uso del agua

Costa Rica posee una abundante oferta hídrica, de cerca de 24.784 m<sup>3</sup> por persona al año, más de tres veces el promedio mundial (7.000 m<sup>3</sup>), las extracciones anuales totales para los distintos sectores se estiman en 24,5 km<sup>3</sup>. Las extracciones de agua para generación hidroeléctrica representaban el 80% del total, seguido por la agricultura con un 16%. El uso para consumo humano, turismo, industria y agroindustria representaban menos del 4% de la extracción total mientras que el uso de agua para generación térmica y usos comerciales es prácticamente nulo (MINAE et al, 2013).

Entre los usos consuntivos el riego agrícola es el mayor usuario con un 66% de las extracciones, equivalente a cerca de 3.2 km<sup>3</sup>, seguido por el uso agropecuario (18%) y el uso de agua para consumo humano (9%). El uso agrícola representa el mayor porcentaje de las extracciones de agua a nivel nacional y al mismo tiempo más del 83% del riego se aplica por gravedad, lo que supone entonces un importante margen para hacer más eficiente el uso del recurso (MINAE et al, 2013).

### Aguas residuales

El tratamiento de las aguas residuales en Costa Rica es un tema sin resolver tanto en el ámbito normativo, en su práctica y en su supervisión. La falta de tratamiento de las aguas residuales sigue siendo el reto más importante para administrar el riesgo de contaminación de los cuerpos de agua, por lo que urge posicionar el tema como un problema medular de la salud pública y el ambiente. Diferentes estudios realizados en el país sostienen que el porcentaje de agua tratada no supera el 5% del total utilizado para el año 2013 (Zuñiga (2015) citando CGR,DFOE-AE-IF-01-2013).

Este mismo informe plantea lo siguiente:

- En el país un 19,8% de la población dispone sus aguas residuales en el alcantarillado sanitario; y de esta población apenas el 15.19% cuenta con tratamiento.
- Se determinó que los cuerpos de agua están altamente presionados a causa de las diferentes fuentes de contaminación. Solamente el 5% del total de vertidos domésticos a cuerpos de agua recibe tratamiento previo, debido a insuficientes sistemas de tratamiento por parte del AyA, la Empresa de Servicios Públicos de Heredia y las municipalidades.
- Riesgo de contaminación por uso generalizado de tanques

sépticos. En el país aproximadamente el 75,5% de la población utiliza tanque séptico, según datos del INEC. Estimaciones realizadas por la Contraloría General, el Ministerio de Salud y el AyA, revelan que aproximadamente el 65% de esa población dispone sus excretas (aguas negras) en el tanque séptico y el resto de las aguas residuales (ducha, cocina o lavamanos) están conectadas al alcantarillado pluvial, vertiéndose sin tratamiento alguno en ríos y otros cuerpos de agua.

- De acuerdo con los estudios científicos, el país enfrenta un escenario de contaminación hídrica sin control, que tiene altamente afectadas cuencas hidrográficas importantes como Grande de Tárcoles, Grande de Terraba, Tempisque y Reventazón. Las áreas de protección de estos ríos representa solo un 54% con cobertura forestal cuando lo que corresponde es el 100%.

En la provincia de Guanacaste, solamente se cuenta con cuatro plantas de tratamiento que son administradas por el AyA ubicadas en Liberia, Cañas, Nicoya, y Santa Cruz, y solamente abarca una parte del área urbana de la cabecera del distrito primero de cada cantón. Todas estas plantas fueron construidas en 1974 bajo el tipo de laguna facultativa. Actualmente solamente la laguna de Santa Cruz cuenta con disponibilidad para recibir nuevos proyectos urbanísticos (Zuñiga, 2015).

El uso más frecuente de tratamiento de aguas residuales aplicado en Guanacaste es el de fosa séptica que de acuerdo al censo 2011 en toda la provincia el 91.7% del total de 92.584 viviendas cuenta con servicio sanitario conectado a un alcantarillado sanitario o a un tanque séptico.

