



HIDROCEC-UNA
Centro de Recursos Hídricos para
Centroamérica y el Caribe

UNA UNIVERSIDAD
NACIONAL
COSTA RICA
SEDE REGIONAL CHOROTEGA

**Universidad Nacional,
Sede Regional
Chorotega, Costa Rica**

Coordinación general
Juan Carlos Picón Cruz

CLIMA, AGUA Y PRODUCCIÓN SOSTENIBLE:

Aportes desde la
acción académica
CEMEDE - HIDROCEC

CLIMA, AGUA Y PRODUCCIÓN
SOSTENIBLE:
Aportes desde la acción académica
CEMEDE - HIDROCEC

Coordinación general
Dr. Juan Carlos Picón Cruz

Las interpretaciones expresadas en esta obra colectiva son de exclusiva responsabilidad de los autores(as), al igual que las fotografías, figuras, u otras similares.

La publicación puede ser utilizada indicando los derechos de autor. Usted es libre de copiar y difundir los artículos comprendidos en la obra, siempre y cuando no se haga un uso comercial de la obra original, ni la generación de obras derivadas.

© Clima, agua y producción sostenible: Aportes desde la acción académica CEMEDE - HIDROCEC

Universidad Nacional, Costa Rica, Sede Regional Chorotega

333.73

C639c

Clima, agua y producción sostenible : aportes desde la acción académica desde el CEMEDE E HIDROCEC (Periodo 2015-2019) / Juan Carlos Picón Cruz, coordinador. -- San José, Costa Rica : Universidad Nacional de Costa Rica. 2020
1 Recurso en línea (196 páginas): PDF

ISBN 978-9968-526-12-8

1. CLIMA. 2. SOSTENIBILIDAD. 3. AGUA. 4. SOCIEDAD. 5. UNIVERSIDAD NACIONAL (COSTA RICA). 1: Picón Cruz, Juan Carlos, coordinador.

Centro de Recursos Hídricos para Centroamérica y Caribe (HIDROCEC)
Sede Regional Chorotega, Universidad Nacional (UNA)
Campus Liberia, Guanacaste, Costa Rica
Andrea Suárez Serrano, PhD.
Directora, HIDROCEC - UNA
Universidad Nacional, Sede Regional Chorotega
Tel: + (506) 2562-6268
Tel: + (506) 8719-7499
email: andrea.suarez.serrano@una.cr

Centro Mesoamericano de Desarrollo Sostenible del Trópico Seco (CEMEDE)
Mesoamerican Center for Sustainable Development of the Dry Tropics
Sede Regional Chorotega, Universidad Nacional (UNA), Costa Rica
Campus Nicoya, Guanacaste, Costa Rica
Edgar Vega Briceño, M.Sc.
Director, CEMEDE -UNA
Tel. + (506) 2562-6212 / 2562-6216 / cemedede@una.cr
Sitio web: <http://www.cemedede.una.ac.cr>

Diseño y diagramación:

Jade Diseños & Soluciones, www.jadecr.com, 2273-1473

La publicación puede ser utilizada indicando los derechos de autor. Usted es libre de copiar y difundir los artículos comprendidos en la obra, siempre y cuando no se haga un uso comercial de la obra original, ni la generación de obras derivadas.

Contenido

Prólogo.....	7
Mensaje preliminar Compartiendo experiencias en investigación y extensión desde la Sede Regional Chorotega de la Universidad Nacional.....	15
Presentación del Centro Mesoamericano de Desarrollo Sostenible del Trópico Seco de la Universidad Nacional, Sede Regional Chorotega (CEMEDE).....	17
Presentación del Centro de Recursos Hídricos para Centroamérica y el Caribe (HIDROCEC-UNA).....	19
1. EXPERIENCIAS DE LAS FAMILIAS QUE INCORPORAN A SU COSECHA EL SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA (SCALL) EN SU SISTEMA DE PRODUCCIÓN AGROPECUARIA.....	21
2. CARACTERIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LOS CANTONES DE HOJANCHA Y NICOYA, EN GUANACASTE, COSTA RICA.....	45
3. AGROQUÍMICOS Y OTROS PELIGROS CONTAMINANTES EN LA MICROCUEENCA POTRERO-CAIMITAL, EN GUANACASTE, COSTA RICA: UN ESTUDIO CON PRODUCTORES Y POBLADORES.....	83
4. AGROCADENAS LIGADAS AL USO DE TECNOLOGÍAS DE COSECHA DE AGUA EN PEQUEÑOS AGRICULTORES DE LA REGIÓN CHOROTEGA DE COSTA RICA.....	107
5. ESTABLECIMIENTO DE SISTEMAS AGROFORESTALES DENTRO DE LOS MODELOS DE FINCAS INTEGRALES.....	133



6. EXPERIENCIAS DEL PROCESO SOCIOPARTICIPATIVO PARA EL FORTALECIMIENTO DE CAPACIDADES EN ASOCIACIONES DE ACUEDUCTOS COMUNALES (ASADAS) EN SANTA CRUZ, ABANGARES Y NICOYA.....	151
7. TRATAMIENTO, GESTIÓN Y REUSO DE LOS LODOS SÉPTICOS PARA EL FORTALECIMIENTO DE LAS ASADAS Y LAS COMUNIDADES DE LA REGIÓN CHOROTEGA.....	173

CARACTERIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LOS CANTONES DE HOJANCHA Y NICOYA, EN GUANACASTE, COSTA RICA

Dr. Pável Bautista Solís ¹

Gladys Cardoza Cruz, Katherine Jara Carvajal, Rocío Navarro Ramírez, Joseph Piña Rodríguez, José Luis Molina Cascante, Fabiola Camacho Alvarado, Humberto Benavides Vallejos, Vera Yaritza Elizondo Loría, Yamila Guevara Gómez, Elisa Caravaca Gómez, Rafael Caravaca Morales, Luis Armando Rodríguez, Óscar Mora Villalobos, Minor Olivares Fernández, Romel Corea Pizarro, Stephanie Castillo Badilla, Cheisy Paniagua García, Yasdany Chávez Villareal, María Elena Briceño Zúñiga, Frander Mendoza Trejos, Astrid Rodríguez Ortiz, Treicy Angulo Zúñiga, Alejandra García García, Silvia Rodríguez Ruiz, Marianela Rodríguez Valladares, Gerald Lamugue García, Luis Diego García Ramírez, Marisol Díaz Obando, Jostin Céspedes Aragón, Carlos Hernández Carmona, Raquel Parra Alpízar, Francini Arguedas Valverde, Juan José Cascante López, Ismael Araya Baltodano, Luis Ramírez Noguera, Keyler Castrillo López, José Manuel Mayorga Álvarez, Yoher Obando Duarte, Yoselin Pamela Guevara Vega, Jocelyn Duarte Vallejos ²

M.Sc. William Gómez Solís ³

M.Sc. Adolfo Salinas Acosta ⁴

-
- ¹ Ingeniero agrónomo. Máster en Ciencias en Agricultura Ecológica con énfasis en Ordenamiento Territorial por el CATIE, Costa Rica. Doctor en Ciencias en Agroforestería Tropical con Énfasis en Desarrollo Rural por la Universidad de Bangor, Reino Unido. Actualmente, es académico en el Centro Mesoamericano de Desarrollo Sostenible del Trópico Seco (CEMEDE), Universidad Nacional, Costa Rica; y coordina los proyectos PRO-RBA (FUNDERUNA) y CADICO-DTR (FUNDER-UNA), además, es co-investigador principal del proyecto GREAT (BMBF-MICITT). pavel.bautista.solis@una.cr
 - ² Estudiantes de la Universidad Nacional, Sede Regional Chorotega.
 - ³ Ingeniero en Ciencias Forestales por la Universidad Nacional de Costa Rica. Licenciado en Manejo Forestal, en la actualidad, cursa la Maestría en Gestión de Recursos Naturales y Tecnologías de producción en el Instituto Tecnológico de Costa Rica. Actualmente, labora en el Centro Mesoamericano de Desarrollo Sostenible del Trópico Seco (CEMEDE), Universidad Nacional, Sede Regional Chorotega. william.gomez.solis@una.cr
 - ⁴ Ingeniero Agrícola por el Instituto Tecnológico de Costa Rica, I.T.C.R., Cartago. (2000). Máster en Desarrollo Integrado de Regiones Bajo Riego por la Universidad de Costa Rica, U.C.R (2007). Licenciado en Ciencias de la Educación con Énfasis en Docencia, Universidad de San José, Nicoya, Guanacaste (2017). Actualmente es profesor en la carrera de Ingeniería Hidrológica en la Universidad Nacional de Costa Rica, Sede Liberia, Guanacaste. adolfo.salinas.acosta@una.cr

Resumen

En esta investigación se caracterizaron los sistemas de captación de agua en los cantones de Hojancha y Nicoya, en Guanacaste, Costa Rica. Específicamente, se documentaron las razones que incentivaron a los agricultores a construir estos sistemas. Adicionalmente, se analizó la percepción de los agricultores acerca del estado actual del funcionamiento de estos sistemas, así como, de los beneficios obtenidos durante los meses de aridez estacional. La información fue obtenida por medio de visitas a las fincas, registrando la ubicación espacial de los sistemas, tomando fotografías del estado actual de la infraestructura de los sistemas. Además, se utilizaron encuestas que fueron aplicadas en finca, a los once dueños de sistemas de captación de agua. El diseño colaborativo de la metodología, así como el trabajo de campo, la transcripción de las encuestas y el análisis de la información fue realizada por los estudiantes y académicos de la Universidad Nacional (UNA). Los productores encuestados establecieron que el principal beneficio de los sistemas de captación es que pueden proporcionar el agua necesaria para desarrollar actividades agropecuarias durante la aridez estacional (seis meses). Esta es la temporada más difícil para el desarrollo de la ganadería y la agricultura en estos cantones. Los sistemas de captación de agua les permiten adaptarse a los problemas de escasez hídrica que se han agravado en los últimos diez años. A partir del análisis de los resultados, se identificaron oportunidades para mejorar el diseño técnico de los sistemas, así como, la necesidad de continuar investigando, a fin de, evaluar la eficiencia de la tecnología y las implicaciones de implementar los sistemas de captación de agua, para solventar la disponibilidad hídrica en la región.

Palabras clave: cambio climático, escasez hídrica, adaptación, sistemas de captación de agua, evaluación.

