

POTABILIZACIÓN DE AGUA DE LLUVIA, ALTERNATIVA EN EL TRÓPICO SECO

Gómez, W.¹ Rojas, J.² Suarez, A.³ Salinas, A.⁴

¹ CEMEDE-UNA, 10501, william.gomez.solis@una.ac.cr

² HIDROCEC-UNA, 50401, johanna.rojas.conejo@una.ac.cr

³ HIDROCEC-UNA, 50101, Andrea.suarez.serrano@una.ac.cr

⁴ CEMEDE-UNA, 50201, Adolfo.salinas.acosta@una.ac.cr

RESUMEN

La región Chorotega de Costa Rica se ubica en la zona de vida tropical seca, lo que la hace altamente vulnerable ante los impactos de cambio climático y los periodos de sequía. Por lo que es de suma importancia la búsqueda de alternativas sostenibles para obtener agua, y sustentar la alta demanda de este recurso durante periodos secos. Razón por la cual en el Centro Mesoamericano de Desarrollo Sostenible del trópico seco (CEMEDE) se desarrolló un proyecto cuyo objetivo es aprovechar el agua de lluvia con fines de potabilización dentro de las instalaciones de la Universidad Nacional, Sede Regional Chorotega, Campus Nicoya, como modelo de adaptación al Cambio Climático. El proyecto involucró la implementación de tecnología para captación, almacenamiento y potabilización del agua de lluvia. También incluyó la comparación cuantitativa de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en agua almacenada durante siete meses con y sin tratamiento, para conocer la eficiencia del sistema de potabilización. Los resultados muestran que el tratamiento realizado en el agua lluvia captada es eficiente, debido a que no se detectó presencia de coliformes y hay un leve aumento de las sales disueltas en el agua, condiciones que hacen que el agua tratada sea apta para el consumo humano.

PALABRAS CLAVE: Agua, potabilización, tratamiento, lluvia

INTRODUCCIÓN:

Costa Rica posee una abundante oferta hídrica, de cerca de 24.784 m³ por persona al año, más de tres veces el promedio mundial (7.000 m³), las extracciones anuales totales para los distintos sectores se estiman en 24,5 km³. 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).

El panorama en el manejo del agua es que existen pocas acciones que reflejen que las instituciones y los sectores productivos están tomando medidas para adaptarse a los efectos de intensificación de sequías e inundaciones, señalados por los expertos. “La asignación del recurso hídrico por parte del Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE) no contempla la visión por cuencas y los efectos del cambio climático” y “Poca atención y conocimiento de los efectos actuales y futuros del cambio climático sobre el recurso hídrico y los impactos sobre sectores productivos”. (MINAE et al, 2013).

Esto se ve relegado en la influencia del fenómeno El Niño- Oscilación del Sur (ENOS), que ha tenido importantes consecuencias en la agricultura y muchas otras áreas productivas; estos efectos hacen evidente la necesidad de adaptación y mejora de la resiliencia en todas las actividades. La ganadería fue probablemente la más afectada, dado que tanto en las regiones con exceso de lluvia como en las de sequía se redujo la disponibilidad de alimento para los animales, en perjuicio de la productividad y rentabilidad del sector.

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. Esta región se caracteriza por encontrarse en el ecosistema denominado Bosque Tropical Seco, en el que se presenta la particularidad de que la estacionalidad entre periodos secos y lluviosos es muy bien marcada, donde en promedio se dan de seis a ocho meses de sequía, con precipitaciones promedio de 1500 mm a 2000 mm y una temperatura promedio que ronda los 24° C.

Ante la escasez de agua que afecta la región del Pacífico Seco de Costa Rica y los inminentes impactos que ha presentado el Cambio Climático en las actividades económicas y sociales, la Universidad Nacional de Costa Rica (UNA), a través del Centro Mesoamericano de Desarrollo Sostenible del Trópico Seco (CEMEDE) y el Centro de Recursos Hídricos para Centroamérica y el Caribe (HIDROCEC), ambos ubicados en la Sede Regional Chorotega, han buscado y desarrollado, a través de diferentes proyectos de extensión e investigación, herramientas para la mitigación y adaptación al Cambio Climático para los habitantes de esta región y el resto del país, en este caso se presenta la experiencia obtenida por la utilización de un Sistema de Captación de Agua de Lluvia (SCALL) en el que se potabiliza esta agua para que sea apta para el consumo Humano.