### Biojardinera

El modelo de biojardinera es una alternativa de tratamiento, atractiva a nivel familiar por su bajo costo y sencilla operación. Sin embargo, al tratarse de una tecnología reciente en nuestro país, que apenas incursiona, tiene poca difusión y requiere mayor investigación sobre su funcionamiento y condiciones particulares para lograr su eficiencia y aplicabilidad.

La utilización de biojardineras como sistema de tratamiento de aguas grises domiciliarias, permitiría la separación de las aguas pro-

venientes de una vivienda con el fin de darles un tratamiento por separado y obtener así aguas de mejor calidad, aprovechables en el riego (doméstico y agrícola) y en labores de higiene de la misma vivienda.

Las biojardineras son humedal y como tal un sistema vivo, en él interactúan los componentes biológicos contenidos en las aguas residuales, con los elementos del sistema tales como raíces de las plantas, la piedra y la velocidad a la que el agua circula dentro del mismo. Todos ellos hacen que el sistema realice el proceso de purificación del agua.

El objetivo de la biojardinera es limpiar el agua. Una vez limpia la podemos reutilizar en el riego de nuestros jardines, del patio, entre otros, también infiltrándola por medio de un drenaje o descargándola en algún curso natural que exista en las cercanías, por ejemplo, un río o acequia. También con las plantas sembradas podemos hacer arreglos florales o artesanías, entre otras actividades.

La tecnología de limpieza del agua está compuesta por tres elementos principales.

- a. El Tratamiento primario o pretratamiento.
- b. La biojardinera y su mantenimiento.
- c. El depósito o aprovechamiento de las aguas tratadas.

#### Cambio climático

Importante variación estadística en el estado medio del clima o en su variabilidad, que persiste durante un período prolongado (normalmente decenios o incluso más). El cambio climático se puede deber a procesos naturales internos o a cambios del forzamiento externo, o bien a cambios persistentes antropogénicos en la composición de la atmósfera o en el uso de las tierras. Se debe tener en cuenta que la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMCC), en su Artículo 1, define 'cambio climático' como: 'un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables'. La CMCC distingue entre 'cambio climático' atribuido a actividades humanas que alteran la composición atmosférica y 'variabilidad climática' atribuida a causas naturales. (FAO, 2014).

Las proyecciones sobre el cambio climático durante el siglo XXI indican que se reducirán los recursos renovables de aguas

superficiales y aguas subterráneas de forma sustancial en la mayoría de las regiones secas subtropicales. En las regiones secas actuales, es probable que la frecuencia de las sequías aumente al final del siglo XXI (IPCC, 2014). Las proyecciones apuntan a que el cambio climático hará que disminuya la calidad del agua bruta y generará riesgos para la calidad del agua potable incluso con el tratamiento convencional, debido a los factores que interactúan: aumento de la temperatura; aumento de las cargas de sedimentos, nutrientes y contaminantes debido a las fuertes lluvias; mayor concentración de contaminantes durante las sequías; e interrupción del funcionamiento de las instalaciones de tratamiento durante las crecidas.

Se prevé que los impactos rurales más importantes en el futuro ocurran a corto plazo y posteriormente en relación con la disponibilidad y el suministro de agua, la seguridad alimentaria y los ingresos agrícolas, especialmente en relación con cambios de las zonas de producción de cultivos alimentarios y no alimentarios en todo el mundo (nivel de confianza alto). (IPCC, 2014). La temperatura aumentará más en las provincias de Guanacaste, Alajuela y Puntarenas, mientras que en el resto del país se esperan cambios menores. Este aumento de la temperatura media anual estará acompañado de cambios en las lluvias. (Bouroncle, 2015)

#### Cosecha de agua de lluvia

El agua es un recurso indispensable para todos los seres vivos. Para los humanos, es necesaria como fuente de vida y como medio para las actividades domésticas, industriales, generación de energía, actividades agrícolas, pecuarias, acuícolas, medicinales, recreativas, turísticas entre otros.