Abstract

In this research, water harvesting systems were characterized in the cantons of Hojancha and Nicoya, in Guanacaste, Costa Rica. Specifically, it was documented the reasons that encouraged farmers to build these systems. In addition, the perception of farmers about the current state of operation of these systems was analyzed, as well as the benefits obtained during the months of seasonal aridity. The information was obtained through farm visits, recording the spatial location of the systems, taking photographs of the current state of the systems' infrastructure. Furthermore, surveys were used and applied on farms, to eleven owners of water collection systems. The collaborative design of the methodology, as well as the fieldwork, transcription of the surveys and analysis of the information was carried out by students and academics from the National University (UNA). The farmers surveyed established that the main benefit of the harvesting systems is that they can provide the water needed to develop agricultural activities during seasonal aridity

(six months). This is the most difficult season for the development of livestock and agriculture in these counties. Water harvesting systems allow them to adapt to the problems of water scarcity that have worsened over the last ten years. Based on the analysis of the results, opportunities were identified to improve the technical design of the systems, as well as the need to continue researching in order to evaluate the efficiency of the technology and the implications of implementing water harvesting systems to solve water availability in the region.

Keywords: Climate change, water scarcity, adaptation, water harvesting systems, evaluation.

1. Introducción

1.1. Variabilidad climática y la disponibilidad hídrica de la provincia de Guanacaste, Costa Rica

La provincia de Guanacaste se ubica en el extremo noroeste de Costa Rica. Cuenta con una precipitación anual promedio entre 1517-2116 (mm/año), pero presenta un periodo seco de diciembre a abril (IMN, s.f.). Durante estos meses, hay escasez del recurso hídrico, la cual se ha incrementado con los años debido a las limitaciones en la gestión del recurso hídrico y a la influencia del fenómeno cálido de ENSO (fenómeno del Niño). El Niño por lo general, produce sequías caracterizadas por una reducción de hasta el 26% de la precipitación promedio anual, causando un incremento en la temperatura de un grado centígrado (Retana *et al.*, 2012). Esto provoca una disminución en la producción agropecuaria que no solo causa pérdidas millonarias en el sector, sino que, incide directamente en el aumento de la pobreza y el desempleo en la región (IMN, s. f.; Medina Carrillo *et al.*, 2012).

Entre los seis a los siete meses de aridez estacional, existe un déficit hídrico que afecta las actividades socioeconómicas; mientras que, en los meses de lluvia se observan incluso problemas de inundaciones, debido a la gran concentración de lluvias en un periodo corto de tiempo que satura de agua los suelos (Retana y Solano, s.f.). Estos eventos extremos del clima afectan el desarrollo rural regional. Desafortunadamente, los modelos de circulación global adaptados para América Central sugieren que el impacto negativo de la variabilidad climática en la agricultura se incrementará. En este particular, la mayoría de los modelos sugieren un incremento de la temperatura que, a la vez, aumentará la evapotranspiración y las necesidades hídricas de los ecosistemas y los agroecosistemas. Además, el aumento de la frecuencia y de la intensidad de las inundaciones y las sequías, ya se han sugerido y observado (Hidalgo, *et al.*, 2013; IPCC, 2012; Martínez Guzmán, 2013). A pesar de que los estudios regionales no han encontrado una tendencia en la disminución de las lluvias por efecto del cambio climático, sí reportan una reducción incremental de la escorrentía superficial que acrecienta el riesgo de sequías severas (Hidalgo *et al.*, 2013).

Adicionalmente, Guanacaste enfrenta también los retos nacionales relacionados con las limitaciones en infraestructura y gobernanza del agua (Hidalgo, 2012; Valverde, 2013) que,

en conjunto con los impactos de la variabilidad climática, sugieren un escenario crítico para garantizar la seguridad hídrica en la zona y el resto del corredor seco centroamericano. Por lo tanto, se coincide con Martínez Guzmán (2013), quien señala, por un lado, la necesidad de comprender la compleja relación entre el clima, el uso de la tierra y el agua, los flujos de aguas superficiales y subterráneas, y, por otro lado, cómo alimentar nuevamente el sistema para abastecer la demanda hídrica de las poblaciones a fin de seguir generando actividades económicas. No obstante, también se resalta la necesidad urgente de identificar y facilitar la adopción de estrategias de adaptación ante la escasez hídrica.

1.2. Los sistemas de captación de agua, una alternativa de adaptación a la variabilidad climática para el sector agropecuario

Existe la oportunidad de captar y almacenar los excedentes hídricos presentes durante la temporada de lluvias, para utilizarlos en la época de estiaje; en este particular, cabe recordar que los sistemas de captación de agua se han utilizado desde hace miles de años. En América Latina, varios grupos étnicos prehispánicos y contemporáneos los han empleado y cada una de las opciones de los sistemas implementados tiene un nombre local y características especiales que determinan su eficiencia y la implicación que pueden tener en la hidrogeología regional. Por ejemplo, en el Departamento de Petén, al norte de Guatemala, las fincas ganaderas hacen uso de estructuras de almacenamiento excavadas y sin recubrimiento, conocidas localmente como *aguadas*.

Generalmente, las *aguadas* las construyen a mano los pequeños y medianos productores ganaderos, pero han existido iniciativas para mejorar su diseño, sobre todo, para incrementar la calidad del agua almacenada (Palma, *et al.*, 2011). En Asia, por ejemplo, la adopción masiva de esta tecnología ha brindado impactos positivos en la hidrogeología local, ya que, permitió recuperar ríos secos en el distrito de Rajasthan, una de las zonas áridas de la India. En este caso, los ríos volvieron a surgir por efecto de la infiltración y la retención de agua de miles de sistemas de captación implementados, conocidos localmente como *johads*.

En Costa Rica, los sistemas de captación de agua o cosecha de agua, como también son conocidos, se denominan popularmente como reservorios. En la provincia de Guanacaste se encuentran establecidas un número no determinado de estructuras excavadas y sin recubrimiento, cuyo origen, probablemente, es una innovación de los productores; pero también, hay estructuras de almacenamiento excavadas con recubrimiento textil y polietileno (geomembrana) que son producto del diseño de profesionales agrícolas. Por lo tanto, resulta claro que, al igual que otras tecnologías, los sistemas de captación de agua presentan diferente infraestructura, forma y métodos para su reparación; además del propósito que determina su funcionamiento, su definición, así como, el grado de aceptación como medida de adaptación a la escasez hídrica en una región.

1.3. Elementos para una definición pragmática de los sistemas de captación de agua

Los sistemas de captación de agua se han definido, de una manera más generalizada como: “la recolección o cosecha de la escorrentía superficial para propósitos de producción agropecuaria y forestal” (FAO, 2000, s.p.). Sin embargo, una definición más actualizada y puntual planteada por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) establece que:

Se entiende por captación y aprovechamiento del agua de lluvia todo tipo de esfuerzo técnico, simple o complejo, surgido de la iniciativa de los agricultores o desarrollado científicamente, para aumentar la cantidad de agua de lluvia que se almacena en el suelo o en estructuras construidas, de tal manera que pueda utilizarse posteriormente bajo condiciones de déficit de lluvias. (FAO, 2013, p.9)

Por su parte, Lasage and Verburg (2015) indican que las definiciones de los sistemas de captación de agua las determinan las diferencias en su propósito, el tipo de almacenamiento y la ubicación de la fuente de captación. Estos autores optan por una definición general y los consideran como: “todos los esquemas de pequeña escala para la captación, almacenamiento y colección de escorrentía superficial en diferentes medios, tanto para uso doméstico como agropecuario” (p. 49). De acuerdo con Martínez Guzmán (2013), estos sistemas son un tipo de excavación cuyo objetivo es coleccionar y almacenar agua de lluvia o de fuentes superficiales, para el consumo de animales, especialmente en potreros con déficit hídrico. Por lo tanto, el uso de los sistemas de captación de agua también se puede orientar a otros fines productivos, como la ganadería y la piscicultura. Por último, Fewkes (2006) coincide con la definición anterior, al señalar específicamente las etapas, los procesos o subsistemas más importantes que forman parte de un sistema de captación de agua a pequeña escala, el cual consiste “en el proceso de captar, almacenar y usar agua de lluvia como fuente de agua primaria o suplementaria” (p. 28).

En virtud de lo anterior y, analizando las distintas fuentes, en las cuales se definen y se plantean algunas tesis referentes a los sistemas de captación de agua, además de tomar en consideración las características con que cuentan los sistemas visitados en campo y, basados en la presente investigación, se opta por definir que los sistemas de captación de agua son “reservorios construidos para captar, almacenar, tratar y usar agua de lluvia o de alguna otra fuente superficial, para ser utilizada en actividades agropecuarias o domésticas de pequeña escala”.

1.4. de los sistemas de captación de agua en la provincia de Guanacaste, Costa Rica

En los cantones de Hojancha y Nicoya diversas organizaciones promovieron la implementación de sistemas de captación de agua, por medio de un proyecto de las universidades públicas de Costa Rica, dicho programa fue financiado por el Consejo Nacional

de Rectores (CONARE) e implementado durante el 2009 al 2011 (Medina Carrillo *et al.*, 2012). Desde el 2009, el Centro Mesoamericano de Desarrollo Sostenible del Trópico Seco (CEMEDE) de la Universidad Nacional (UNA) y, el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) han desarrollado proyectos que promueven el establecimiento de sistemas de captación, como una alternativa, para facilitar la seguridad alimentaria (Campos Zúñiga *et al.*, 2016; Salinas Acosta, *et al.*, 2010).

Aunado al apoyo de estas instituciones, la Asociación Agroforestal Chorotega (UNAFOR) desde el 2015 y la Asociación Cámara de Ganaderos de Nicoya (ASCAGANI) desde el 2018, junto a la FAO, y, apoyados por la Agencia Mexicana de cooperación para el Desarrollo (AMEXCID), brindan financiamiento para la instalación de sistemas de captación de agua por medio de proyectos de cooperación técnica (FAO, 2018). A partir de estos proyectos, se generó una colección de ocho manuales técnicos por parte del CEMEDE y del MAG, que incluyen desde una propuesta de estrategia nacional para el desarrollo de sistemas de captación de agua, hasta los elementos técnicos para su construcción.

Ciertamente, se tomaron en consideración una serie de estudios básicos que determinaron su factibilidad como estrategia de adaptación a la escasez hídrica en Guanacaste, Costa Rica. Adicional a estas investigaciones, la Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED) y la Universidad Nacional (UNA) han generado dos artículos científicos, en los que se describe un modelo experimental de sistema de captación de agua para pequeñas fincas agrícolas, los cuales incluyen una breve descripción del sistema e información referente a los costos y, a la evaluación de la factibilidad económica y biofísica de estos sistemas (Cuadro 1).

En el caso de los modelos de sistemas de captación de agua utilizados en Hojancha y Nicoya son excavados, es decir, se establecen por debajo del nivel del suelo y suelen construirse con maquinaria pesada (Salinas Acosta *et al.*, 2010). Además, utilizan un revestimiento geotextil para evitar el crecimiento de especies acompañantes; y, un recubrimiento de polietileno conocido como geomembrana para evitar la infiltración. Asimismo, el análisis financiero presupuestó un sistema de irrigación por goteo para la producción de hortalizas y producción piscícola.