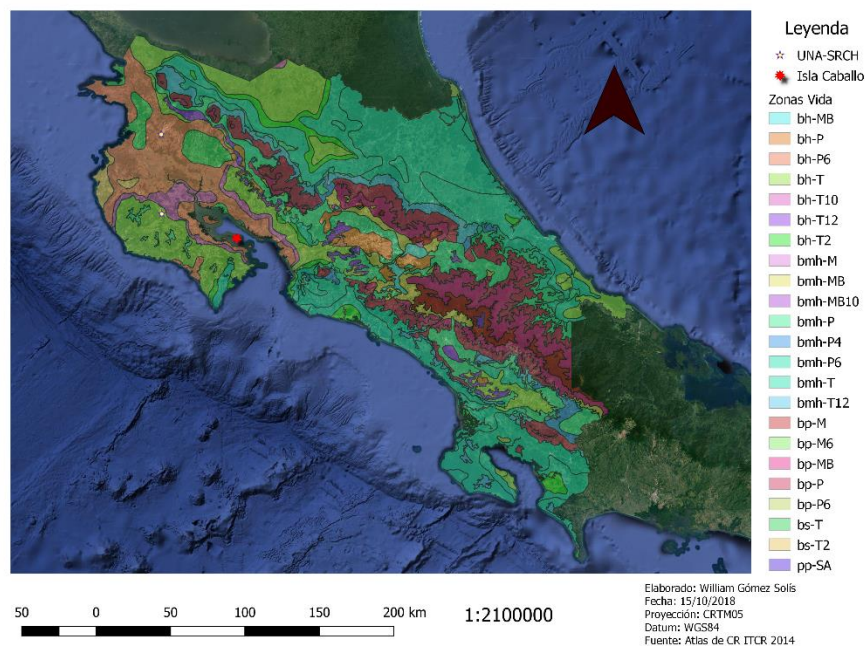


Figura 1. Ubicación de la UNA-SRCH y clasificación de Zonas de Vida de Costa Rica

METODOLOGÍA:

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 domésticos. 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)

Para alcanzar un proceso eficiente de recolección y potabilización del agua de lluvia, se realizaron las siguientes actividades:

1. Implementación del módulo 1: durante la época lluviosa, el agua de lluvia que es captada de los techos de dos estructuras se recolecta y se almacena en tres tanques.
2. Implementación del módulo 2: el agua de lluvia almacenada es clorada mecánicamente, filtrada en dos fases con carbón activado y grava (nominal y secundaria) y sometida a la desinfección final por medio de un sistema de lámpara ultravioleta.
3. Análisis de laboratorio: se realiza la toma de dos muestras de agua de lluvia, una en el agua almacenada durante 7 meses antes del tratamiento, y otra en la misma agua después del tratamiento. Se realizaron análisis para Nivel 1, 2, 3 según lo estipula el Reglamento para la Calidad de Agua Potable, No 38924-S.

La presentación del funcionamiento del SCALL como un modelo demostrativo de abastecimiento de agua potable, impulsó a que se replique esta experiencia en la Isla Caballo en el cantón de Puntarenas. Esta cuenta con tres pozos de agua que por la cercanía del mar y la sobrexplotación se salinizaron y contaminaron, por lo que se declararon no aptos para el consumo humano. En el 2015 se impone un recurso de amparo ante las autoridades para que se le brinde servicio de agua potable a los habitantes de esta Isla, alrededor de unas 300 personas, pero por las condiciones geográficas y la distancia en la que se encuentra de las costas más cercanas, las cuales son: Playa Naranjo, Punta Morales y Puntarenas se hace imposible establecer una red

