

**USO DE TECNOLOGÍAS DE COSECHA DE AGUA EN PEQUEÑOS
AGRICULTORES DE LA REGIÓN CHOROTEGA DE COSTA RICA**

TECHNOLOGY USE WATER HARVESTING IN SMALL FARMERS IN THE
REGION OF COSTA RICA CHOROTEGA

Juan José Campos Zúñiga¹

Adolfo Salinas Acosta²

Marcela Vargas Sibaja³

Rigoberto Rodríguez Quirós⁴

Revista Científica Monfragüe Resiliente. <http://www.monfragueresiliente.com/>

Editada en Cáceres, Dpto. Arte y Ciencias del Territorio de la Universidad de Extremadura.
Elaborada conjuntamente con las Universidades de Lisboa y la Autónoma de México.

Recibido: 20/03/2016

Aceptada versión definitiva: 12/04/2016

¹ Juan José Campos Zúñiga: CEMEDE-SRCH (Centro Mesoamericano para el Desarrollo del Trópico Seco, Sede Regional Chorotega, Universidad Nacional), juan.campos.zuniga@una.cr

² Adolfo Salinas Acosta: CEMEDE-SRCH (Centro Mesoamericano para el Desarrollo del Trópico Seco, Sede Regional Chorotega, Universidad Nacional), adolfo.salinas.acosta@una.cr

³ Marcela Vargas Sibaja: CEMEDE-SRCH (Centro Mesoamericano para el Desarrollo del Trópico Seco, Sede Regional Chorotega, Universidad Nacional), maria.vargas.sibaja@una.cr

⁴ Rigoberto Rodríguez Quirós: CEMEDE-SRCH (Centro Mesoamericano para el Desarrollo del Trópico Seco, Sede Regional Chorotega, Universidad Nacional), rigoberto.rodriguez@una.cr

RESUMEN

El presente artículo pretende informar sobre los resultados obtenidos en los proyectos de investigación en el tema de cosecha de agua de lluvia, realizados en la Región Chorotega de Costa Rica, por investigadores del CEMEDE (Centro Mesoamericano para el Desarrollo Sostenible del Trópico Seco) de la Sede Regional Chorotega, Universidad Nacional. Los proyectos han utilizado la infraestructura de reservorios construida en conjunto por las universidades estatales. Se construyeron cuatro reservorios de agua; dos en Cerro Verde, uno en Colas de Gallo, ambas comunidades en Nicoya y otro reservorio en La Esperanza en la comunidad de Santa Cruz. El agua de los reservorios fue utilizada para el riego de distintos cultivos en época seca y para la producción de tilapia en época lluviosa. En este documento se realiza una definición de conceptos relacionados al tema, se describe la región Chorotega, cómo se seleccionaron las familias involucradas, el proceso de la construcción de los reservorios con sus costos respectivos y se habla de la cebolla, como ejemplo de la producción de los cultivos de época seca, de la experiencia con tilapia en época lluviosa y del proceso de sensibilización que se realizó con los productores y jóvenes de las familias involucradas en los proyectos.

Palabras clave: cosecha de agua, reservorios, tecnologías de cosecha de agua, mitigación del cambio climático

ABSTRACT

This article presents the results of research projects on reservoirs of rainwater, made in the Chorotega region of Costa Rica, by researchers of CEMEDE (Centro Mesoamericano para el Desarrollo Sostenible del Trópico Seco) of the Sede Regional Chorotega, Universidad Nacional. The projects have used the infrastructure of reservoirs built jointly by state universities. Four water reservoirs were built; two at Cerro Verde, one in Colas de Gallo, both communities in Nicoya and another reservoir in La Esperanza in Santa Cruz. The water reservoir was used to irrigate various crops in the dry season and for the production of tilapia in the rainy season. This document provides a definition of concepts related to the subject. Describes the Chorotega region, how the families involved were selected, the process of reservoirs construction and their respective costs. The onion crop is used as an example of the production during dry season crops, experience with tilapia during the rainy season and the

sensibilization process that took place with producers and the young people of the families involved in the projects.

Keywords: water harvesting, reservoirs, water harvesting technologies, climate change mitigation

INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

Hoy en día hay que buscar medidas de mitigación y adaptación a los efectos que ha causado y está causando el cambio climático a nivel mundial. En el contexto de cambio climático se conoce como mitigación a la intervención antropogénica para reducir las fuentes y mejorar los sumideros de gases de efecto invernadero (IPCC I. P., 2007).

Para definir más el concepto de cambio climático es indispensable conocer que el clima es el conjunto de propiedades ambientales promedio durante un periodo de tiempo en una zona determinada. Estas propiedades incluyen principalmente a la temperatura, seguida de la precipitación y el viento, aunque también se consideran la frecuencia, la magnitud y tendencias para definir el clima de una zona. El periodo de tiempo para la definición del clima consiste usualmente de 30 años, como lo determina la Organización Meteorológica Mundial. Bajo estos enunciados, el cambio climático es el fenómeno que ocurre cuando se dan variaciones a largo plazo de las propiedades promedio del clima. (IPCC, 2013).

Entre los efectos del cambio climático se encuentran la mayor frecuencia e incidencia de eventos climáticos extremos, como mayores precipitaciones en algunas zonas del planeta o sequías extremas en otras áreas (IPCC, 2013).

Debido en parte a los efectos del cambio climático por un lado, y por el otro, al mal uso que los humanos hemos dado al agua, esta dejó de ser un abundante y de fácil acceso en el mundo, para convertirse en una mercancía preciada y onerosa. Su dominio nacional y mundial suscita disputas y grandes negocios, y su control es parte de las estrategias globales de acumulación de capital (Castro, 2007).

En la última década el concepto de seguridad hídrica ha evolucionado y recibido mayor atención tanto en la política y en los debates académicos (Bakker & Cook, 2012). La seguridad hídrica se define como la provisión confiable del agua cuantitativa y cualitativamente aceptable para la salud, la producción de bienes y servicios y medios de subsistencia, junto con un nivel aceptable de riesgos relacionados con el agua (Grey & Sadoff, 2007). En la seguridad hídrica se deben considerar tres

aspectos: la cantidad, la calidad y la seguridad de las infraestructuras del agua (Xianbi, 2013).