Cuadro 1
 Información técnica de los modelos de sistemas de captación de agua
 establecidos por las universidades públicas en el cantón
 de Nicoya, Guanacaste, Costa Rica

Característica	Sistema 2012	Sistema 2016
Año de establecimiento	2009	2010
Capacidad de almacenamiento (m ³)	340	500
Forma de construcción	Maquinaria	Maquinaria
Revestimiento	Geotextil y geomembrana	Geotextil y geomembrana
Área irrigada (m ²)	240	500
Producción hortalizas	Sí	Sí
Producción piscícola	Sí	Sí
Costo (\$/m ²)	12,20	12,39
Costo total (\$)	7499	6195
Rentabilidad	Sí	Sí

Fuente: Datos de Medina Carrillo *et al.* (2012) y Campos Zúñiga *et al.* (2016).

1.5. Estudios internacionales recientes de los sistemas de captación de agua

En Europa, específicamente en el norte de Portugal, se usaron modelos de análisis multicriterio, para estudiar la factibilidad de utilizar sistemas de captación de agua en la irrigación de sistemas agroforestales y el combate de incendios (Terêncio, *et al.*, 2018). Estos autores encontraron que la capacidad de la cuenca para almacenar agua es limitada por el tamaño del muro de la presa. En Burkina Faso, África, se desarrolló un análisis remoto con sensores y SIG, para elaborar un método de clasificación de sistemas agrícolas, por medio de sistemas de cosecha de agua (o sea, líneas en contorno y semilunas, reservorios, franjas de barbecho, mixtos, franjas de piedra y fosas de plantación). En este particular, el índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) fue la métrica que permitió contrastar los sistemas de captación de agua en las imágenes satelitales (Lloyd y Dennison, 2018).

En otros estudios, los investigadores evaluaron la adopción de los sistemas de captación de agua. Por ejemplo, en Burkina Faso se desarrolló un estudio cualitativo con base en el Marco

de Medios de Vida Sostenibles para caracterizar el proceso de adopción de sistemas de cosecha de agua (Bunclark *et al.*, 2018). Los resultados de este estudio sugieren que, la adopción de sistemas de captación de agua es un proceso longitudinal determinado por diversos factores del hogar, como la disponibilidad de mano de obra y el flujo de capital. En el condado Tharaka South en Kenia Central, África, se desarrolló otro estudio de adopción tradicional, por medio de encuestas con variables socioeconómicas analizadas con regresión logística (Muriu-Ng'ang'a, *et al.*, 2017). En este caso, los resultados demuestran que los productores tienden a preferir sistemas de captación menos intensivos en recursos externos y conocimiento, como las franjas de pasto, franjas de piedras y líneas de broza.

Otro estudio desarrollado en la subcuenca Gule en el norte de Etiopía, África, consistió en un experimento para comparar diferentes combinaciones de sistemas de captación de agua, incluyendo bordos atados, mulch de paja, individuales y combinados entre estos y con microorganismos eficientes (Grum *et al.*, 2017). Este análisis de varianza demostró que la combinación de los bordos con el mulch redujo la escorrentía en casi un 80%, en comparación con un control sin tratamiento, que incrementó la humedad del suelo. Además, es necesario resaltar que, en los estudios de Burkina Faso, Etiopía y Kenia se describen varios tipos de sistemas de captación de agua; sin embargo, en la literatura de Costa Rica solamente se refiere un modelo único de sistema captación.

En otro estudio implementado en la cuenca del lago Tana, al noroeste de Etiopía, se desarrolló un sistema de apoyo a las decisiones para modelar el impacto hidrológico de una aplicación masiva de sistemas de captación de agua (Dile *et al.*, 2016). Los resultados de esta modelación sugieren que la cantidad de agua captada es menor que la requerida para garantizar el caudal ecológico. Asimismo, Dile *et al.* (2016) reportan beneficios económicos y ecológicos, en la parte baja de la cuenca del Tana, ya que, en el modelo los sistemas de captación de agua combinados con la fertilización facilitan generar alimentos, y, por ende, tener acceso a ellos, ya que, se incrementan la producción agrícola, debido a la disminución en la sedimentación, así como, en los caudales altos que provocan inundaciones.

Finalmente, dos estudios han intentado sintetizar el conocimiento en lo referente a los impactos de los sistemas de captación de agua a escala regional. El primero, se enfocó en investigar el impacto de estos sistemas en el rendimiento agrícola de zonas semiáridas de Asia y África (Bouma, Hegde y Lasage, 2016). Los resultados del metaanálisis confirmaron el impacto positivo de los sistemas, en el rendimiento de cultivos agrícolas en combinación con la aplicación de fertilizantes, especialmente en años con déficit hídrico. El segundo estudio, consistió en una revisión de literatura que evaluó las características de la implementación de sistemas de captación de agua a pequeña escala, en zonas semiáridas (Lasage y Verburg, 2015). El resultado de dicho estudio incluye, un marco de referencia para la toma de decisiones, que pretende clasificar y seleccionar la información obtenida en las diferentes investigaciones referentes a los sistemas de captación de agua y, a partir de ahí, establecer una nueva clasificación pragmática de los sistemas revisados.

Tal y como se enfatizó en la revisión anterior, es notable la evidencia de un esfuerzo sistemático para avanzar, no solo con respecto al conocimiento sino con la necesidad de implementar los sistemas de captación de agua en una zona en transición a semiárida. En este sentido, es determinante empezar a documentar los tipos de sistemas de captación puestos

en marcha en Guanacaste, así como, los detalles de su ubicación, su forma, los costos y las motivaciones para utilizarlos, para establecer una línea base de información que permita a los investigadores realizar análisis más detallados para mejorar los sistemas y su implementación. Por ejemplo, se ha sugerido la necesidad de evaluar las implicaciones de la implementación masiva de sistemas de captación de agua a escala de cuenca o paisaje, de manera que, se determine cuál es la influencia potencial de esta tecnología para otros usuarios del recurso hídrico (Dile *et al.*, 2016).

De forma similar, Lasage y Verburg (2015) sugieren la necesidad de dar un seguimiento continuo en el que se evalúen proyectos financiados, a fin de garantizar, que los fondos y las políticas desarrolladas para facilitar la adaptación, se inviertan en las alternativas más eficientes. Debido a que han transcurrido diez años, desde la implementación del primer proyecto pionero que promovió los sistemas de captación de agua en Guanacaste, es necesario recopilar información que permita valorar su puesta en funcionamiento, incluyendo la caracterización de los sistemas de captación de agua implementados, las motivaciones de los productores para adoptarlos, las percepciones de ellos en lo referente a sus beneficios, el estado actual de la infraestructura y su funcionamiento, así como, valorar el potencial de escalamiento masivo de esta estrategia de adaptación a la escasez hídrica.

A partir de lo anterior, el objetivo de esta investigación es caracterizar los sistemas de captación de agua implementados en los cantones de Hojancha y Nicoya, Guanacaste, Costa Rica. Este esfuerzo permite incrementar el conocimiento sistemático acerca de la planificación y el funcionamiento de estos sistemas, de manera que, se puedan obtener elementos técnicos para ayudar a reducir el impacto de la escasez hídrica en Guanacaste y el resto del corredor seco centroamericano.

2. Metodología de investigación

2.1. *nfoque de la investigación*

La investigación que se efectuó corresponde a un enfoque mixto, es decir, cualitativo y cuantitativo. Se eligió este enfoque porque el estudio es de naturaleza exploratoria y constituye uno de los primeros esfuerzos por sistematizar el conocimiento existente en cuanto a la adopción de los sistemas de captación de agua. El enfoque mixto permite combinar técnicas de investigación para documentar el conocimiento y analizarlo de forma detallada, en un periodo relativamente corto de tiempo.

Los investigadores y los practicantes al desarrollar una investigación cualitativa, se interesan por el uso de datos con naturaleza narrativa o textos. Generalmente, provienen de alguna carrera relacionada con las Ciencias Sociales (como Sociología y Antropología). La naturaleza narrativa de los datos cualitativos obliga a efectuar un análisis de los fenómenos estudiados, por medio de técnicas como la observación del participante y las entrevistas. Asimismo, los datos cualitativos, se analizan con estadística descriptiva o análisis de contenido

y, se codifican los resultados, para generar categorías que explican los fenómenos estudiados. Esto es necesario, por ejemplo, para analizar las preguntas abiertas de una encuesta.

En cambio, los estudios cuantitativos consisten en recoger, procesar y analizar datos numéricos, con los cuales, se describen o explican los fenómenos estudiados (Sarduy Domínguez, 2007). Los académicos o practicantes que utilizan el enfoque cuantitativo provienen de profesiones relacionadas con las Ciencias Naturales o Exactas (por ejemplo, ingenieros, físicos, estadísticos). Los datos analizados son numéricos y, por lo tanto, las técnicas de investigación priorizadas permiten medir o estimar variables o características de los fenómenos estudiados (por ejemplo, experimentos). Los datos cuantitativos se analizan con estadística descriptiva, inferencial o multivariada. Mas allá de considerar a alguno de los paradigmas de investigación cualitativa o cuantitativa como el más robusto para desarrollar la investigación, se coincide con un número creciente de académicos y practicantes que combinan técnicas y métodos de ambos paradigmas, para desarrollar una investigación más completa y facilitadora durante el desarrollo de esta. (Bernard, 2006; Creswell, 2002; Laws, 2013).

2.2. Descripción del área de estudio

La investigación se realizó en los cantones de Hojanca y Nicoya, en Guanacaste, Costa Rica, en octubre del 2018. El cantón de Hojanca es el número once de la provincia de Guanacaste, sus coordenadas geográficas son $10^{\circ} 03'32''$ N – $85^{\circ} 25'10''$ O (INDER, 2016). Se encuentra situado en una meseta de 350 metros sobre el nivel del mar (Campos Rodríguez, *et al.*, 2016). Además, está conformado por cuatro distritos administrativos: Hojanca, Monte Romo, Puerto Carrillo y Huacas, los cuales tienen una topografía irregular y poseen una cuenca hidrográfica principal: la cuenca del río Nosara. La mayor parte de su territorio está dedicado a las actividades agrícolas y pecuarias, entre las que sobresalen el cultivo del café, las plantaciones forestales, la ganadería, la siembra de hortalizas y el turismo (Campos Rodríguez *et al.*, 2016). Cuenta con una densidad de población de 29,87 (habitantes/km²) y, la mayoría que corresponde a un 78,40 % obtiene el agua potable de un acueducto (Castro Ávila, 2015; INDER, 2016).