Producir agua es un término un poco familiar por tratarse de un recurso que hasta hace poco era de fácil acceso, pero su escasez como problema global obliga a comprender que corre el riesgo de inminente agotamiento. Producir agua debe entenderse como las acciones encaminadas a proteger y recuperar las áreas vitales para la existencia del agua como son las zonas de filtración, áreas de recarga acuífera, nacientes, ríos y quebradas (Salinas, 2010).

La cosecha de agua de lluvia es definida como la recolección y concentración de agua de escorrentía, para usos productivos como de cultivos, pastos, árboles frutales y maderables, animales, acuicultura, recarga acuífera, belleza escénica y para usos domésti-

cos. Para fines agrícolas, se define como un método para inducir, recolectar, almacenar y conservar el agua de escorrentía. Es una práctica muy artesanal y aún forma parte de muchos sistemas productivos en todo el mundo. (Munguambe, 2007)

Por su parte, TCEQ define la cosecha de agua como la práctica de recolectar el agua, producto de la lluvia, antes de que tenga la oportunidad de trasladarse a ríos o quebradas o de infiltrarse en el suelo y convertirse en agua subterránea. (TCEQ, 2007)

En una experiencia desarrollada en dos cantones de Guanacaste, se instalaron cuatro reservorios que cumplieron dos funciones básicas, en los meses de julio a diciembre, época lluviosa, el agua cosechada permitió desarrollar la producción de Tilapia y en los meses de diciembre a abril, el agua almacenada fue utilizada para riego por medio de gravedad, utilizando riego por goteo y micro aspersión para la producción de hortalizas y algunos granos básicos. (Programa de Regionalización Interuniversitaria, Informe final 2011)

**Resultados**

**Costos de construcción de Biojardinera**

**Costos Generales de Biojardinera modelo**

Detalle	Costos por metro (€)	Total (€)	%
Costos Materiales	36.983	443.795	38%
Mano Obra	14.694	176.333	15%
Servicios Técnicos (biojardinera)	45.000	540.000	47%
Transporte Vagoneta (15 m3)	5.000	60.000	5%
Transporte vehículo rural	850	12.750	1%
<b>Total</b>	<b>102.527</b>	<b>1.160.128</b>	<b>100%</b>

Fuente: Zuñiga, S. 2016

Los costos de los materiales se estimaron a partir del modelo estándar diseñado por Acepesa para Barra Honda de 4x12 metros.

Los costos por servicios técnicos corresponde al costo por unidad de un bloque de cuatro Biojardineras construidas a la vez.

Los costos de transporte se presentan por kilómetro considerando que es un costo representativo de acuerdo a la ubicación de las Biojardineras con relación al punto de venta de la piedra.

Los costos de mano de obra se estimaron a partir del conteo de horas de la mano de obra comunal aportada a un precio de 1.500 colones la hora. Aunque este costo es contrapartida familiar



Figura 1. Reservorio de agua de lluvia, Nicoya, Guanacaste

se estimó para considerar el costo real de la biojardinera. Incluye el costo de los servicios de un fontanero o albañil a un costo de 2.000 colones la hora.

El detalle de los servicios técnicos es el siguiente:

**Biojardineras**

Costo Servicios Técnicos para 4 Biojardineras Estándar			
Descripción	Días	Costo Día (€)	Total (€)
Visita Inicial	1	120,000	120,000
Diseño	3	120,000	360,000
Construcción	9	120,000	1,080,000
Supervisión y seguimiento	4	120,000	480,000
<b>Total</b>	<b>17</b>	<b>120,000</b>	<b>2,040,000</b>
Costos por biojardinera		€42,500	€510,000