La Región Chorotega, presenta un desbalance hídrico producto de la ausencia de lluvias por alrededor de seis meses, que sería la época de verano que va de noviembre a mayo. Actualmente, la región presenta una gran demanda del recurso hídrico para el desarrollo productivo, ya que desde setiembre del 2014, el Gobierno de Costa Rica, decretó a la región en emergencia por sequía. Esto lleva a los productores agropecuarios a buscar soluciones y usar nuevas tecnología para tener acceso a dicho recurso y tratar de aumentar su productividad. Una alternativa para solucionar este problema son las tecnologías de cosecha de agua o captación de agua, enfocadas en la conservación de la misma. Una forma de conceptualizar la captación del agua es considerarla como “cosecha de agua”, que es la práctica orientada a capturar el agua de lluvia, a través de la construcción de obras adecuadas para su almacenamiento. La capacidad de un reservorio depende de muchos condicionantes entre los que se destacan la capacidad económica del productor, la cantidad de tierra y la topografía del terreno (Asociación Mundial para el agua, 2013).

El uso eficiente del agua son todas las acciones en que usemos la menor cantidad posible de agua con el máximo aprovechamiento y el menor deterioro de la calidad. Entre las acciones de uso eficiente están: captar agua de lluvia en recipientes para uso doméstico o construir una presa; recargar un acuífero o usar agua de menor calidad; reducir la demanda de agua mediante el mejoramiento de los hábitos personales; mejorar el manejo de los recursos hídricos y de la tierra; tomar en cuenta los aspectos económicos, sociales; promover normas y regulaciones (Canija Canelo & Faustino, 2007) (Canija Canelo & Faustino, 2007).

La captación de agua de lluvia es un medio para obtener agua para consumo humano y/o agrícola. En muchos lugares del mundo con alta o media precipitación y en donde no se dispone de agua en cantidad y calidad necesaria para el consumo humano, se recurre al agua de lluvia como fuente de abastecimiento (Canija Canelo & Faustino, 2007).

Con el agua de lluvia se mejora la alimentación de la gente, si se garantiza que haya agua suficiente para regar los huertos en los patios de las viviendas y hacer riegos complementarios en los cultivos de granos básicos y frutales. También se pueden crear otras alternativas de alimentación, como la producción de peces en pequeños estanques. Otra ventaja de la captación de agua es que contribuye a disminuir las enfermedades causadas por aguas contaminadas, ya que el agua de lluvia bien manejada es limpia y de buena calidad (Canija Canelo & Faustino, 2007).

Además, la utilización de reservorios, se constituye en un medio para mitigar la escasez de agua en esta región. Estos permiten captar agua de escorrentía y la que fluye dentro del terreno, o desde los techos, para que sea directamente disponible a los cultivos o actividades domésticas (Radulovich, 1994).

La construcción de un reservorio involucra básicamente dos tipos de diseños: uno estructural y uno hidráulico. El estructural se refiere al sistema de muro (pantalla) que se va a utilizar como presa y cuya función es detener el cauce natural en una zona tras la cual se forma una represa (el estanque para almacenar agua). Este muro, dependiendo del tamaño de la represa, especialmente su altura, o profundidad del reservorio, podrá ser desde lo más elemental (un tabique en madera o un muro armado en tierra o piedra) hasta una gran pantalla en concreto reforzado, como se utiliza en las grandes represas para generación de energía. Por otra parte está el diseño hidráulico, que determina las dimensiones requeridas para tuberías de conducción y manejo de los niveles de almacenamiento del agua. En esto es importante conocer los índices de lluvia propios de la zona donde se ubica el reservorio y disponer de sistemas de válvulas o vertederos, o combinaciones, para manejar el nivel del reservorio y evitar la sobrecarga de la presa.

Aunque son varios los tipos de reservorios que existen, se puede hablar de dos básicos que pueden utilizarse para la cosecha de lluvia en la región Chorotega, especialmente en actividades agropecuarias:

Figura 1. Inicio de la construcción del reservorio tipo represa. La Esperanza de Santa Cruz, Guanacaste. Fuente: Adolfo Salinas Acosta, 2009



1. De represa: Los reservorios de represa se construyen en áreas con pendientes suaves a moderadas y donde la represa se puede levantar transversalmente a una depresión. El reservorio se llena con agua de escorrentía y almacena gran parte del

agua por encima de la superficie original del terreno. Se considera que un reservorio es de represa, cuando la profundidad del agua embalsada encima de la superficie sobrepasa 90 cm (Figura 1). (Salinas, Rodríguez, & Morales, 2010)

Figura 2. Reservorio tipo excavado construido en Cerro Negro de Nicoya, Guanacaste. Fuente: Adolfo Salinas Acosta, 2009



2) Excavados: Los reservorios excavados almacenan gran parte del agua debajo del nivel original del suelo. Se construyen en terrenos relativamente planos y donde hay sitios adecuados para realizar una excavación. Se pueden llenar tanto con el agua de escorrentía como por la infiltración de agua subterránea (Figura 2). (Salinas, Rodríguez, & Morales, 2010)

Sin embargo, además de los tipos y características de reservorios, es importante establecer la importancia de la utilización de agua almacenada en invierno y utilizada en verano y su relación con el mejoramiento de las condiciones de vida y los aumentos de producción que permite. Existen datos sobre la utilización de agua de lluvia en huertos familiares y su relación con el aumento de la producción en diferentes partes del mundo, especialmente en época seca. Sin embargo, no hay suficiente información disponible sobre el efecto de la captación de agua en el aumento de la producción en la Región Chorotega de Costa Rica. Esto hace motivó el establecimiento y construcción de reservorios en Guanacaste.