El cantón de Nicoya es el número dos de la provincia de Guanacaste. Sus coordenadas geográficas son: $10^{\circ} 06'14''$ N – $85^{\circ} 26' 13''$ O (INDER, 2016). Posee una extensión territorial de 1333,68 km² y se divide en siete distritos (Municipalidad de Nicoya, 2017). Cuenta con una densidad de población de 40,79 (habitantes/km²) y el 88,10 % del agua que consumen los pobladores la obtienen de acueductos (Castro Ávila, 2015; INDER, 2016).

Las características climatológicas de ambos cantones corresponden a un clima premontano (bosque muy húmedo, bosque muy húmedo premontano transición a basal) y basal (bosque húmedo tropical y bosque húmedo tropical transición a seco) (INDER, 2016). En cuanto a las precipitaciones promedio anuales, estas se registran entre los 1000 mm a los 4000 mm (INDER, 2016). Vale mencionar que, el cantón de Hojanca es más húmedo con respecto al cantón de Nicoya.

Los sistemas de captación de agua se encontraban ubicados en comunidades rurales de ambos cantones. Específicamente, en Nicoya se encontraban en las comunidades de Colas de Gallo, Juan Díaz y Santa Elena; en el caso del cantón de Hojancha, los sistemas estaban en las comunidades de Huacas, Pita Rayada y San Isidro.

2.3. Estrategia y esfuerzo de muestreo

El marco de referencia para el muestreo consistió en los datos recopilados por CEMEDE y UNAFOR, dicha información corresponde a un listado de 30 fincas con reservorios, de las cuales, solamente se visitaron once. Las condiciones climáticas que se presentaron los días en que se desarrolló el trabajo de campo, no permitieron realizar el censo previsto. Por lo tanto, se aplicaron encuestas estructuradas a once productores que poseen sistemas de captación de agua (37% del total de 29 productores registrados en el marco muestral). Además, se utilizó un protocolo de observación estructurada; de acuerdo con Benassini (2009), la observación consiste en: “aplicar el método de analizar y aplicar acciones que nos interesen sin establecer comunicación con los sujetos de estudio, en otras palabras, es realizar la observación con el uso de aparatos mecánicos o aplicando otras técnicas” (p. 66). De manera que, al evaluar el estado de la infraestructura y el funcionamiento de los reservorios, se logró obtener información mediante el procedimiento de observación estructurada. En este caso, el haber implementado un muestreo no probabilístico por conveniencia, implica que la información obtenida no puede generalizarse, para describir el total de los sistemas de captación que no se visitaron.

2.4. Técnicas de investigación

Todos los once productores mostraron interés en colaborar con la investigación, con entusiasmo, mostraron sus reservorios y compartieron sus experiencias por medio de la encuesta. Para conocer dónde se localizaban los sistemas de captación, se recurrió a contactar vía telefónica o personal a los vecinos de las comunidades o a los productores encuestados, para solicitar su participación. Cabe mencionar la colaboración de las instituciones, que, con anterioridad, promovieron la construcción de los sistemas de captación; y, justamente, fueron los representantes de estas entidades, quienes notificaron a los propietarios de las fincas (ver agradecimientos) acerca de la realización de este proyecto.

Se utilizó una encuesta con un total de 73 preguntas, la cual contaba con distintos tipos de preguntas, tanto abiertas como cerradas, dicotómicas, de escala *Likert* y de selección múltiple (Cuadro 2). Se utilizaron dos tipos de escala *Likert*: i) clásica de cinco puntos, para investigar a fondo las razones de los productores para construir los sistemas de captación de agua. ii). Modificada de cuatro puntos, eliminado el punto neutral, para evaluar el estado de la infraestructura y la satisfacción con los sistemas de captación de agua. Esto se efectuó para reducir el efecto de preferencia por la categoría neutral, y obtener, una opinión más contrastante.

El protocolo de encuesta, se diseñó, para facilitar su implementación. Esto se efectuó por medio de la identificación y la escritura en el protocolo de respuestas probables de los entrevistados, además de la definición de tecnicismos y la revisión grupal de la encuesta. Todos los estudiantes y los académicos que desarrollaron las entrevistas en campo, elaboraron un plan piloto, para revisar la encuesta. Además, durante el trabajo de campo leyeron la encuesta como estaba redactada, esto evitó sesgos en las respuestas de los entrevistados, al establecer un método consistente para efectuar las preguntas. En este caso, el enfoque mixto facilitó obtener información detallada de los aspectos considerados más relevantes, ya que, además de las preguntas cerradas para verificar si el productor contaba con cierta infraestructura o enfrentaba un reto determinado, se elaboraron preguntas de seguimiento abiertas, de selección múltiple o de escala *Likert*, que permitieron conocer la base lógica que fundamenta las respuestas de los encuestados.

Todos los encuestados son hombres adultos, con un promedio de edad de 60 años y, un rango de edades entre los 48 y 76 años. Las entrevistas se respondieron en un tiempo promedio de 45 minutos con un mínimo de 27 minutos y un máximo de 78 minutos. A pesar de las 73 preguntas, el tiempo de implementación fue, por lo general, menor a una hora y la encuesta se aplicó ágilmente y sin contratiempos. Esto se debió a que muchas de las preguntas eran cerradas y requerían de una respuesta muy precisa.

Cuadro 2
Secciones y tipos de preguntas incluidas en la encuesta para caracterizar
los sistemas de captación de agua establecidos en los cantones
de Hojanca y Nicoya, Guanacaste, Costa Rica

Sección	Descripción	AB (#)	CE (#)	DI (#)	ES (#)	SM (#)	Total (#)
Consentimiento informado	Solicitud de participación voluntaria explicando el objetivo de la encuesta	1	0	1	0	0	2
Información general	Datos demográficos e información general de los encuestados	0	8	1	0	1	11
Historia y motivaciones	Motivaciones y apoyo para la construcción del sistema de captación	2	1	2	1	1	7
Captación	Caracterización del subsistema de captación	1	1	2	1	2	7
Almacenamiento	Caracterización del subsistema de almacenamiento	2	3	1	1	3	10
Tratamiento	Identificación y caracterización del subsistema de tratamiento	1		1	1	1	4
Uso	Caracterización del subsistema de uso	2	7	2	1	4	16
Retos y oportunidades	Ventajas y desventajas	5	2	4	1	3	15
Despedida y verificación	Dudas y aclaraciones	1					1
Total	Secciones: 9	15	23	14	6	15	73

Fuente: elaboración propia con base en la encuesta elaborada (2018). * Notas: AB = Preguntas abiertas. CE = Preguntas cerradas. DI = Preguntas dicotómicas. ES = Preguntas de escala. RC = Preguntas de selección múltiple.

Se visitaron las once fincas, con el afán de observar los sistemas de captación de agua, ya que, además de las encuestas se implementó un protocolo de observación estructurada que comprendía la obtención de material fotográfico y, las coordenadas de ubicación del reservorio. También, se verificaron las valoraciones con respecto al estado actual de la infraestructura y otros aspectos técnicos que mencionaron los encuestados. Asimismo, se verificó información relevante, en relación con las características de los sistemas de captación de agua descritos en los modelos experimentales y en los manuales técnicos. Por ejemplo, se verificó la estructura del sistema, la forma, el tamaño, si contaba con elementos como la caja de toma, los vertederos y el área de captación por escurrimiento, entre otros.

Vale destacar que, durante el trabajo de campo, se tuvo la oportunidad de desarrollar una plática (diálogo informal) con los propietarios de las fincas, acerca de los sistemas de captación de agua. Esto permitió obtener información que no se contemplaba en ninguna de las preguntas de la encuesta, ni en las otras técnicas de investigación citadas, por lo que se pudo conocer con detalle los puntos de vista y las experiencias que han tenido con estos sistemas. Además, para facilitar la comprensión de la importancia del presente estudio por parte de los estudiantes, así como para proporcionarles un diseño de la investigación y obtener referencias adecuadas para su discusión, se llevó a cabo una revisión de literatura en el sitio *web* Google Académico (<https://scholar.google.es>).

En este sentido, realizar este estudio de fuentes bibliográficas permitió ubicar diez guías técnicas referentes a los sistemas de captación de agua elaboradas por la FAO y el CEMEDE que brindan pautas técnicas de diseño de estos sistemas. Además, se revisaron diez artículos de científicos, para identificar el estado actual del conocimiento referente a los sistemas de captación de agua a escala internacional. Adicionalmente, los estudiantes de la UNA que desarrollaron el trabajo de campo y son coautores del presente trabajo, analizaron grupalmente cuatro artículos adicionales, además del capítulo de un libro y un folleto técnico de la FAO. Esto facilitó familiarizar a los estudiantes con la realidad de la gestión hídrica del área de estudio y en general de Costa Rica.

2.5. Análisis y presentación de los resultados

La información de los cuestionarios, así como, las observaciones que se realizaron durante el trabajo de campo fueron transcritas en un formulario en línea en el sitio *web* *Google Forms* (<https://www.google.com/intl/es/forms/about/>). Este procedimiento permitió desarrollar un control de calidad de la información que incluyó la verificación de las respuestas con los estudiantes encargados de las entrevistas y los productores entrevistados, así como, la corrección ortográfica y la revisión de la consistencia de la transcripción. También, se verificaron las respuestas con estadística descriptiva, es decir, gráficos de barras y tablas de contingencia.

Después de transcribir la información, los once registros de la base de datos se exportaron a *RStatistics*, para realizar la estadística descriptiva y el control de calidad (R Core Team, 2018). Las gráficas de barras centradas y el mapa de calor, se desarrollaron mediante la librería *Likert* (Bryer, 2016) siguiendo el procedimiento recomendado por Mangiafico (2015); y, las gráficas de barras se elaboraron con la librería *ggplot2* (Wickham, 2009). Posteriormente, los resultados se redactaron dentro de los parámetros de una narrativa *crítica y descriptiva*; en el primer

caso, se enfatiza cuáles son los puntos más importantes, para apoyar la implementación de los sistemas de captación de agua. En el segundo caso, dado que este proyecto “es el tipo de investigación concluyente que tiene como objetivo principal la descripción de algo, por lo general las características o funciones del mercado”(Malhotra, 2008, p.82), se centra en especificar las características que poseen los sistemas de captación de agua.

3. Acercamiento teórico

3.1. Fundamentos teóricos del proceso de adopción de tecnologías

La base teórica del análisis se fundamenta en los desarrollos recientes acerca de la innovación, el cambio tecnológico y la adaptación al cambio climático a escala local. El desarrollo del primer campo sugiere que el proceso de innovación ha evolucionado; ya que, de considerarse vertical, estático y dicotómico (Bunclark *et al.*, 2018), más bien, se observa como un proceso dinámico y horizontal en el que los productores no son solo receptores de tecnología (Glover, *et al.*, 2016). En este particular, los trabajos más novedosos referentes a la innovación y al cambio tecnológico, van más allá del enfoque tradicional planteado por la teoría de la difusión de innovaciones de Everett Rogers (2004). Véase que, esta teoría clásica definía una clasificación del proceso de adopción con base en la rapidez en el uso de la innovación. Por lo tanto, los primeros productores en adoptarla eran los más beneficiados por la tecnología, ya que, generalmente, poseían recursos materiales y humanos sobresalientes que facilitaban su acceso a la innovación. Asimismo, las categorías de adopción eran estáticas y unidireccionales en una escala temporal.