Fuente: Zuñiga, S. 2016

**Costos de instalación de los reservorios**

Para realizar la instalación de un Reservorio se deben considerar elementos como la ubicación del sitio, la topografía, tipo de suelo y la disponibilidad de una fuente de abastecimiento de agua. Ya que cada elemento tiene influencia directa sobre la capacidad de agua a almacenar, la forma del reservorio, mantenimiento de la estructura y la manera para aprovechar el agua almacenada. El tipo de material a utilizar también influye sobre los costos de instalación, uno de los materiales más alta calidad es la Geomembrana HDPE 1,0MM con un costo que ronda los 12 \$US, este material cuenta con garantía de hasta 25 años, a diferencia del plástico de 7 mm cuyo costo por metro cuadrado ronda los 5 \$US pero con una durabilidad de 3 a 4 años (Salinas et al. s.f). El costo de instalación de una estructura

de 500 m<sup>2</sup>, con recubrimiento de geotextil y geomembraba ronda los 5.160,00 \$US, mientras que uno revestido con plástico puede costar unos 2.130,00 \$US, incluyendo los movimientos de tierra, la instalación del material de recubrimiento y la mano de obra.

**Costos de instalación de Sistema de purificación de agua de lluvia**  
 La primera fase es la recolección del agua de lluvia para ser almacenada en tanques de plástico roto moldeado (¢ 452.071 de 5.000 L de capacidad), con una capacidad de volumen determinada por el área de techos y canoas destinadas a la recolección. La segunda fase es la instalación de la toma de agua de los tanques hacia un clorinador del tipo pastilla de cámara húmeda (¢ 61.380), adicional lleva pastillas de cloración especiales con una concentración al 65% (¢ 13.712), comprimida para una lenta disolución. Posterior un sistema de relevo de presión y bombeo, compuesto por motobombacon impulsor de acero inoxidable, para un caudal promedio de 15 gpm contra una presión dinámica de 30 a 40 psi operado en forma monofásica de 110 V/60 Hz con sistema integrado de presión compuesto por tanque hidroneumático de 15 a 20 galones revestido por pintura especial para poder estar en contacto con agua clorada a una concentración promedio de 10 a 5 ppm (¢ 192,000). La tercer fase consta de un sistema de filtración nominal de m.embrana de poliéster de 30 Micras para la retención de solidos suspendidos mayores (hojas, ramas o cualquier desecho de origen vegetal), con cartuchos lavables y de fácil reposición, con cubierta plástica de polietileno de alta densidad y sistema de evacuación de aire (¢ 54.425). El siguiente paso es un sistema de filtración secundario, de cartuchos de doble función y filtración profunda, de polipropileno en espuma de doble gradiente de 25 a 1 Micra (¢ 84.100).

El siguiente paso corresponde a la circulación de agua a presión a través de dos columnas de carbón activado en serie, para obtener un contacto de 2 minutos, las columnas están compuestas por tejido de cascara de coco de 13" de diámetro por 54" de altura con velocidad promedio de filtración de 7.5 gpm/ft<sup>3</sup> con un sistema de válvulas de control manuales (¢ 1.298.400). Por último la desinfección final del agua acondicionada se realiza por medio de un sistema de lámpara de luz ultravioleta, que irradia un promedio de 30 a 16 mJ/cm<sup>2</sup> para la desinfección final del agua, todo el sistema en una caja de acero inoxidable, con voltaje de 110V/60Hz (¢ 390,880). Para un total de 2,094,897 colones, incluyendo los tres tanques de 5.000 L el monto asciende a 3.451,110 colones.



Figura 2. Sistema de potabilización de agua de lluvia, Nicoya, Guanacaste.