Mediante una iniciativa de varias universidades públicas del país en los años 2009 al 2012, se construyeron cuatro reservorios de agua en la Región Chorotega, en las comunidades Cerro Verde, La Esperanza y Colas de Gallo. En ese período se demostró que la tecnología de captura de agua de lluvia para la agricultura es factible en la región, permitiendo aprovechar las condiciones meteorológicas de la zona, en

donde en la época lluviosa hay abundante precipitación y en época seca carece de la misma. Se demostró, además, que dichos reservorios de agua fueron utilizados para riego en época seca para producir cultivos hortícolas y en época lluviosa permitió cultivar tilapias, que las familias utilizaron para autoconsumo y los excedentes fueron comercializados. Además, los jóvenes de la comunidad lograron incorporarse al proyecto con nuevos liderazgos, evitando posiblemente así la migración a la capital por falta de empleo y fuentes de ingreso. Este artículo tiene la finalidad de compartir la experiencia obtenida en los proyectos de cosecha de agua realizados por los investigadores del CEMEDE (Centro Mesoamericano para el Desarrollo Sostenible del Trópico Seco) de la Sede Regional Chorotega, Universidad Nacional), los cuales inician con la construcción de los cuatro reservorios de agua y se obtienen datos de producción de hortalizas utilizando este tipo de tecnología en la época de escasez del recurso hídrico, además se observan los beneficios que obtienen los productores al implementarlos en sus fincas. El hilo conductor de los proyectos es el acceso al recurso hídrico para la agricultura de pequeños productores, que incluye aspectos técnicos para determinar la viabilidad financiera y social de la tecnología de reservorios de agua para la producción. Además, se busca establecer las condiciones para la realización de la evaluación financiera y la determinación de los efectos en la estructura de gastos de la familia rural guanacasteca. El artículo describe a grandes rasgos la Región Chorotega, presenta aspectos metodológicos sobre cómo se escogieron las familias con las que se trabaja, incluye detalles sobre los sitios de construcción de reservorios, alguna aproximación con lo relacionado a costos de instalación y mantenimiento, sensibilización de productores y jóvenes de las familias involucradas y los resultados obtenidos en la producción del cultivo de cebolla, el cual se utiliza a manera de ejemplo, ya que la producción fue mucho más abundante que un solo cultivo.

ZONA DE ESTUDIO

La Región Chorotega, correspondiente a una de las siete provincias de Costa Rica, Guanacaste, tiene una extensión de 10.140,71km², cuenta con 11 cantones (Liberia, Santa Cruz, Nicoya, Nandayure, Carrillo, La Cruz, Cañas, Bagaces, Tilarán, Abangares y Hojancha) (Tenorio, 2009), su población es de 326.953 habitantes, la cual representa el 7,6% de la población del país (INEC, 2012). Se ubica en el noreste del país. Sus límites son al norte con Nicaragua y la provincia de Alajuela; al este con la provincia de Alajuela y la provincia de Puntarenas; al sur con el Golfo de Nicoya y el

Océano Pacífico y al este con el Océano Pacífico. El relieve de la región es variado, con cuatro zonas bien definidas: Faldas Occidentales de la Cordillera de Guanacaste, llanuras del río Tempisque, región montañosa de Nicoya, costa y área insular (IFAM, 2003).

El clima de la Región es tropical seco, con una temperatura que oscila entre 21 a 36 grados centígrados y cuenta con dos época bien definidas. Una época seca que inicia a mediados de noviembre y finaliza en mayo, y una época lluviosa que inicia a mediados de mayo y finaliza a mediados de noviembre. Durante la estación seca, los vientos alisios proceden del Este y Noreste (Caribe), y durante la estación lluviosa predominan vientos del Pacífico (Oeste y Suroeste), portadores de abundante nubosidad que originan las lluvias de la zona, especialmente en horas de la tarde. Las velocidades medias mayores, se dan en los meses de enero y febrero con variaciones entre 10,9 y 20 Km. / h y las menores en los meses de setiembre y octubre con variaciones entre 3,2 y 8,3 Km. /h. El sistema hídrico está conformado, principalmente, por la cuenca del río Tempisque con una extensión de 3.405 km², alrededor de la cual se desarrollan importantes actividades agrícolas y ganaderas. Otras cuencas importantes son las del río Lagarto y el río Bebedero (MIDEPLAN, 2014).

El área propiamente dicha en donde se ubican las estructuras de almacenaje construidas se ubican en los cantones de Santa Cruz y Nicoya, a elevaciones de 600 a 800 msnm. Estas comunicades presentan importantes problemas de abastecimiento de agua en época de verano, tanto para consumo humano como para producción agropecuaria.

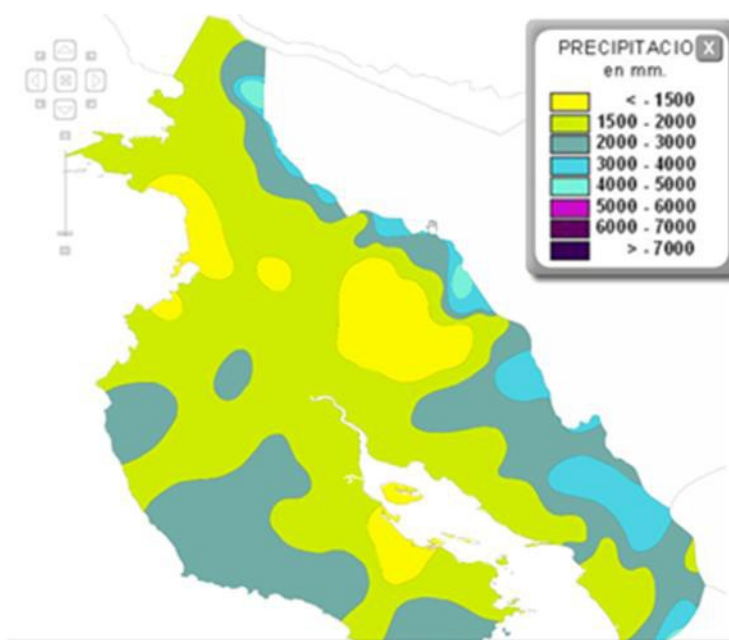
Figura 3. Ubicación del área del proyecto en la península de Nicoya.