de distribución hasta el sitio. Las condiciones del terreno de la Isla hacen difícil la distribución adecuada del agua a todos los sitios habitados; por lo que en el 2016 el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados opta por llevarle a los pobladores de la Isla dos pichingas de agua diariamente desde Puntarenas, lo que limita los quehaceres diarios de los pobladores ya que deben estar atentos al momento en que pase la lancha que les lleva el agua, de lo contrario perderían la poca agua potable para poder realizar sus actividades diarias. Por lo que la implementación de elementos y tecnologías que puedan ayudar a esta comunidad es de gran ayuda y sería un gran paso para la búsqueda de alternativas que ayuden a combatir los efectos de las condiciones climáticas extremas como la sequía.

Los impactos del cambio climático sobre la disponibilidad o exceso de agua tendrán repercusiones sobre el aprovechamiento del agua para consumo doméstico, saneamiento, generación de electricidad y agricultura. La normativa existente y las políticas públicas no han propiciado el establecimiento de mecanismos como son las buenas prácticas en el uso y re-uso del agua, la cosecha de lluvia y tecnologías limpias, o la introducción de incentivos para los diferentes tipos de usuarios del agua (sector doméstico, industria y agricultura). Será importante adoptar medidas que permitan aminorar las causas del cambio climático, pero más importante quizás, que se establezcan medidas de adaptación (MINAE et al, 2013). El sector agropecuario por ser estratégico tendrá que tener importancia prioritaria en las medidas que se tomen.

Como lo mencionan Ordas y colaboradores (2010) “Centroamérica es altamente vulnerable a los fenómenos climáticos y meteorológicos dados su extensión y ubicación geográfica. Sobre esta región los efectos del cambio climático han sido visibles, las sequías y los huracanes que se han presentado han traído importantes costos económicos y sociales. A nivel científico se ha determinado que el cambio climático tendrá importantes consecuencias en el bienestar humano y el desarrollo de las actividades económicas. Los efectos del calentamiento global se han reflejado en mayores inundaciones, sequías, huracanes, entre otros fenómenos”. Por lo que diferentes instituciones han implementado diversos programas para mitigar o disminuir el efecto de que estos cambios climáticos tengan sobre la región y garantizar la continua producción agropecuaria y garantizar la seguridad alimentaria.

El Reglamento para la calidad de agua potable #38924 – S, tiene entre sus principales elementos:

Artículo 1. Objetivo. El presente reglamento tiene por objetivo, establecer los límites máximos permisibles de parámetros físicos, químicos y microbiológicos para el agua potable, a fin de garantizar su inocuidad y la salud de la población.

Artículo 2. Ámbito de Aplicación. Quedan sujetos a las regulaciones del presente reglamento, todo ente operador, ya sea público o privado, de un sistema de suministro de agua potable, en todo el territorio nacional. La calidad del agua para consumo humano, a utilizar en todas las empresas en las cuales se desarrollen procesos productivos, incluyendo las actividades alimentarias, crenoterápicas, recreativas y agropecuarias, deben cumplir con los límites máximos permisibles establecidos en este reglamento. La calidad del agua para uso en la elaboración de productos alimenticios,

debe cumplir con la Resolución 176 – 2006 del Consejo de Ministros de Integración Económica (COMIECO), donde se da aprobación al Reglamento Técnico Centroamericano RTCA 67.01.33:06 Industria de Alimentos y Bebidas Procesados. Buenas Prácticas de Manufactura. Principios Generales, según consta en el inciso d) del artículo 1 del Decreto Ejecutivo No. 33724 del 8 de enero del 2007, publicado en La Gaceta No. 82 del 30 abril del 2007.

Artículo 3. Para todos los efectos de regulaciones en la calidad del agua potable abastecida, los entes operadores se sujetarán a este reglamento y a los valores de alerta y máximos admisibles, que se establecen para los parámetros físicos, químicos y microbiológicos.