En la actualidad, el proceso de adopción ha sido replanteado, de hecho, uno de los trabajos más relevantes argumenta la necesidad de haber revisado y actualizado el concepto de adopción, ya que, su conceptualización dificulta la evaluación robusta de los esfuerzos de investigación, para determinar el impacto del cambio tecnológico agropecuario en países en desarrollo (Glover *et al.*, 2016). Estos autores postulan como alternativa el concepto de cambio tecnológico, a partir de seis criterios, a saber :

1. Articularse sociológica y antropológicamente, con concepciones informadas de tecnología y cambio tecnológico, usando el conocimiento de la ciencia y la tecnología y los enfoques sociales constructivistas.
2. Abarcar cambios emergentes, iterativos e incrementales. El cambio tecnológico puede iniciar o emerger en cualquier etapa temporal y también puede ser revertido.
3. Considerar los procesos de cambio que son parciales o adaptativos, que comprendan la alteración o reinención de la tecnología.
4. Manejar tecnologías de diferente complejidad y considerar los diferentes insumos materiales y humanos requeridos para el cambio tecnológico.
5. Abarcar diversos niveles y escalas en los que la tecnología opera.

6. Ser operacional para generar estimados de costo-beneficio.

En virtud de lo anterior, en este trabajo se utiliza el concepto de adopción sustentado en los criterios mencionados. Sobre todo, se amplía el marco de referencia del proceso de adopción al considerarlo complejo, multidireccional, horizontal y emergente. Esto se operativiza, por medio de las fases del proceso de cambio tecnológico de adopción propuesto por Bunclark *et al.* (2018) (Gráfico 1). Esta conceptualización, ya se ha utilizado, para describir el estado actual de cambio tecnológico de los productores, con respecto a los sistemas de captación de agua.

Gráfico 1
Fases del proceso de cambio tecnológico utilizadas para caracterizar el proceso de adopción de los sistemas de captación de agua



Fuente: Basado en Bunclark *et al.* (2018).

4. Resultados

4.1. Motivaciones para la adopción de los sistemas de captación de agua

Todos los sistemas de captación de agua (90 % ó n=10), excepto uno, se construyeron con ayuda material proporcionada por medio de los proyectos de extensión o cooperación técnica. La contribución de los proyectos consistió en aspectos como: el diseño y el trazado del sistema de almacenamiento de agua, la donación de materiales de recubrimiento, los bebederos para animales, la tubería PVC y los sistemas de irrigación, entre otros materiales. Esto permitió clasificar a todos los productores inicialmente como *recibidores* o *adoptadores pasivos* de la tecnología. Tal y como lo indican Bunclark *et al.* (2018), estas categorías son adecuadas, cuando los productores instalan la tecnología, porque se les ha obsequiado o establecen la tecnología a una escala limitada sin expandir, replicar o innovar.

El resto de los costos de la construcción, lo asumieron los dueños de cada sistema de captación. Ellos aportaron principalmente la excavación del subsistema de almacenamiento del agua, ya sea, por pagar los costos al contratar la maquinaria o al aportar la mano de obra requerida, para efectuar la excavación de forma manual. De modo que, el porcentaje del aporte de los productores, con un rango que va entre un 0% al 100 % (n=11 productores), con respecto al costo total del sistema de captación de agua, fue de un promedio del 35%. Nótese que, en este caso, el aporte de las organizaciones es un factor clave para motivar la construcción de sistemas de captación de agua. Sin embargo, el aporte de los productores disminuye significativamente los costos de instalación, haciendo posible que las instituciones y organizaciones a cargo de proyectos de promoción de estos sistemas puedan apoyar a más productores.

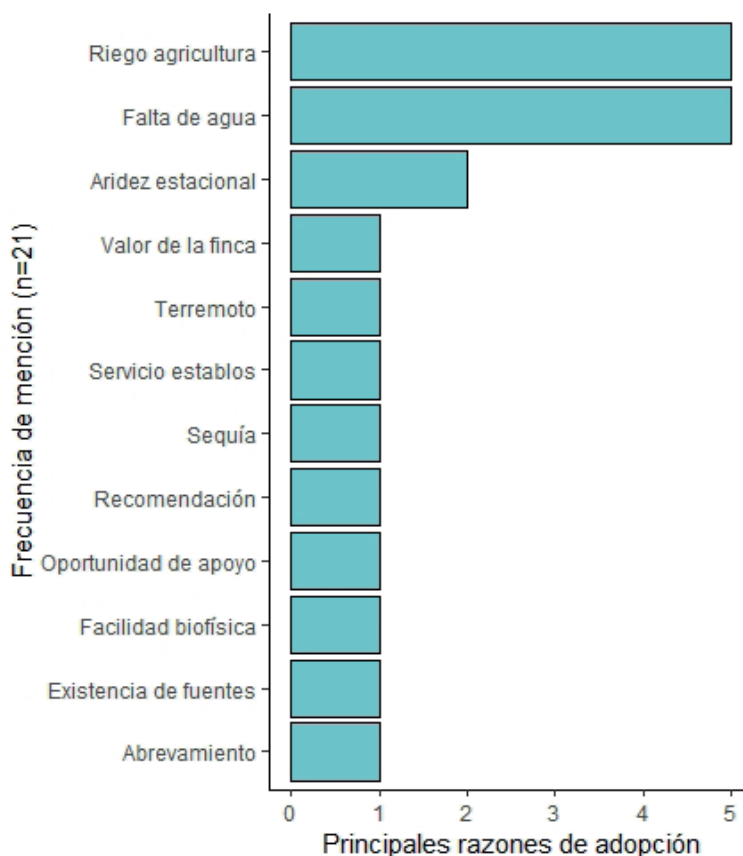
La antigüedad promedio de los sistemas de captación de agua es de diecinueve meses o, de uno a seis años, con un rango que va desde los siete meses hasta los 76. La antigüedad permite confirmar la influencia de los proyectos de extensión y la cooperación en la construcción de estos sistemas, ya que, los datos de antigüedad son consistentes con la época de su implementación (Campos Zúñiga *et al.*, 2016; FAO, 2018; Medina Carrillo *et al.*, 2012). Ahora bien, la mayoría de los sistemas de captación de agua, se construyeron durante la época de estiaje (64% es decir siete de once reservorios); mientras que los restantes, se construyeron en la época de lluvia. A pesar de que la estación seca representa una mayor dificultad para excavar la tierra, por el déficit de humedad del suelo, la ausencia de lluvias, también permite, el acceso de maquinaria y materiales de construcción (MEFCCA y Cooperación Suiza en América Central, 2015). De esta manera, el personal técnico de los proyectos parece haber priorizado la construcción de los sistemas de captación, para facilitar el acceso de los materiales a las fincas durante la estación seca.

Los productores tendieron a confundir y omitir las instituciones que colaboraron en la construcción de los sistemas de captación de agua. Esto puede ocurrir porque los proyectos utilizan el apoyo de contactos de otras organizaciones para seleccionar a los productores (Campos *et al.*, 2016). En consecuencia, ellos siempre recuerdan al personal técnico y a las organizaciones que hacen el contacto inicial o con el que tienen mayor afinidad, trayectoria y relación. De ahí que, el 31% de los productores mencionaron con mayor frecuencia a UNAFOR (5 menciones de un total de 16 efectuadas por los once productores) como una organización

que ha colaborado en la construcción de los sistemas de captación de agua. El resto de las organizaciones tales como: el MAG de Hojancha, la FAO, el personal técnico de la UNA, UNAFOR y el MAG de Hojancha obtuvieron un total del 13% de menciones (2 menciones de un total de 16, efectuadas por los once productores) y, en menor escala, el CAC de Nicoya, la UNA y el INA alcanzaron un total del 6% de menciones (una mención de un total de 16 efectuadas por los once productores).

Ciertamente, la razón principal para construir los reservorios es el déficit hídrico y la necesidad de irrigar los cultivos agrícolas, debido al faltante de agua por fenómenos relacionados con la variabilidad climática. Entre estos se encuentran la fase cálida del ENSO o El Niño, los eventos de aridez estacional fuertes y las sequías. No obstante, los productores tienden a referirse a todos estos eventos simplemente como *veranos* o *época seca* (Gráfico 2). Lo anterior coincide con los hallazgos reportados en una revisión de literatura de ámbito mundial para los años 2006-2009, en la que se reporta que la variabilidad climática, especialmente la reducción de la precipitación, es el principal estimulador de la adaptación al cambio climático (Berrang-Ford, Ford y Paterson, 2011).

Gráfico 2
Principales razones para haber construido los sistemas de captación de agua en los cantones de Hojancha y Nicoya, Guanacaste, Costa Rica



Fuente: elaboración propia con datos de la encuesta (2018).
Notas: 21 fuentes totales mencionadas por n=11 productores encuestados.

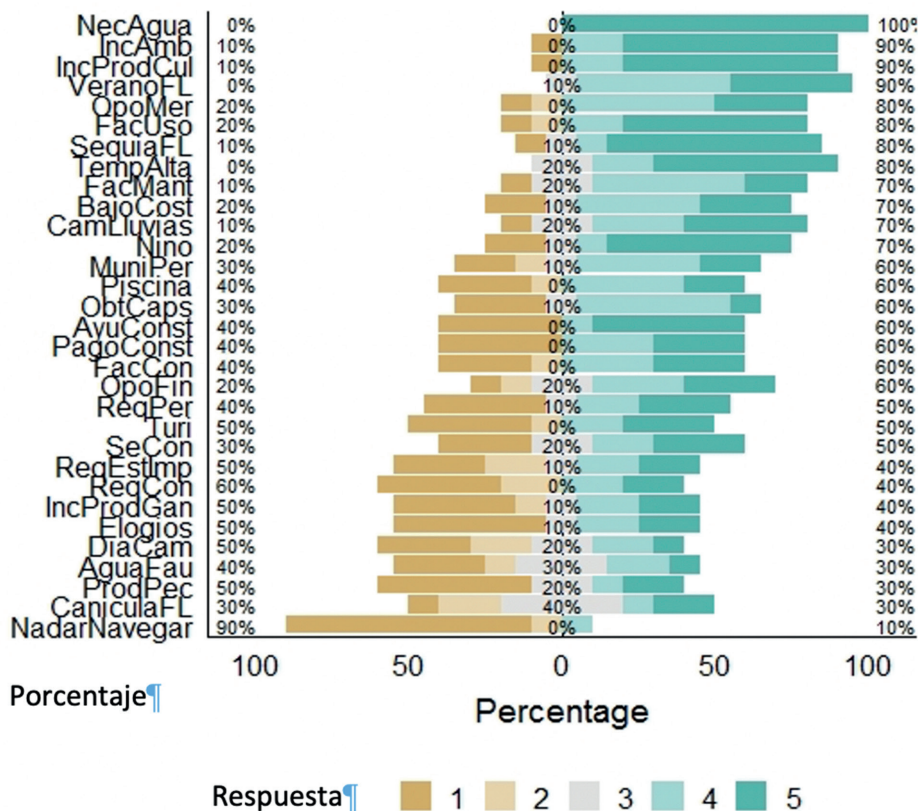
Las razones para establecer los sistemas de captación de agua exploradas con detalle revelaron tendencias interesantes (Gráfico 3). En primer lugar, se confirmó la escasez hídrica como la principal razón para implementar esta tecnología, de ahí que, los once productores encuestados le atribuyeron la categoría cinco (muy importante). En segundo lugar, además de otras variables relacionadas con la variabilidad climática, como la existencia de veranos fuertes o largos (VeranoFL); los productores, también parece que le dan mayor importancia tanto a los factores productivos, así como, a las oportunidades que les permiten acceder a recursos externos, como la posibilidad de que los productos de su finca puedan acceder al mercado (OpoMer), incrementar la producción agrícola (IncProdCul) o variables relacionadas con la accesibilidad de la tecnología, como la facilidad del uso (FacUso). En tercer lugar,

los productores encuestados parecen considerar menos otros elementos que no son parte inmediata de sus estrategias de vida y los factores legales.