Fuente: Elaboración propia, 2015

La figura 3. indica la ubicación geográfica de los cuatro reservorios de agua, construidos por los proyectos en la región Chorotega, en donde las zonas de vida se encuentran en condiciones de Bosque húmedo Tropical (bh-T) cuyas características oscilan entre 1800 y más de 4000 mm de precipitación media anual. Según la clasificación de zonas de vida del mundo elaborada por el Dr. Holdridge es Bosque húmedo tropical (bh-T) (Heuveldop Paulmann, 1986)

Figura 4. Precipitación en la Región Chorotega.



Fuente: Instituto Meteorológico Nacional, 2009

En la figura 4, se puede apreciar que la precipitación promedio en la Región Chorotega es alrededor de 2200 mm anuales, con 5 meses secos (diciembre a abril) y que en periodos del Fenómeno Niño (ENOS) pueden ser 7 meses (diciembre a junio).

En el caso de las fincas trabajadas la precipitación media anual es de 2200 mm y el periodo seco dura aproximadamente 5 meses, ratificando las condiciones de Bosque húmedo Tropical.

METODOLOGÍA

Para seleccionar las comunidades beneficiadas de los proyectos, se solicitó el apoyo del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), sus extensionistas hicieron la ruta de los posibles sitios de la región Chorotega, idóneos para implementar esta tecnología, luego se formó una comisión por parte de las universidades involucradas para

determinar cuáles iban a ser los sitios a trabajar, pensando en beneficiar a la mayor cantidad de personas posible. Para la selección de las familias hubo dos criterios, el primero fue beneficiar a una agrupación de productores que estuviera vigente y enfocada en la producción orgánica, y el segundo fue seleccionar dos productores independientes competentes en la producción agrícola, que tuvieran las condiciones topográficas necesarias en sus fincas para desarrollar la infraestructura. La forma de llevar este proceso fue con la técnica aprender haciendo, la cual integra al productor desde la selección del sitio hasta la construcción de reservorio, de forma tal que este adopta la tecnología al ser partícipe de la misma.

Para el proceso de construcción de los reservorios, en los sitios seleccionados se consideró que cumplieran con una topografía con pendientes mayores a 20%, ya que este tipo de pendiente hace que pueda correr el agua desde el punto de salida del agua en el reservorio hasta el área de cultivo, que los terrenos tengan una carga superior a los 20 m.c.a.(metros de columna de agua) de diferencia de altura, para poder operar bien los sistemas de riego de cultivos que principalmente es por microaspersores o por goteo. Es importante que los sitios elegidos cumplan con la condición de tener fácil acceso de la maquinaria para realizar la construcción del reservorio. Se debe marcar el lugar seleccionado y luego con el uso de maquinaria (retroexcavadora) iniciar los movimientos de tierra, luego revisar los taludes (los existentes se alisaron manualmente) y recubrir con la geomembrana y/o plástico, para impermeabilizar la estructura. También se debe contar con una entrada de agua que permita reponer pérdidas por evaporación y alto consumo de agua para el cultivo.

Figura 6: Construcción del reservorio de la familia Díaz, La Esperanza. Fuente: Salinas A., 2009



Los cultivos que sembraron los productores en sus fincas, se seleccionaron de acuerdo a las exigencias del mercado existentes, pero en general se trabajó con

hortalizas (apio, culantro, chile, rábano, tomate, cebolla, cebollín y algunas raíces (yuca, ñame, tiquizque, camote). Para la época lluviosa se trabajó con tilapia.

La producción de tilapia no estaba pensada al inicio de los proyectos, sino que a lo largo del desarrollo del trabajo de campo, se utilizó como un ensayo para eliminar las larvas de los zancudos que se almacenaban en los reservorios y que son potenciales transmisores de enfermedades tropicales como el dengue, pero obtuvo resultados de producción tan positivos que terminó siendo una opción más para los agricultores.

Una vez establecidos tanto los reservorios como los cultivos en cada una de las fincas, se dio un proceso de sensibilización con los productores y los jóvenes de las familias involucradas, recolectando la información en conjunto, para lo que tanto los jóvenes como los productores aprendieron a llevar diferentes tipos de registros productivos, como costos de insumos, cantidad utilizada, ventas, variedad de semilla sembrada, costo de recurso humano, número de horas de trabajo y de producción en general, utilizados por ellos cotidianamente. Además, se dio un acompañamiento durante todo el proceso, mediante visitas de campo constantes y a través de charlas y asesorías a los productores en la temática relacionada con levantamiento de registros en temas de costos, insumos, ventas y computación. Con esta información recolectada y los datos obtenidos por los productores en cada uno de sus registros se realizó un análisis financiero y social para evaluar los resultados generados en las familias, al basar la producción de sus cultivos utilizando tecnologías de cosecha de agua.

Los proyectos involucraron a los jóvenes de las familias, tanto en el proceso de construcción de los reservorios, como en la producción de cultivos y en el levantamiento de la información, con la finalidad de que la utilización de las tecnologías de cosecha de agua permitan generar empleo para los mismos, ya que en la región Chorotega las opciones de empleo son muy escasas, por lo que los jóvenes al salir del colegio acostumbran migrar a la ciudad en busca de mejorar tanto sus ingresos económicos como los de la familia.

RESULTADOS

Existen varios elementos técnicos a considerar para la construcción de reservorios de agua de lluvia como lo son: la selección del sitio, la capacidad de almacenamiento de agua que se necesita según el ciclo y los requerimientos hídricos de los cultivos a producir, el tamaño y diseño de las tuberías de conducción del reservorio hasta el área de cultivos y las pérdidas de agua por evaporación e infiltración. Todo lo anterior, con el fin de obtener una estructura acorde con las necesidades de cada productor.

Además de los aspectos técnicos se debe tomar en cuenta la disponibilidad de maquinaria para la excavación o movimientos de tierra necesarios para darle forma al reservorio. Al mismo tiempo es importante pensar en el tipo de revestimiento disponible, de manera tal que se evite de la mejor forma las pérdidas por infiltración. En cuanto aspectos técnicos, recalcar que la selección del sitio es el primer y quizás el más importante de los elementos a considerar a la hora de construir un reservorio. Para seleccionar el sitio se debe considerar la topografía del terreno, la textura del suelo, ubicación del área donde se utilizará el agua, la fuente de agua y el área de drenaje y por último la cuantificación del volumen de agua posible de capturar según el área de influencia del espejo de agua.