Artículo 7. Permiso Sanitario de Funcionamiento: Todo ente operador de un sistema de suministro de agua potable, debe contar con el PSF de acuerdo a lo establecido en el Decreto Ejecutivo N° 34728 – S “Reglamento General para el Otorgamiento de Permisos de Funcionamiento del Ministerio de Salud” del 28 de mayo del 2008 y sus reformas. Para efectos del presente reglamento los entes operadores que se dediquen exclusivamente a la operación de un sistema de suministro de agua, se clasifican como Tipo A (alto riesgo), por lo que requieren de inspección previa al otorgamiento del PSF. Aquellas actividades comerciales, industriales, recreativas y agropecuarias que cuenten con un sistema de suministro de agua propio, no requieren de un PSF adicional como ente operador, toda vez que se mantiene la clasificación del riesgo otorgada a esas actividades, de conformidad con el Decreto Ejecutivo No. 34728 – S.

Artículo 9. Línea base de calidad: Todo ente operador deberá realizar análisis para conformar una línea base, que contenga los parámetros correspondientes al Nivel Segundo (N2) y al Nivel Tercero (N3). Una vez definida la línea base, el ente operador debe cumplir con la frecuencia de muestreo y número de muestras para los análisis químicos (N2 y N3), establecidos en el anexo 2 cuadro B.3 del presente decreto.

Artículo 17. Desinfección. La desinfección debe aplicarse en todos los sistemas de suministro de agua, para mantener un nivel de cloro residual libre que garantice la calidad del agua, ante eventuales contaminaciones en la red de distribución.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN:

El agua de lluvia es el origen esencial de las aguas subterráneas, normalmente utilizadas para el consumo humano. Además de dar un aporte de sales, aporta cierta acidez originada por la presencia del ácido carbónico, condición que contribuye con la disolución de los minerales del suelo.

El agua de lluvia recolectada en un SCALL, puede contener sales que proceden del aerosol marino, especialmente en las captadas en zonas costeras; pero pueden encontrarse otras de origen continental o cuya composición esté asociada a la actividad industrial de la zona aledaña. Por lo tanto, el contenido de sales en el agua de lluvia depende de la dirección de los vientos, la distancia al mar, la época del año, la

intensidad y duración de las precipitaciones y las condiciones climáticas, así como la topografía del terreno (Custodio y Llamas, 2001).

En el caso del SCALL utilizado de manera experimental en el campus universitario de la UNA, Nicoya, se encontró que las conductividades registradas en muestras de agua de lluvia almacenada durante 7 meses sin tratamiento (17.29 ± 0.01 y 6.506 ± 0.001 $\mu\text{s/cm}$), evidencian el bajo contenido en sales (ver tabla 1). Mientras que el pH, siendo este ligeramente ácido (6.01 ± 0.01 y 6.39 ± 0.01), se relaciona con las concentraciones de ácido carbónico y bicarbonato en el agua.

En la tabla 1 se puede observar el contenido de iones presentes en el agua de lluvia almacenada sin tratamiento, cuyos valores indican que en su mayoría las concentraciones son tan bajas que están por debajo de los límites de cuantificación de los métodos usados en el laboratorio químico.

Tabla 1. Resultados de análisis químicos en muestras de agua de lluvia almacenada durante siete meses, campus UNA, Nicoya.

<i>Parámetro</i>	<i>Resultado (mg/L)</i>
<i>Aluminio</i>	<0,01
<i>Amonio</i>	$0,098 \pm 0,005$
<i>Antimonio</i>	<0,004
<i>Arsénico</i>	< 0,002
<i>Cadmio</i>	<0,0008
<i>Calcio</i>	$0,98 \pm 0,04$
<i>Cianuro Total</i>	<0,003
<i>Cloruro</i>	$0,60 \pm 0,03$
<i>Cobre</i>	<0,04
<i>Cromo</i>	<0,002
<i>Dureza Total (CaCO₃)</i>	$3,00 \pm 0,09$
<i>Fluoruro</i>	<0,02
<i>Hierro</i>	<0,04
<i>Magnesio</i>	$0,123 \pm 0,010$
<i>Manganeso</i>	<0,07
<i>Mercurio</i>	<0,001
<i>Níquel</i>	<0,006
<i>Nitrato</i>	<0,2
<i>Nitrito</i>	<0,1
<i>Plomo</i>	<0,001