Por lo tanto, algunos de los factores que no se consideran prioritarios son: usar el reservorio para actividades recreativas (Nadar/Navegar), requerir la concesión legal de agua (ReqCon), emprender actividades turísticas con ayuda del reservorio (Turi) e incluso producir piscicultura (ProdPec). Finalmente, se resalta que, de todas las variables relacionadas con la variabilidad climática, la que menos se tomó en cuenta para la decisión de construir los sistemas de captación de agua, fueron las canículas fuertes o largas (CaniculaFL). Esto puede representar un riesgo para los productores que tengan el potencial de construir los sistemas de captación de agua, porque algunos estudios sugieren que el cambio climático incrementará la duración de este fenómeno (Maurer *et al.* 2017; Maldonado *et al.*, 2016). Sin embargo, puede que la variabilidad espacial de la canícula se manifieste con menos severidad en el área de estudio, lo que explica la lógica de los productores encuestados. De cualquier manera, es recomendable mejorar el acceso referente a la información climática y, hacerla accesible, en un formato significativo para los productores agropecuarios, así como, a otros sectores productivos importantes de Guanacaste y el corredor seco centroamericano (Babcock, *et al.*, 2016).

Gráfico 3

Percepción de productores y encuestadores referente al estado actual de la infraestructura de los subsistemas de captación, almacenamiento y utilización de agua



Fuente: elaboración propia con datos de la encuesta (2018).⁵

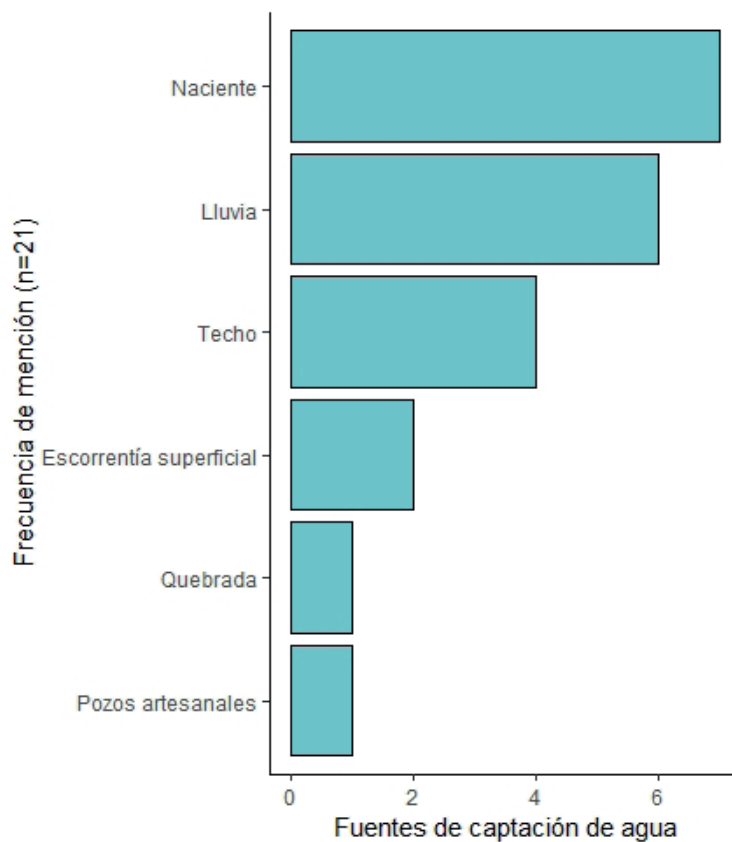
5 Para un análisis más exhaustivo de la gráfica, véase la siguiente nomenclatura elaborada por los autores. Notas: n=10 productores. NecAgua = Necesidad de agua, IncAmb =Mejorar el ambiente, IncProdCul = Incrementar producción agrícola. VeranoFL= Aridez estacional fuerte o larga. OpoMer = Oportunidad de mercado. FacUso = Facilidad uso. SequiaFL = Sequía fuerte o larga. TemAlta = Temperatura más alta. FacMant = Facilidad de Mantenimiento. BajoCost = Bajo costo de construcción. CamLluvias = Cambio en temporalidad de lluvias. Niño = Fase cálida de ENSO. MuniPer = Requiere permisos municipales. Turi = Desarrollar turismo. SeCon = Sabe construirlo. ReqEstImp = Requiere estudio de impacto ambiental. ReqCon = Requiere concesión de agua. IncProdGan = Incrementar producción ganadera. Elogios = Recibir elogios. DiaCam = Usarlo para recreación. AguaFau = Proveer agua a fauna. ProdPec = Producir piscicultura. CaniculaFL = Canícula FL. NadarNavegar = Uso recreativo.

4.2. Aspectos relevantes de la caracterización de los sistemas de captación de agua

Todos los productores encuestados declararon captar el agua necesaria para llenar los sistemas de captación de agua (n=11 productores). Sin embargo, esto se logra, gracias a que solo dos de los productores mencionaron depender exclusivamente de una sola fuente de agua para la captación. De modo que, el 64% de los once productores captan el agua principalmente de nacientes o quebradas permanentes y, un 9 % de los once productores reabastecen sus sistemas durante la aridez estacional (Gráfico 4). De hecho, solo 3 de los 11 reservorios visitados contaban con una pequeña área de infiltración y escurrimiento (área promedio de 46 m², rango entre 6 m² a 300 m²). Esto es un hallazgo significativo, ya que confirma la necesidad de evaluar las implicaciones de la captación del agua de fuentes superficiales en otras áreas de las cuencas. Además, implica que los productores deben, por ley, solicitar una concesión de las aguas captadas, ya que la legislación en Costa Rica estipula que a partir del momento en que el agua de lluvia toca el suelo, se convierte en un bien de dominio público (Asamblea Legislativa, 1942).

En relación con, el número promedio de materiales empleados en el sistema de captación es de dos, con un rango entre uno y tres materiales. La mayoría de los suministros utilizados en la captación son de fácil acceso, ya que se pueden comprar en las ferreterías locales y, según los productores y las observaciones efectuadas estos comprenden: tubos de PVC, mangueras y bombas de agua utilizadas para conducir el agua de la fuente hasta el sistema de captación de agua.

Gráfico 4
Fuentes de captación del agua almacenada en los sistemas de captación de agua de los cantones de Hojanca y Nicoya, Guanacaste, Costa Rica



Fuente: elaboración propia con datos de la encuesta (2018). Nota: 21 fuentes totales mencionadas por n=11 productores encuestados.

La caracterización del subsistema de almacenamiento demuestra que el 91% (10 de 11 productores) de estos corresponden a reservorios excavados que utilizan recubrimiento textil y geomembrana. Además, ellos señalaron contar solo con dos alternativas, es decir, un 18% (2 de 11 productores) utilizan tanques de cemento y, un 9% (1 de 11 productores) emplean tanques de plástico. Respecto a los subsistemas de almacenamiento, estos en su mayoría, tienen diseños regulares con ángulos rectos, se registraron cuatro formas:

1. El 36 % (4 de 11 productores) tienen sistemas con forma rectangular.
2. El 36 % (4 de 11 productores) tienen sistemas con forma trapezoidal
3. El 18 % (2 de 11 productores) tienen sistema con forma cuadrangular.
4. El 9 % (1 de 11 productores) tiene sistema con forma ovalada.

Nótese que, los diseños con geometría uniforme y ángulos rectos se prefieren para la construcción de los sistemas de captación de agua, porque esto facilita su elaboración y reduce los costos de excavación. En cuanto a la capacidad de almacenamiento, esta tiene un promedio de 280 m³, con un rango de 72 m³ a 1000 m³. Por lo tanto, todos los sistemas de captación de agua pueden considerarse como medianos. Los subsistemas de almacenamiento contaban en promedio con un 90 % de agua en octubre del 2018, con un mínimo de 50 % y un máximo de 100 %. Esto es consistente con la utilización de los reservorios, ya que solo uno de los productores reportó no utilizar actualmente los sistemas de captación de agua para algún uso agropecuario o doméstico.

Según la percepción de los productores, el agua de los sistemas de captación abastece sus necesidades hídricas durante un promedio de 3,7 meses, con un rango entre 1 mes y 12 meses. Si el promedio de duración de la aridez estacional es de 6 a 7 meses, entonces los productores deben recurrir a las fuentes alternas, para reponer el agua usada por lo menos una vez. Finalmente, se observó que la mayoría de los subsistemas de almacenamiento, es decir, el 64% (7 de 11 reservorios) se encuentran ubicados en las secciones medias y, un 27% (3 de 11 reservorios) se hallan en las partes altas de las fincas. Esto se efectúa para aprovechar la gravedad y conducir el agua al área de utilización, pues, de lo contrario, como declaró un productor, se necesitaría un sistema de bombeo y su respectiva fuente de energía.

Los sistemas de captación de agua no contaban con un subsistema de tratamiento, debido a que, según los productores encuestados, este no es necesario; en primer lugar, porque esta agua no se utiliza para consumo humano y, en segundo lugar, el agua tiene la calidad suficiente para utilizarse en actividades agropecuarias, no obstante, los productores efectúan algunas prácticas para asegurar la calidad del agua de los reservorios. Por ejemplo, priorizan la captación de agua de fuentes con mejor calidad percibida, además, algunos implantan coberturas con mallas sintéticas de sombra y el cercado de los sistemas de almacenamiento, para evitar que la hojarasca y los animales puedan afectar la calidad; y, en el caso, de los productores que emplean el agua para irrigar cultivos con sistemas por goteo, utilizan filtros que reducen la obstrucción de las tuberías de irrigación.