Figura 7. Construcción de Reservorio. Fuente: Adolfo Salinas Acosta, 2009



Las depresiones naturales de los terrenos son ideales para el mayor aprovechamiento del agua de escorrentía, especialmente si la depresión cuenta con una garganta estrecha en la parte inferior, lo que permite realizar una represa transversal para capturar el agua. En la medida que se pueda represar el agua aprovechando las depresiones naturales la construcción del reservorio tiene un menor costo, ya que la tierra removida en la parte baja puede ser utilizada para construir los diques laterales bien compactados, permitiendo retener el agua por arriba del nivel natural del terreno. La textura del suelo en el sitio donde se va a construir el reservorio es importante para dar estabilidad a la estructura, los suelos con texturas arcillosas son ideales ya que aparte de compactarse bien para dar estabilidad, también de cierta forma adquieren impermeabilidad. En caso de contar con texturas francas y arenosas se puede recurrir

a revestimientos plásticos, geomembrana de PVC u otro material impermeable a disposición. En este caso específico existió la posibilidad de utilizar una retroexcavadora para todo lo relacionado a los movimientos de tierra y la construcción del reservorio en sí, y en cuanto al revestimiento se utilizaron dos tipos de cobertura, una plástica con menor vida útil (5 años) y 0,007mm de espesor y otra de geomembrana de mayor durabilidad (30 años) con 1 mm de espesor.

Figura 8. Revestimiento de geomembrana. Fuente: Adolfo Salinas Acosta, 2009



Se determinó que la ubicación del reservorio debe de estar por arriba del nivel del área de cultivos o abrevadero para trasladar el agua por gravedad y evitar la necesidad de bombeo, lo cual conlleva al aumento de costos. Entre más cerca esté el reservorio del lugar donde vamos a utilizar el agua mejor. En el caso de fincas planas o con pendientes poco significativas es inevitable el uso de bombas para trasladar el agua.

Aparte del agua precipitada y capturada directamente por el reservorio, también el agua de escorrentía juega un papel principal, por lo que es preferible que dicha agua provenga de áreas que cuenten con suficiente cobertura vegetal con el fin de reducir los sedimentos que pueden ser arrastrados por la escorrentía. En caso de ser necesario contener los sedimentos, se puede construir una caja de estos a la entrada del reservorio o la colocación de barreras vivas para evitar que gran parte de los sedimentos lleguen al reservorio.

La capacidad de almacenamiento del reservorio va a depender del uso que se le dé al mismo. En este caso el agua se utilizó para la irrigación de hortalizas, por lo que se definieron requerimientos hídricos de los cultivos y pérdidas por evaporación. En cuanto a las pérdidas por infiltración no se cuantificaron, ya que se utilizaron los revestimientos antes mencionados. La mayoría de los reservorios se construyen de

forma geométrica facilitando el cálculo del volumen de agua con los principios básicos de geometría, de lo contrario se necesita realizar un levantamiento topográfico para precisar las dimensiones del reservorio y por ende su capacidad de almacenamiento. Para determinar el requerimiento hídrico de un cultivo específico se utiliza el uso consuntivo (Uc) en mm, lo cual cambia dependiendo del cultivo, además de la Evapotranspiración Potencial (ETo) en mm y el Coeficiente de Cultivo (Kc) que responde a la cantidad de agua que extrae una planta durante su ciclo. Por ejemplo el uso consuntivo para 500m² de cebolla se define de la siguiente manera:

$$Uc = ETo * Kc * \text{días de ciclo de cebolla}$$

$$Uc = 7 \text{ mm} * 1 * 105 \text{ días}$$

$$Uc = 735 \text{ mm}$$

$$\text{Volumen total } 500\text{m}^2: 0,735 \text{ m} * 500 \text{ m}^2 = 367,5 \text{ m}^3 = 367\ 500 \text{ litros}$$

Presentado los cálculos anteriores se puede determinar las dimensiones del reservorio requerido. Cabe recalcar que es indispensable considerar las pérdidas por evaporación las cuales dependen de la zona climatológica donde esté ubicado.

Los costos de construcción del reservorio van a variar dependiendo del país, la ubicación de la finca, la disponibilidad de maquinaria, mano de obra y tipo de revestimiento a utilizar.

Para el desarrollo de este artículo, se seleccionó el reservorio ubicado en Colas de Gallo, cuyas dimensiones son: 20m X 20m (largo X ancho) y 2m de profundidad aproximadamente. Los costos de este reservorio de aproximadamente 500 m³, ronda los \$5160, si el mismo está revestido con geomembrana y \$2130 si está revestido con plástico. Lo anterior basado en que una retroexcavadora puede movilizar 25 m³ por hora a un costo de \$38 la hora y que el precio del plástico es de \$5/m² y la geomembrana de \$12/m², tal y como se evidencia en las tablas 1 y 2, además de la figura 9.

Tabla 1. Costos de infraestructura de Colas de Gallo

Inversión en Infraestructura	Costo USD por m ²	Reservorio de 500 m ³
Revestimiento Geomembrana	\$12	\$5160
Revestimiento Plástico	\$5	\$2130
Sist. Riego goteo o micro aspersion	\$0,55	\$275

Fuente: Elaboración propia, 2015

Tabla 2. Costos de movimiento de tierra reservorio Colas de Gallo

Cantidad de Horas	Descripción	Precio unitario	Total
-------------------	-------------	-----------------	-------

20	Trabajo Retroexcavadora	\$38	\$760
----	-------------------------	------	-------

Fuente: Elaboración propia, 2015

Figura 9. Distribución de gastos para la elaboración del reservorio de Colas de Gallo de 500 m³ con revestimiento de geomembrana. Fuente: Elaboración propia, 2015



Tabla 3. Depreciación del reservorio Colas de Gallo

Activo	US Dólares	Cantidad	Depreciación línea recta 1 año
Reservorio	\$5160	500 m ²	\$258