Potasio	<0,07
Selenio	<0,006
Sodio	<0,02
Sulfato	0,34 ± 0,01
Zinc	<0,05

El agua de lluvia es de tipo bicarbonatada cálcica magnésica, ya que estos son los iones con mayores concentraciones en la muestra. Además, el agua no posee metales detectables, lo que implica un beneficio durante el tratamiento y sobre la calidad para uso potable.

La presencia de concentraciones detectables de amonio (ver tabla 1), pueden estar relacionadas con el tiempo de almacenamiento y/o estancamiento del agua, ya que compuestos estables como los nitratos, que consiguen estar presentes en el agua de lluvia producto de la contaminación atmosférica, podrían sufrir reacciones de reducción en ausencia de oxígeno. Por lo que es importante considerar que las concentraciones de nitratos o nitritos en agua de lluvia en la zona de estudio, aunque según este estudio son no detectables, podrían aumentar debido a que las actividades agroindustriales u originadas por la flota vehicular.

El agua tratada a través del módulo de cloración, purificación con filtros, carbón activado y lámpara ultravioleta del SCALL, presenta un leve aumento en las concentraciones de los iones de calcio, sodio, cloruro, magnesio, potasio y la dureza total, asociada principalmente a la presencia de rocas grava en los filtros, cuyos minerales son débilmente desplazados a través de procesos modificadores en el agua, tales como adsorción, intercambios iónicos, disolución, etc. Las concentraciones de los diferentes iones del agua tratada se pueden observar en la tabla 2.

Tabla 2. Resultados de análisis químicos en muestras de agua de lluvia almacenada durante siete meses con tratamiento, campus UNA, Nicoya.

Parámetro	Resultado (mg/L)
Aluminio	<0,01
Amonio	0,22 ± 0,01
Antimonio	<0,004
Arsénico	< 0,002
Cadmio	<0,0008
Calcio	11,0 ± 0,4
Cianuro Total	<0,003
Cloruro	7,3 ± 0,4

	<i>Cobre</i>	<0,04	
	<i>Cromo</i>	<0,002	
	<i>Dureza Total (CaCO₃)</i>	43 ± 1	
	<i>Fluoruro</i>	0,070 ± 0,004	
	<i>Hierro</i>	<0,04	
	<i>Magnesio</i>	3,8 ± 0,3	
	<i>Manganeso</i>	<0,07	
	<i>Mercurio</i>	<0,001	
	<i>Níquel</i>	<0,006	
	<i>Nitrato</i>	<0,2	
	<i>Nitrito</i>	<0,1	
	<i>Plomo</i>	<0,001	
La eficiencia de tratamiento del agua puede ser demostrada por los resultados de coliformes y E. coli	<i>Potasio</i>	11,1 ± 0,3	del módulo de SCALL pudo a través de los análisis de totales, fecales realizados en almacenada durante 7 meses, y comparando estos con los obtenidos de los análisis hechos en muestras del agua tratada, según se observa en la tabla 3:
	<i>Selenio</i>	<0,006	
	<i>Sodio</i>	3,6 ± 0,1	
	<i>Sulfato</i>	0,34 ± 0,01	
	<i>Zinc</i>	<0,05	

Tabla 3. Resultados de parámetros microbiológicos en aguas con y sin tratamiento SCALL.

<i>Parámetro</i>	<i>Agua sin tratamiento</i>	<i>Agua tratada</i>
<i>Coliformes Totales (NMP/100 mL)</i>	31	No detectable (< 1,0)
<i>Coliformes Fecales (NMP/100 mL)</i>	10	No detectable (< 1,0)
<i>E. coli (NMP/100 mL)</i>	No detectable (< 1,0)	No detectable (< 1,0)

La presencia de coliformes totales y fecales en el agua almacenada, puede ser originada durante la captación en los techos, y debida a focos de suciedad y desechos fecales de animales de sangre caliente.