#### Caracterización de los reservorios y su estado actual

Cada estructura tiene entrada de agua de soporte, abastecida por ojos de agua cercanos para evitar que en la época seca queden totalmente sin agua, en algunos casos cuentan con una capa vegetativa en el talud que genera soporte y proporciona amarre al dique. El tamaño de los reservorios varía desde los 250 m<sup>2</sup> hasta los 500 m<sup>2</sup>, alcanzando una capacidad de almacenamiento entre los 600 y 1000m<sup>3</sup>, estimándose una vida útil de 25 años por el uso de la geomembrana y el geotextil. Los usos van desde el abastecimiento de abrevaderos de agua para ganado, la producción de tilapias, en este caso con capacidad de producir entre 2000 y 3500 peces durante el ciclo productivo. (Programa de Regionalización Interuniversitaria, 2011). El talud se ha sembrado de pasto de corta como estrategia de protección del mismo; este tipo de forraje se puede utilizar como alimento para cerdos y ganado vacuno. En el caso de los que son utilizados en riego de cultivos se implementan sistemas por goteo, principalmente para el riego de hortalizas: apio, culantro, lechugas (5 variedades), repollo, perejil, arrúgula, zanahoria, chile, tomate y eneldo.

Se ha podido determinar que una familia rural con un reservorio de 500 m<sup>3</sup> puede generar alrededor de 16.000,00 \$US anuales basando su producción en cultivos hortícolas como el tomate, ají, cebolla, cebollino, lechuga, mostaza, culantro, pepino, brócoli, coliflor. Además del cultivo acuícola de tilapia que pueden mantener en el reservorio paralelo a la producción de hortalizas.

#### Discusión

### Sistema de purificación de agua de lluvia

El conjunto busca el aprovechamiento del agua de lluvia con fines de potabilización dentro de las instalaciones de la UNA sede Chorotega, como elemento de apoyo a la celebración del año de la Madre Tierra; con la implementación de la tecnología de potabilización del agua de lluvia, se pretende crear un marco base que contribuya a un uso eficiente del agua en la región Chorotega, y que sea referente como medida de adaptación al Cambio Climático.

### Biojardineras

Gracias a este proyecto se ha desarrollado de capacidades en funcionarios y familias sobre el manejo de aguas residuales por medio de la sensibilización y conciencia de prácticas cotidianas del manejo del agua se encuentra en proceso la elaboración de una guía de monitoreo institucional con criterios teóricos prácticos para la construcción y supervisión de biojardines. En el área Rectora de Salud se ha logrado la capacitación de funcionarios en el monitoreo de las Biojardineras, el monitoreo Familiar y su entorno. Se ha logrado que la comunidad de Barra Honda actualmente se esté organizando para alcanzar la categoría de bandera azul comunal, por lo que han tomado acciones en el manejo de los desechos y aguas residuales.

Se cuenta con los análisis de agua de las Biojardineras de los cuales se han obtenido los siguientes resultados:

Muestras	Corral de Piedra		Comunal		Institucional		Individual 1		Individual 2	
	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida
Amonio (mg/L)	0,16	0,029	0,089	0,116	0,024	0,03	0,022	0,107	0,03	0,082
DBO 5,20 (mg/L)	78,2±0,8	45,7±0,6	185±4	19,7±0,5	5,21±0,8	2,76±0,03	360	90	150±3	29,0±0,3
DQO (mg/L)	161	132	54	13	140	75	145	22	54	26
pH (+0,01)	7,71	8,27	6,71	7,49	7,79	7,53	6,65	7,24	7,04	7,38
Temperatura (±0,1°C)	34	33,6	30,2	29,5	24,7	28,2	28	27,8	24,7	28,2
Conductividad (µS/cm)	928	1589	680	393	120,9	754	795	962	920	805
Turbiedad (NTU)	58,9	77,6	61,6	125	14,8	10,7	115	149	206	88
Fosfato (mg/L)	0,137	0,246	0,088	0,05	0,07	0,066	0,043	0,22	0,05	0,046
Coliformes totales (NMP/100 mL)	4,3x10 <sup>6</sup>	3,1x10 <sup>5</sup>	4,3x10 <sup>6</sup>	1,1x10 <sup>5</sup>	2,4x10 <sup>6</sup>	4,5x10 <sup>5</sup>	4,3x10 <sup>6</sup>	1,7x10 <sup>5</sup>	1,1x10 <sup>6</sup>	7,9x10 <sup>5</sup>
Coliformes fecales (NMP/100 mL)	Ausente (<1,8)	Ausente (<1,8)	Ausente (<1,8)	Ausente (<1,8)	Ausente (<1,8)	Ausente (<1,8)	Ausente (<1,8)	Ausente (<1,8)	Ausente (<1,8)	Ausente (<1,8)