Fuente: Elaboración propia, 2015

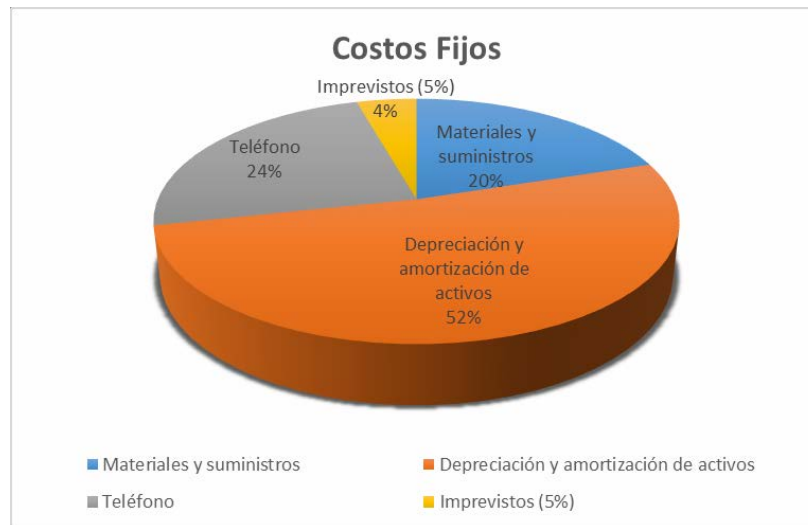
En la tabla 3, se puede observar la depreciación del reservorio en un año, que sería un 5% del total, se calculó en línea recta, para 20 años de vida útil.

Tabla 4. Costos de producción (fijos) reservorio Colas de Gallo

Costos fijo	
Materiales y suministros	\$100,00
Depreciación y amortización de activos	\$258,00
Teléfono	\$120,00
Imprevistos (5%)	\$21,90
Total de costos fijos	\$499,90

Fuente: Elaboración propia, 2015

Figura 10. Distribución de los costos fijos según su porcentaje.
Fuente: Elaboración propia, 2015



En la tabla 4 y en la figura 10, se pueden ver los costos fijos del reservorio, por un monto total de \$ 500 aproximadamente, la partida con mayor peso para este rubro es la de depreciación y amortización de activos, por un total de \$258.

Tabla 5. Costos de producción (Variables) reservorio Colas de Gallo

Costos Variables	
Alevines	\$170,00
Alimento de tilapia	\$700,00
Mano de obra directa	\$500,00
Imprevistos (5%)	\$68,50
Total de costos Variables	\$1.438,50

Fuente: Elaboración propia, 2015

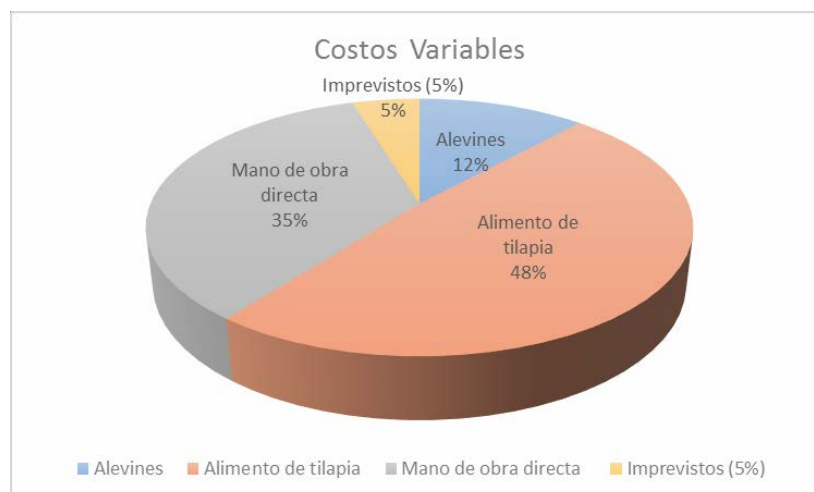


Figura 11. Distribución costos variables según su porcentaje.
Fuente: Elaboración propia, 2015

Los costos variables del reservorio son de \$1.438,5, siendo el mayor gasto el alimento de tilapia

Tabla 6. Costos totales del reservorio en Colas de Gallo

Total de costos operativos (Total de costos fijos+ Total de costos Variables) \$499,90 + \$1.438,50	\$1.938,40
--	------------

Fuente: Elaboración propia, 2015

El total de costos operativos del reservorio es \$ 1.938,40

Para dar a conocer los datos obtenidos de ingresos en la parte de producción de los cultivos utilizando la tecnología de cosecha de agua, en el presente artículo, se selecciono el cultivo de la cebolla, debido a que los productores han indicado que es el cultivo que genera el mayor ingreso económico en su finca. Para evaluar esta hortaliza, se observó el comportamiento de precios registrado por el Consejo Nacional de Producción (CNP), de los cuales se toma como referencia el precio de la cebolla vendida en finca, ya que es ahí donde se ha logrado vender la producción.

Figura 12. Precios de cebolla en diferentes mercados 2012, 2013. Fuente: Consejo Nacional de Producción, 2015

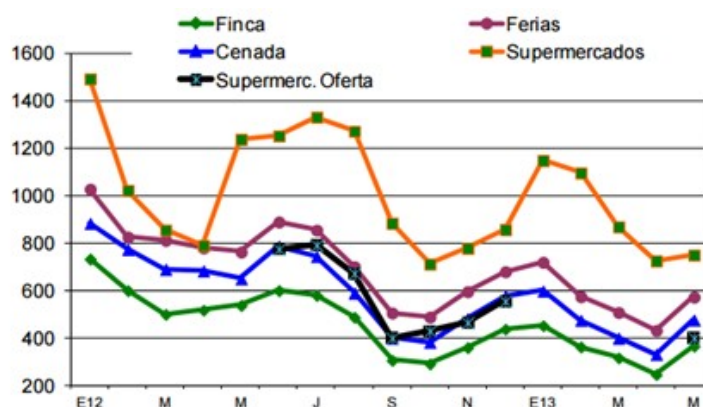


Figura 13. Sembradío de cebolla de la familia Briceño. Fuente: Juan José Campos, 2012



En la tabla 7, se puede observar que existe una variación en los precios de venta por kilogramo de cebolla según la época del año en que se comercialice, por lo tanto, se registró dicho precio según la época del año en que se cosecha, respondiendo al ciclo del cultivo y la calendarización del productor según su esquema de trabajo.