Otros de los parámetros medidos en este estudio, fueron la turbiedad y el color del agua de lluvia almacenada con y sin tratamiento, según se muestra en la siguiente tabla 4:

Tabla 4. Resultados de parámetros físicos en agua de lluvia almacenada con y sin tratamiento SCALL.

<i>Parámetro</i>	<i>Agua sin tratamiento</i>	<i>Agua tratada</i>
<i>Turbiedad (NTU)</i>	0,16	0,10
<i>Color (Pt – Co)</i>	7	<2

El color en las aguas superficiales se debe principalmente a la presencia de materia orgánica natural, y la turbiedad a los sólidos en suspensión que dificultan el paso de la luz. El arrastre de materiales desde las superficies de los techos de donde fue captada el agua de lluvia, podría ser el responsable de los valores de color y turbiedad registrados. El módulo de tratamiento del SCALL contribuye con la clarificación del agua por medio del paso por el carbón activado; el cual realiza la función de adsorber partículas.

Para categorizar un agua como potable, ésta debe estar libre de sustancias y microorganismos que puedan afectar la salud del consumidor. Además, debe cumplir con requerimientos como: no poseer sabor, color u olor ni turbiedad, así como no tener impurezas químicas y no provenir de fuentes sujetas a contaminación por aguas negras. Por tal razón, la calidad que adquiere el agua de lluvia después del módulo de tratamiento del SCALL, cumple con las condiciones especificadas según los niveles 1, 2, 3 del Reglamento para la Calidad de Agua Potable, No 38924-S.

El sistema de purificación de agua de lluvia se conforma: La primera fase es la recolección del agua de lluvia para ser almacenada en tanques de plástico roto moldeado de 5000 L de capacidad, la segunda fase es la instalación de la toma de agua de los tanques hacia un clorinador del tipo de cámara húmeda, de pastilla con una concentración al 65%, comprimida para una lenta disolución. Posterior un sistema de relevo de presión y bombeo, compuesto por motobomba con 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.

La tercera fase consta de la circulación de agua a presión a través de dos columnas de carbón activado en serie y grava, 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/ft³ con un sistema de válvulas de control manuales para lavados periódicos y constantes, además de filtración nominal de membrana de poliéster de 30 Micras para la retención de sólidos 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. 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. 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/cm² para la desinfección final del agua, todo el sistema en una caja de acero inoxidable, con voltaje de 110V/60Hz.

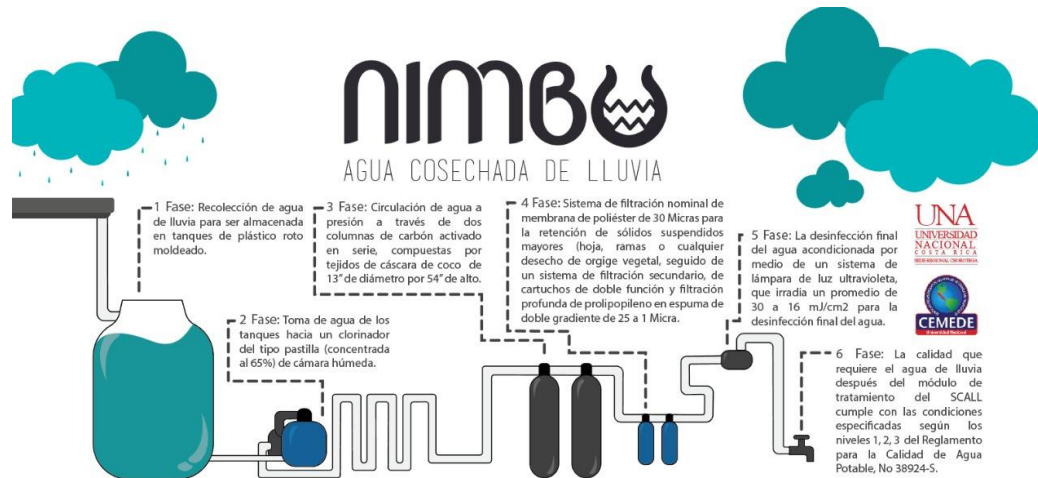


Figura 2. Proceso del SCALL para potabilización, Nicoya, Costa Rica

La instalación del SCALL en las instalaciones del Campus Nicoya ha permitido contar con un modelo demostrativo y experimental de los diferentes parámetros que se deben tomar en cuenta en la implementación de tecnologías para obtener agua potable y para otros usos; permitiendo ser una alternativa de adaptación al Cambio Climático.