Fuente: HIDROCEC, 2016

Como se muestra en el cuadro anterior se ve la efectividad del sistema al tratar el agua residual, aunque no alcanza los parámetros para ser de consumo, al menos logra eliminar parte de la contaminación con la que el agua ingresa al sistema. Esto es evidente en la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) y en la Demanda Química de Oxígeno (DQO) donde en ambos parámetros de cada sistema hay diferencias marcadas entre el agua entrante y la de salida, esto en caso de ser vertida en ríos o quebradas ayuda a disminuir la presión del agua en contaminantes y óxidos que originalmente cargaban estas aguas. La Conductividad varía en cada sistema por que la disponibilidad de plantas en cada Biojardinería es diferente y los sistemas están recientes y no han alcanzado su potencial en el tratamiento. En cuanto las Coliformes si se nota una reducción de bacterias patógenas, lo mismo sucede con el Fosfato el cual evidencia que el tratamiento colabora en la potencial formación de algas. Los niveles de pH muestran que se aumenta la alcalinidad del agua, principalmente por el material utilizado en la construcción de las Biojardineras.

Otro elemento que se ha encontrado con las Biojardineras es que colaboran con el ornato en las casas donde se implementa y crea la conciencia de separación de residuos, además de que los beneficiarios comentan que les ha ayudado en el control de vectores como los zancudos y los malos olores que se generan por las aguas residuales.

Un elemento que se debe considerar es que cada sistema tiene diferentes condiciones en cuanto cantidad de plantas, disponibilidad de luz y cantidad de agua tratada; la mayoría de estos sistemas cuenta alrededor de un año de instalación y no alcanzan su tope en el tratamiento de las aguas, ya que la mayor función en el tratamiento del agua depende de la cantidad de raíces que tenga el sistema para que se realicen los procesos de oxigenación y captura de nutrientes por las plantas.

Los productores beneficiados con los reservorios aseguran que la presencia de la estructura ha favorecido su sistema productivo; además de que han adaptado el uso del reservorio a su estilo de vida; entienden que el mantenimiento adecuado del reservorio les garantiza contar con agua principalmente en la época seca.

### Conclusiones

Las Biojardineras en zonas rurales son una herramienta que colabora en el ornato y limpieza de los sitios donde se instalan, sin embargo es necesario mayor sensibilización en materia de mantenimiento. Se ha logrado un nivel de aceptación de cada sistema en los estilos de vida de los beneficiarios pero es necesario el seguimiento para el óptimo funcionamiento de cada estructura.

El sistema de purificación de agua de lluvia aún se encuentra en fase de construcción, se espera que a pesar de un plan piloto se pueda expandir en cuanto los alcances del agua potabilizada y que sea de gran provecho para la sede regional chorotega.