Tabla 7. Precios de venta por ciclo de producción de cebolla en finca

Ciclo	Época del Año	Precio de Venta (USD/KG)
1er Ciclo con Riego	Enero-Abril	1,2
2do Ciclo sin Riego	Mayo-Agosto	0,9
3er Ciclo sin Riego	Septiembre-Diciembre	1,1

Fuente: Elaboración propia, 2015

Los rendimientos del cultivo han sido variados según el momento del año, debido a las diversas condiciones climatológicas durante dicho periodo. Notablemente los mejores rendimientos del cultivo de cebolla se han registrado en el primer ciclo que va desde el mes de enero hasta el mes de abril. Es en este ciclo donde se produce la cebolla bajo sistemas de irrigación con agua proveniente de los reservorios, atribuyendo altos rendimientos a poca humedad relativa en el ambiente debido a estar en la época seca, lo cual influye directamente sobre la incidencia de plagas y un mejor aprovechamiento del recurso hídrico. Los siguientes dos ciclos de producción se han realizado en la época lluviosa contando con rendimientos menores, pero con la posibilidad de sembrar más área y así reducir el impacto en la reducción del rendimiento.

Tabla 8. Rendimientos de producción de cebolla

Cultivo	Ciclo del Cultivo (días)	Numero de Ciclos por año	Numero de Ciclos Sin Riego	Costos por Ciclo	Costos por año con riego	Costos por año sin riego	Rendimientos 1er ciclo en kg (con riego)	Rendimientos 2do ciclo en kg (sin riego)	Rendimientos 1er ciclo en kg (sin riego)	Rendimiento anual en kg
Cebolla	105	3	2	264,9	238,41	317,88	1200	960	960	3120

Fuente: Elaboración propia, 2015

Según los rendimientos registrados y el comportamiento de los precios de la cebolla los ingresos superan los \$3.120 dólares anuales. No está de más mencionar la producción de otros cultivos hortícolas como el tomate, ají, cebollino, lechuga, mostaza, culantro, pepino, brócoli, coliflor, etc., que aunque se siembren en menor cantidad significan un gran aporte a la economía del productor y a la seguridad alimentaria de la familia rural. Además el cultivo acuícola de tilapia, la especie *Oreochromis niloticus* (Tilapia Gris), que se puede mantener en el reservorio paralelo a la producción de hortalizas.

Según los rendimientos registrados y el comportamiento de los precios de la cebolla los ingresos superan los \$3.120 dólares anuales. No está de más mencionar la producción de otros cultivos hortícolas como el tomate, ají, cebollino, lechuga, mostaza, culantro, pepino, brócoli, coliflor, etc., que aunque se siembren en menor cantidad significan un gran aporte a la economía del productor y a la seguridad alimentaria de la familia rural. Además el cultivo acuícola de tilapia, la especie *Oreochromis niloticus* (Tilapia Gris), que se puede mantener en el reservorio paralelo a la producción de hortalizas.

Tabla 9. Ingresos de la producción de tilapia.

Alevines	Producción en Kg	Venta de kg de tilapia (Dólares)	Venta total tilapia
2500	1000	5,55	\$ 5.500

Fuente: Elaboración propia, 2015

En la tabla 9, se indica que 2.500 alevines producen 1.000 kg de tilapia, en un periodo de seis meses de permanencia en el reservorio (cada tilapia luego de seis meses, pesa 400gr, y el kilo se vende en el mercado local en \$5,55).

Con los datos anteriores es posible calcular la rentabilidad para el caso de la tilapia.

$$\text{Rentabilidad} = 5.500 - 1.938,40$$

Rentabilidad = 3.561,60 dólares
--

Por lo tanto, la rentabilidad de la tilapia para este reservorio es \$3561.60, en un periodo de seis meses.

En resumen, los \$3.360 generados a partir de los tres ciclos de producción de la cebolla y de los \$3.561 generados de la producción de tilapia, significan un ingreso total de \$6.921 en el transcurso del año, sin contemplar los aportes complementarios de

otras hortalizas para autoconsumo. Lo anterior significa que el productor del reservorios de Colas de Gallo, con un reservorio de aproximadamente 500m³, con 2.500 peces y con 500m² de producción de cebolla, genera un ingreso mensual promedio de \$576,75. Este ingreso mensual promedio mejora significativamente la calidad de vida de las familias que basan la producción de su finca utilizando tecnologías de cosecha de agua, en comparación con las familias que continúan con la producción tradicional, en donde el jefe de familia se dedica a realizar labores de jornal, recibiendo un ingreso mensual promedio de \$273 aproximadamente.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El cambio climático está obligando a los productores a buscar otras alternativas que se adapten a su realidad, tanto hídrica como económicamente, pero esto resulta ser un cambio cultural en los patrones agrícolas presentes, es por eso que la transición a nuevas tecnologías se va dando en un mediano plazo.

El uso de tecnologías de cosecha de agua brinda a los productores de la región Chorotega muchos beneficios, entre ellos están:

- La eficiencia del uso del agua es vital para este tipo de proyectos, debido a la escasez de la misma en los periodos de estación seca. Es por eso que se trata de retener el agua al máximo, desde su almacenamiento, conducción y aprovechamiento para minimizar las pérdidas por infiltración y evaporación, recurriendo a revestimientos (plástico o geomembrana, conducción con tubos de PVC, microaspersión y goteo). Con la utilización de reservorios de agua los proyectos demostraron la importancia de almacenar el agua para ser usada posteriormente en la época seca, ya que a partir de esta experiencia con los pequeños productores agrícolas, ellos indican que esta tecnología les ha permitido mantenerse vigentes y competitivos con sus productos.
- Para seleccionar el tipo de reservorio que se va a construir es importante conocer no solo los índices de lluvia propios de la zona o región donde se desea establecer el mismo, sino también la topografía del terreno como las pendientes existentes y la textura del suelo.
- Hay que seleccionar los cultivos que se van a producir con el agua del reservorio, tomando en cuenta la región y las posibilidades de mercado tanto existentes como futuras.
- El tamaño del reservorio depende de la necesidad de uso que requiera el productor, para determinar el tamaño, hay que tomar en cuenta los cultivos que se van a sembrar y calcular su uso consuntivo.
- El material que se utilice para el revestimiento del reservorio, va a marcar una diferencia significativa en los costos, siendo el mayor costo el revestimiento de geomembrana, ya que tiene una vida útil de 30 años.
- Según la experiencia en los proyectos, el costo más relevante para la construcción del reservorio es el de movimiento de tierra con retroexcavadora.
- Los resultados de costos y de producción obtenidos con los datos de los reservorios generados en estos proyectos son relevantes para la región Chorotega de Costa Rica, ya que son los primeros que se obtienen en el tema de uso de tecnologías de cosecha de agua.

- Los ingresos mensuales obtenidos en la producción de cebolla utilizando el agua de reservorio en época seca indican que el uso de estas tecnologías son rentables en la región Chorotega, ya que el productor vende a un precio aceptable su cosecha, obteniendo considerables rendimientos.
- La producción de tilapia en los reservorios durante la época lluviosa, le brinda un ingreso extra al productor luego de seis meses.
- La seguridad alimentaria de las familias que tienen reservorios se ve beneficiada en cualquier época del año, ya que la producción también es para autoabastecimiento de las familias.
- La importancia en la parte social de las comunidades involucradas es relevante ya que el uso de reservorios de agua, genera oportunidades de empleo (actualmente muy escasas) en las comunidades y fincas involucradas. Esto aumenta el ingreso económico mensual en las familias de los productores y favorece la permanencia de los jóvenes en la zona, ya que tienen su propio ingreso económico y puedan establecerse en la comunidad donde está su familia.
- Las familias que poseen una estructura de reservorio, involucradas en los proyectos, tienen una economía dinámica, que incluye a todos los miembros de la misma, con una entrada económica que ronda los \$570 mensuales, lo que significa un aumento de aproximadamente el 50% en sus ingresos mensuales. Estos ingresos se dan por la posibilidad de tener acceso a un mercado diferenciado en zona hacia el sector turístico.
- Esta experiencia ha generado datos que no se tenían, en cuanto a costos, ingresos y volumen de producción, los cuales sirven para futuras propuestas a la hora de hacer proyecciones para desarrollar una infraestructura de cosecha de agua y esto ha generado la realización de diversos talleres informativos de la temática a distintos grupos de la región (agricultores, académicos, ganaderos, etc.), ofreciendo una estrategia de extensión agrícola en la zona.

Figura 14. Capacitación a productores, técnicos en reservorio de Colas de Gallo, familia Briceño.



Fuente: Salinas A., 2011

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Asociación Mundial para el agua, C. (2013). Recuperado el 31 de julio de 2015, de *Tecnologías para el uso sostenible del agua, una contribución a la seguridad alimentaria y la adaptación al cambio climático*: http://www.gwp.org/Global/GWPCAm_Files
- Bakker, k., & Cook, C. (2012). *Water Security: Debating en emerging paradigm*. 94-102. (G. E. Change, Ed.)
- Bolaños, R.; Watson, V., y Tosi, J. (2005). *Mapa ecológico de Costa Rica (Zonas de Vida), según el sistema de clasificación de zonas de vida del mundo de L.R. Holdridge, Escala 1:750 000*. Centro Científico Tropical, San José, Costa Rica
- Canija Canelo, M. J., & Faustino, J. (2007). *Alternativas de captación de agua, la esperanza de mejores cosechas y la conservación ambiental*. CATIE.
- Castro. (23 de setiembre de 2007). *Agua ¿abundante o escaza? La Nación*, pág. Sección opinión.
- Cepes.org. (s.f.). *Reservorios de almacenamiento*. Obtenido de http://www.cepes.org.pe/pdf/OCR/Partidos/agua_potable/agua_potable7.pdf
- Deborah Barry, H. R. (s.f.). *El Desafío del Agua en Centroamerica*. Obtenido de http://www.estadonacion.or.cr/files/biblioteca_virtual/centroamerica/001/DH1999Cap4-region01.pdf
- García, G. B. (2012). *Agua, agricultura y seguridad alimentaria en las zonas de Nicaragua*. Obtenido de <http://www.desaprender.org/fileSendAction/fcType/5/fcOid/409157408218565377/fodoid/409157408218565375/ACF%20FAO%202012%20Agua-Agricultura-y-Seguridad-Alimentaria-en-las-zonas-secas-de-Nicaragua.pdf>
- Grey, D., & Sadoff, C. W. (2007). *Sink or swim? Water security for growth and development*. 545-571. (W. P. (9), Ed.)
- Heuvel dop Paulmann, J. (1986). *Agroclimatología Tropical*. La Uned.
- IFAM. (2003). *Regiones y cantones de Costa Rica. Serie Cantones de Costa Rica No.2*.
- INEC, I. N. (Julio de 2012). *Encuesta Nacional de Hogares. Costa Rica*.
- IMN. (2009). *Atlas climatológico de Costa Rica*. Instituto Meteorológico Nacional. MINAET.
- IPCC. (2013). *Climate Change 2013: The physical science basics*. (C. U. Press, Ed.)
- IPCC, I. P. (2007). *Intergovernmental Panel on Climate Change*.
- MIDEPLAN. (2014). *Región Chorotega, Pan de desarrollo 2030*. MIDEPLAN, Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica.
- Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica, M. (setiembre de 2013). *Costa Rica Índice de Desarrollo Social*.
- Radulovich. (1994). *Tecnologías productivas para siembras agrosilvopecuarios de ladera con sequía estacional*. Turrialba: CATIE.
- Tenorio, L. (2009). *Geografía Turística de la Región Chorotega. Costa Rica*. (EUNED, Ed.)
- Xianbi, H. (2013). *Mainstreaming adaptation in integrated water resources*. 895-921. (W. Policy, Ed.)