CONCLUSIONES

La disposición de agua potable y un adecuado saneamiento es un factor influyente en la salud de la población, principalmente en regiones donde el acceso a esta sea limitado por la estacionalidad climática.

Esta alternativa posee un alto atractivo ya que el agua de lluvia es un recurso gratuito y fácil de obtener, relativamente limpio y que con los tratamientos adecuados es una opción para comunidades con limitado acceso al agua potable. Otro factor determinante esperado por este proyecto es promover una cultura sobre el uso y aprovechamiento óptimo del agua de lluvia como una alternativa sustentable y viable para la conservación de los recursos naturales a nivel mundial.

Pese a que esta alternativa para obtener agua potable parece relativamente sencilla, existen diversos cuidados que se deben tomar en cuenta en cada módulo. Por ejemplo, en el módulo 1 sobre captación y almacenamiento, se deben considerar aspectos como el material a utilizar, ya que en el caso de los techos que captan el agua de lluvia, si estos no están en las condiciones adecuadas o presentan oxidación, pueden ser una fuente de alteración de las propiedades del agua, principalmente durante el almacenamiento. Se deben implementar elementos que prevengan la obstrucción del sistema de tuberías de conducción, esencialmente durante la captación, ya que es muy

común que los techos contengan desechos como hojas o ramas que después pueden aumentar el color y la turbiedad del agua almacenada.

La adecuada selección del sistema de filtrado puede afectar los costos de implementación, y el tratamiento puede variar considerablemente las condiciones del agua potabilizada. Una de las ventajas de este sistema es que los excedentes o el agua de desecho no va generar contaminantes, por lo que su descarga no va a afectar a afluentes o los sistemas de drenaje.

Es importante realizar distintos tipos de pruebas microbiológicas en el agua almacenada por largos periodos de tiempo, esto para descargar el crecimiento de hongos u otros microorganismos por condiciones de estancamiento.

REFERENCIAS:

- Custodio, E. y Llamas, M.R. (2001). Segunda edición. Hidrología subterránea. Ed. Omega, S.A. Barcelona.
- Hidropluviales (2017). Captación de agua de lluvia. Recuperado de: <http://hidropluviales.com/captacion-agua-de-lluvia/>
- MINAE, SENARA, Dirección de Aguas, A y A, MIDEPLAN, Presidencia de la República. 2013. Agenda del Agua de Costa Rica. 151 P.
- Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones (MINAET). 2009. Estrategia Nacional de Cambio Climático. 1 ed. San José, CR: Editorial Calderón y Alvarado S.A. 109 p.
- Munguambe, I. y. (2007). 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.
- Ordaz, J.L. Ramírez, D. Mora, J. Acosta, A. Sema, B. 2010. Costa Rica: efectos del cambio climático sobre la agricultura. CEPAL. Distrito Federal, Mex: Editorial México, CEPAL 76 p.
- Rodríguez, R. (2010). Compendio con información de las opciones técnicas de cosecha de agua aplicadas a nuestro medio. Centro Mesoamericano de Desarrollo sostenible del trópico seco, Universidad Nacional. Nicoya, Costa Rica
- Salinas, A. (2010). [Programa de Regionalización Interuniversitaria CONARE] Reservorios artificiales para captura de agua, para la producción agropecuaria en la Región Chorotega.
- TCEQ. (2007). Harvesting, storing a treating rainwater for domestic use. Texas: Texas Commission on Enviromental Quality.