## Referencias bibliográficas

- BOURONCLE C, IMBACH P, LÄDERACH P, RODRÍGUEZ B, MEDELLÍN C, FUNG E, MARTÍNEZ-RODRÍGUEZ MR, DONATTI CI. *La agricultura de Costa Rica y el cambio climático: ¿Dónde están las prioridades para la adaptación?* Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Conservación Internacional (CI): CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS). Copenhagen, Dinamarca. 2015.
- Centro de Recursos Hidrológicos para Centroamérica y el Caribe (HIDRO-CEC). *Reporte de resultados. Versión 001. Consecutivo RR-023-2016*. Universidad Nacional de Costa Rica, Sede regional Chorotega, Liberia, Costa Rica, (2016), 7 pag.
- FAO. (JULIO de 2014). Obtenido de <http://www.fao.org/climatechange/65923/es/>
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. *Resumen para responsables de políticas. Grupo de Trabajo II. Quinto Informe de Evaluación (GT II IES)*. Suiza. 2014. Disponible en: [www.ipcc.wg2/AR5](http://www.ipcc.wg2/AR5)
- JARA, O. *La sistematización de experiencias, prácticas y teorías para otros mundos posibles*. San José, Costa Rica: Centro de Estudios y Publicaciones Alforja. 2012
- MADRIGAL, L Y MATAMOROS, J. *Aprovechamiento de la cosecha de agua para uso agrícola (Chile dulce, tomate y cebolla) y piscícola (Tilapia); en Cerro Verde de Nicoya, Guanacaste*. [Anteproyecto del trabajo final de graduación] 2011
- MEDINA, R; PEÑA, W; OBANDO, M; SALINAS, A; [Programa de Regionalización Interuniversitaria CONARE]. *Análisis técnico y financiero al instalar un sistema de captación de agua de lluvia para la producción agropecuaria sostenible en la Región Chorotega de Costa Rica*. (s.f).
- MINAE, SENARA, Dirección de Aguas, A y A, MIDEPLAN, Presidencia de la República. *Agenda del Agua de Costa Rica*. 2013.
- Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones (MINAET). 2009.

*Estrategia Nacional de Cambio Climático*. 1 ed. San José, CR: Editorial Calderón y Alvarado S.A. 2009

- MUNGUAMBE, I. *Rainwater Harvesting Technologies for small scale rainfed agriculture in arid and semi-arid areas*. Mozambique: Departament of Rural Engineering, Faculty of Agronomy and Forestry Engineering, University Eduardo Mondlane, 2007
- ORDAZ, J.L. RAMÍREZ, D. MORA, J. ACOSTA, A. SEMA, B. *Costa Rica: efectos del cambio climático sobre la agricultura*. CEPAL. Distrito Federal, Mex: Editorial México, CEPAL 2010.
- Programa Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible (PEN). *Vigésimo primer Informe Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible/PEN*. San José, CR. PEN 2015.
- Programa de Regionalización Interuniversitaria CONARE. *Fortalecimiento de la seguridad alimentaria mediante el desarrollo y fomento de reservorios artificiales de aguas precipitadas, para la utilización en agricultura sostenible, en la Región Chorotega de Costa Rica (I Informe de avance, enero – junio 20011)*. 2011
- Programa de Regionalización Interuniversitaria CONARE. *Fortalecimiento de la seguridad alimentaria mediante el desarrollo y fomento de reservorios artificiales de aguas precipitadas, para la utilización en agricultura sostenible, en la Región Chorotega de Costa Rica (Informe iniciativa – febrero 0011)* 2011
- Rosales, R. *Formulación y evaluación de proyectos*. Costa Rica. ICAP 2007
- SALINAS, A; ARRIETA, J Y MEDINA, R (s.f). [Programa de Regionalización Interuniversitaria CONARE] *Reservorios artificiales para captura de agua, para la producción agropecuaria en la Región Chorotega*.
- TCEQ. *Harvesting, storing a treating rainwater for domestic use*. Texas: Texas Commission on Environmental Quality. 2007.
- Waterfall. Harvestin rainwater for landscape use*. Arizona: Arizona Department of Water Resources, University of Arizona. 1998
- ZÚÑIGA, S. *Costos Biojardinera Modelo. Proyecto Mejoramiento en el Tratamiento de Aguas Residuales a través de Biojardineras*. Centro Mesoamericano de Desarrollo Sostenible del Tropicó Seco (CEMEDE). Universidad Nacional. Guanacaste, CR, 2016
- ZÚÑIGA, S. *Proyecto Mejoramiento en el Tratamiento de Aguas Residuales a través de Biojardineras*. Sistema de Información Académica Formulación de Proyecto Académico. Universidad Nacional de Costa Rica, sede regional Chorotega. 2015.