Cabe destacar que, el subsistema de utilización del agua captada es bastante amplio y complejo, por lo tanto, no toda la información de la encuesta se incluirá en este trabajo. En relación con, el uso del agua, el 73% de los productores encuestados (8 de 11 productores), señalaron que emplean el agua principalmente en la agricultura; y, un 55% de ellos (6 de 11 productores) usan el agua para consumo familiar, doméstico; finalmente, el 27% (3 de 11 productores) utilizan el agua para fines ambientales, para la irrigación de árboles establecidos en la finca. Esto confirma una evolución de la utilización, ya que, en un inicio, se diseñó exclusivamente para abastecer parcelas agrícolas y la piscicultura.

Respecto a las áreas de utilización del agua captada, el 82% de los productores (9 de 11 productores) ubican los sistemas principalmente en la sección baja de la finca. Esto ayuda a explicar, porqué los productores utilizan en su mayoría el sistema de gravedad para conducir el agua al subsistema de utilización. Ahora, el resto de los productores, es decir, el 18% (2 de 11 productores) declaró emplear un sistema de bombeo. En general los subsistemas más tecnificados y eficientes hídricamente son agrícolas, de ahí que, el 55% (6 de 11 productores) incluyen un sistema de irrigación de precisión por goteo; y, en menor frecuencia, o sea, un 27%

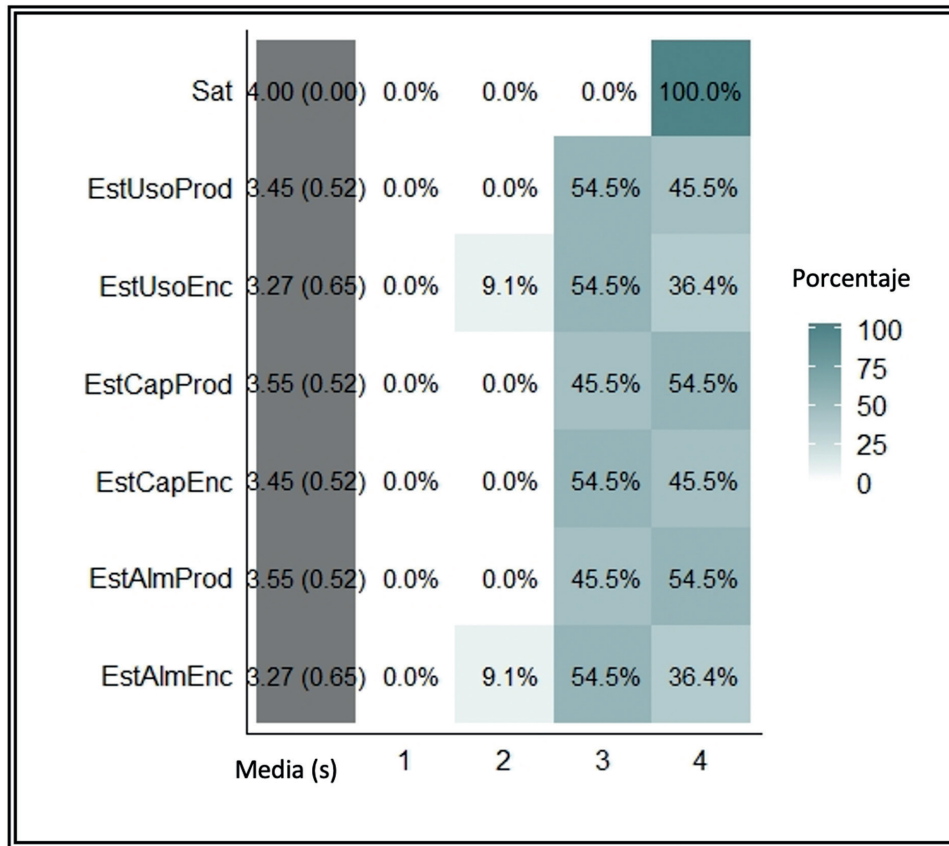
de los productores (3 de 11 productores) reportaron emplear sistemas de irrigación menos eficientes como la gravedad, y, tan solo el 18% de ellos (3 de 11 productores) utilizan el sistema de la aspersión móvil.

Estos porcentajes, dejan en evidencia que es necesario continuar evaluando los efectos de estos sistemas en el consumo hídrico, ya que, se ha reportado que la expansión de las áreas irrigadas, la adopción de cultivos con mayor huella hídrica y la preferencia del mercado, incrementan el consumo de agua, a pesar del uso de sistemas eficientes de irrigación (Berbel, *et al.*, 2018). Aunado a esto, es fundamental evaluar y mejorar la eficiencia del recurso hídrico en lo referente al aprovechamiento pecuario, en este particular, es imprescindible, probar opciones tecnológicas para automatizar el llenado de los bebederos y la regulación de la conducción del agua.

En relación con, el estado general de la infraestructura de los subsistemas de captación, almacenamiento y utilización, se percibió que estaban en buenas condiciones, tanto por los productores entrevistados como en las observaciones del equipo entrevistador (Gráfico 5). Los únicos valores que consideraron que la infraestructura era mala fueron registrados por un equipo encargado de encuestar los subsistemas de almacenamiento y uso, ya que, correspondían a un sistema de captación que el productor aún no utilizaba. Asimismo, la valoración del estado de la infraestructura entre los productores y los equipos encuestadores no reflejan diferencias sustanciales. Por último, se debe resaltar, que la única variable en la que los once productores tuvieron consistencia para calificarla con un valor de cuatro (muy bien) fue un ítem que evaluaba la satisfacción de actuar con los sistemas de captación de agua (sat). Esto indica que, a pesar de los retos para su construcción y mantenimiento, una vez que están establecidos brindan beneficios que los productores valoran.

Gráfico 5

Percepción referente a la valoración actual de los subsistemas de captación, almacenamiento y utilización de los sistemas de captación de agua en Hojancha y en Nicoya, Guanacaste, Costa Rica



Fuente: elaboración propia con datos de la encuesta (2018).⁶

6 Para un análisis más exhaustivo de la gráfica, véase la siguiente nomenclatura elaborada por los autores. Notas: n = 11 productores y equipos encuestadores. Media = promedio aritmético. s = desviación estándar. Sat = Satisfacción actual con el sistema de captación. EstUsoProd = Valoración del productor del estado del subsistema de utilización. EstUsoEnc = Valoración del encuestador del estado del subsistema de utilización. EstCapProd = Valoración del productor del estado del subsistema de captación. EstCapEnc = Valoración del encuestador del estado del subsistema de captación. EstAlmProd = Valoración del productor del estado del subsistema de almacenamiento. EstAlmEnc = Valoración del encuestador del estado del subsistema de almacenamiento. Gráfico 5. Percepción referente a la valoración actual de los subsistemas de captación, almacenamiento y utilización de los sistemas de captación de agua en Hojancha y en Nicoya, Guanacaste, Costa Rica.

a. Retos y oportunidades para el uso de los sistemas de captación de agua como estrategia de adaptación a la escasez hídrica

Se registró que el 27% de los productores encuestados (3 de 11 productores) no contaban con un vertedero; de igual manera, en un 45% de las fincas (5 de 11 fincas) no se observó o se refirió la existencia de una caja de toma. En este caso, ellos argumentan que la ausencia de estos componentes se debe a la falta de conocimiento, no lo consideraron necesario o bien, no lo diseñaron. Esta situación, puede ocasionar problemas de calidad de agua e incluso daños a la infraestructura de almacenamiento, por un llenado excesivo. Por este motivo, estos elementos siempre se recomiendan en el diseño tradicional de los sistemas de captación de agua en la región (MEFCCA y Cooperación Suiza en América Central, 2015; Salinas *et al.*, 2010). En este sentido, para los productores fue beneficioso aportarles la idea de que estas dos infraestructuras maximizan el potencial de los sistemas de captación de agua; ya que, el hecho de no instalarlas, genera una limitación en la utilización y la vida útil de estas, pues al ser instrumentos de regulación del agua, no solo facilitan su distribución, sino que ayudan al mantenimiento del reservorio.

Asimismo, es importante establecer que se observó a un productor de Nicoya que no poseía conocimiento acerca de estos componentes, esto le representa una desventaja con respecto a otro productor de Hojancha. De forma similar, los retos, las alternativas e innovaciones relacionadas con los sistemas de captación de agua desarrolladas por los productores, no son compartidas entre pares. Esto explica, probablemente, la diferencia de conocimiento observada, sin embargo, hay otros factores como el nivel educativo, el acceso a redes de capacitación y el interés en la asistencia técnica que no solo pueden contribuir sino ayudarles para que los productores y sus familias puedan asumir ese reto.

También se observó, que el 82% de los productores (9 de 11 productores) no practican la piscicultura, como parte del programa de aprovechamiento productivo del agua captada. Esto contrasta con los planes iniciales de las universidades públicas, las cuales propusieron este componente, para incrementar la rentabilidad económica de los sistemas de captación, además, la piscicultura podría evitar la proliferación de mosquitos. No obstante, los productores indicaron nueve factores diferentes por los que no practican la piscicultura: desde el robo de peces, los costos elevados de producción, la falta de efectivo, la afectación por la calidad del agua, malas experiencias de producción, el riesgo de no contar con suficiente agua para producirlos, así como, el hecho de no contemplar esta actividad productiva, como parte del proyecto.

En cuanto a los costos de producción, para un 25% de los productores (3 de 11 productores), el reto principal que enfrentan son los costos de construcción de los sistemas de captación de agua, a pesar de que, una contraparte de los productores comprende solo la excavación de la estructura de almacenamiento, esto representa un gasto considerable y una gran cantidad de trabajo para los pequeños productores, en especial cuando sus cosechas no están muy vinculadas al mercado. Según la información de la encuesta, el 17% de los productores (2 de 11 productores), mencionaron la dificultad para finalizar la construcción del sistema de captación; y, un 8% (n=11 productores), es decir, solo un productor mencionó 5 retos que debía enfrentar; de los cuales, tres de ellos se relacionan con fallas técnicas de la

caja de toma y el vertedero, tales como: el desprendimiento del rebalse, el desbordamiento del agua y el monitoreo del rebalse. Los otros dos factores, se refieren a la necesidad de producir agricultura eficientemente para maximizar el uso del agua captada. Esta información confirma la oportunidad de ayudarles a mejorar el diseño de los sistemas de captación de agua.

En lo referente a la evaporación de las fuentes el 73% de los productores (8 de 11 productores) no presentó problemas, esto se explica, porqué algunos de ellos observaron que el diseño de un sistema de captación de agua incluía una cobertura plástica. A partir de esto, algunos empezaron a adaptar esta tecnología autónomamente; de ahí que, el 36 % (4 de 11 productores) de los encuestados tenía instalada una malla plástica conocida localmente como *sarán* (Gráfico 6). Además, otros 3 productores que corresponden al 27% (n=11 productores), se han preocupado por establecer o conservar cobertura arbórea cerca del sistema de captación de agua, de modo que, este tipo de innovaciones pueden considerarse como una evolución en el proceso de cambio tecnológico.

Con respecto a los problemas con la infiltración, solo 2 productores encuestados, es decir el 18% de ellos (n=11 productores) reportaron estas dificultades, las cuales, fueron detectadas al notar que el nivel del agua captada disminuía. Los productores señalaron que esto lo ocasionó una perforación de la geomembrana, e incluso, uno de los afectados ideó la solución al subsanar la perforación con geomembrana sobrante de las orillas. El productor masculino de 56 años, que reside en el cantón de Hojancha, explicó que: “para pegarlo [la geomembrana] se hace lijado, como si fuera un neumático”. Véase que esta es otra evidencia, de cómo los productores han empezado a hacerse cargo de los sistemas.

Figura 1

Ejemplos de innovaciones autónomas para mejorar los sistemas de captación de agua de los cantones de Hojancha y Nicoya.

A). Cobertura plástica para reducir la transpiración y mantener la calidad del agua. B) Sistema de captación construido por iniciativa de los productores

Tipo A



Tipo B



Fuente: Tipo A, Gladys Paola Cardoza Cruz (2018). Tipo B, Jostin Céspedes Aragón (2018).

Para confirmar que el proceso de adopción o cambio tecnológico ha evolucionado, se cuestionó a los productores en lo referente a, si han construido sistemas de captación de agua adicionales. De forma sorprendente, a pesar de la temprana antigüedad de algunos sistemas de captación de agua, el 64% de los productores (7 de 11) han construido al menos un sistema adicional, incluso, cuatro de ellos construyeron más de uno. Esto representa una evidencia clara, de que al menos 6 productores han evolucionado, dentro de la tipología de cambio tecnológico, a la categoría de Aumentadores. Esta comprende a productores que incrementan sustancialmente el número de sistemas de captación de agua (Bunclark *et al.*, 2018). Sin embargo, también existe el riesgo de que los productores se sitúen, de manera temporal o permanente, en la categoría de Abandonadores (Bunclark *et al.*, 2018). Esta posibilidad se deduce, ya que, al cuestionarlos acerca de, si habían dejado de utilizar algún reservorio construido, el 45% (5 de 11 productores) respondió afirmativamente. La principal razón, para dejar en desuso estos sistemas, es el daño de la cobertura plástica que se empleó en su construcción. Como se sabe, el clima de Guanacaste se caracteriza por contar con épocas en las que se presentan vientos alisios de gran magnitud, y estos, se combinaron con la fragilidad del plástico generando perforaciones que facilitaron la infiltración del agua que se pretendía captar.

5. Discusión y análisis

A pesar de que la investigación se desarrolló con una muestra no paramétrica, con un número relativamente limitado de productores y mediante métodos de análisis descriptivos y exploratorios, el presente estudio logró el objetivo planteado que es caracterizar los sistemas de captación de agua en los cantones de Hojancha y Nicoya, de manera sistemática. No obstante, es recomendable replicar el estudio con una muestra más grande que permita el desarrollo de técnicas estadísticas inferenciales y multivariadas. Asimismo, es oportuno ampliar el análisis del subsistema de utilización, para revisar los costos de instalación y analizar la factibilidad económica, a partir de datos reales de las fincas, en lugar de estimaciones y propuestas teóricas de las actividades productivas.

El estudio identificó elementos técnicos y retos que pueden limitar la adopción generalizada de estas tecnologías. Cabe mencionar que, consecuentemente con la teoría de cambio tecnológico, no se considera que la mayoría de los pendientes técnicos tengan que resolverse con ayuda externa. Al contrario, el desarrollo de los sistemas de captación de agua en experiencias reales en finca genera en los productores, el conocimiento para innovar y corregir, si lo consideran necesario dado algunas limitantes. Después de todo, los productores siempre han creado estrategias de adaptación autónoma con recursos que tienen a su disposición (Adger, *et al.*, 2003). No obstante, la institucionalidad puede apoyar inicialmente, por ejemplo, a facilitar el intercambio de experiencias, pues, con frecuencia, los retos mencionados por un productor los estaba resolviendo aproximadamente, a un kilómetro de distancia de la finca de otro productor, con quien no tenía comunicación. Esto demuestra que los productores, pueden formar y gestionar redes de apoyo y contactarse, mediante herramientas tecnológicas como las redes sociales.

Además, es necesario investigar por qué el estado de cambio tecnológico resulta limitado y en la actualidad no existe una aplicación masiva de los sistemas de captación. Probablemente, los productores de muchas áreas de estos cantones todavía tienen acceso al agua por otras fuentes que no requieren una inversión tan elevada para el pequeño productor (por ejemplo, pozos perforados ilegales). Asimismo, puede ser necesario enfocar esfuerzos de asistencia técnica e investigación, para identificar y promover otras prácticas de microcaptación, que requieren menos inversión (FAO, 2000).

Aunque originalmente las organizaciones que promovían la implementación de los sistemas de captación de agua en Guanacaste, pretendían captar el agua de lluvia, antes de que tuviera contacto con el suelo; en la práctica, las fuentes de agua primarias de estos sistemas provienen, por lo general, de quebradas o ríos o permanentes. Esto implica que los productores deben solicitar permisos legales que, según el tamaño de la construcción, incluyen tramitar la viabilidad ambiental ante la Secretaría Técnica Ambiental (SETENA), hasta efectuar un estudio de impacto ambiental. Además, se debe solicitar la concesión de aguas superficiales o subterráneas (requiere gestión de permiso de perforación), ante la Dirección de Agua del MINAE. Evidentemente, estos trámites tienen un costo y, requieren un proceso que conlleva tiempo, así como el traslado de los productores a San José o, a las cabeceras cantonales. Esto puede convertirse en un obstáculo tanto para llevar a cabo los proyectos de apoyo, como para los productores; aunado a esto, se desconoce el impacto, que

pueden generar los sistemas de captación en la disponibilidad hídrica regional, de modo que, es recomendable elaborar estudios, para evaluar las implicaciones de la utilización masiva a escala de cuenca hidrogeológica.

Una característica sobresaliente del estudio es la colaboración de instituciones públicas y ONG para llevarlo a cabo. Además, el esfuerzo y la voluntad de los estudiantes de pregrado de las carreras de Turismo, Ingeniería en Sistemas de Información y Administración, de la Sede Regional Chorotega de la UNA, también resultó esencial. Esta investigación facilita un aprendizaje más dinámico y sustancial, pero, a la vez, contribuye significativamente a cumplir la acción sustantiva de la UNA. Siguiendo a Howden *et al.* (2007), este cambio representa un pequeño paso, para lograr una ciencia multidisciplinaria y humana, a fin de causar un mayor impacto para resolver los problemas más complejos que enfrenta la sociedad, como lo es, el cambio climático, de ahí que, es necesario una mayor colaboración entre los actores interesados y la sociedad civil, para mejorar la seguridad hídrica regional.

El sistema de gestión hídrica nacional requiere adaptarse al contexto futuro influenciado por el cambio climático. Las razones para construir los sistemas de captación de agua detalladas en este estudio, sugieren que los productores priorizan la adaptación con base en la variabilidad climática y otros factores del contexto. Por lo tanto, la utilización de los sistemas de captación como estrategia de adaptación puede considerarse como un enfoque de abajo hacia arriba, ya que, responde a estímulos pasados, especialmente a eventos extremos del clima (Wilby y Dessai, 2010). Sin embargo, existe la oportunidad de evaluar cómo las proyecciones de cambio climático afectarán el funcionamiento de los sistemas de captación a mediano y largo plazo (Howden *et al.*, 2007).

Los sistemas de captación de agua son solo una de las múltiples opciones de adaptación a la escasez hídrica existente (Wilby y Dessai, 2010). La contribución de estos sistemas a la seguridad hídrica puede variar en gran medida, según el contexto de su implementación y de las políticas públicas relacionadas con el sector agropecuario e hídrico. Por lo anterior, es necesario pensar en complementar esta tecnología con otros elementos locales de los agroecosistemas, así como, poner en funcionamiento medidas adicionales e integradas de bajo presupuesto. En la actualidad, la institucionalidad y la academia costarricense avanzan hacia la implementación de medidas de adaptación de bajo riesgo; un claro ejemplo, es mejorar el acceso a la información climática e hidrogeológica, mediante la gestión del Sistema Nacional de Información, para la Gestión Integrada del Recurso Hídrico (SINIGIRH). Adicionalmente, en el 2018, se emitió un decreto, para establecer un mecanismo nacional de gobernanza del agua (Poder Ejecutivo, 2018), de modo que, se espera que estos esfuerzos conduzcan hacia una mejor administración y consolidación del sistema de gestión hídrico integrado, resiliente y al servicio de las necesidades de la sociedad en general.

6. Conclusiones

En este estudio, se utilizó un enfoque mixto para documentar la información referente a la implementación de sistemas de captación de agua en los cantones de Hojancha y Nicoya. Después de caracterizar estos sistemas, se aprecia la importancia y la trascendencia que han tenido en la vida de los productores, al aportar el agua necesaria para el desarrollo de actividades agropecuarias durante la época de estiaje. La variabilidad climática afecta severamente al sector agropecuario de la provincia de Guanacaste, Costa Rica. Sin embargo, esta afectación ha sido una de las principales razones, para que los productores hayan decidido utilizar los sistemas de captación de agua como estrategia de adaptación.

Además, el incremento de innovaciones autónomas relacionadas con los sistemas de captación de agua, demuestra la necesidad real de los productores de contar con agua en la época de aridez estacional y, una evolución, en el cambio tecnológico hacia una actitud más proactiva, para atender su seguridad hídrica. Asimismo, se puede sugerir la necesidad de recibir apoyo financiero, para facilitar la implementación de los sistemas de captación de agua, ya que los productores identificaron los costos de construcción como uno de los principales factores limitantes para la adopción de esta tecnología. Es importante recalcar que los resultados permitieron identificar oportunidades, para mejorar el diseño técnico de estos sistemas, así como, las necesidades de investigación, a fin de evaluar, la eficiencia del uso del agua en el sector agropecuario. Conjuntamente, se recomienda efectuar investigaciones similares de forma periódica, para monitorear el impacto de los sistemas de captación.

Los proyectos, las instituciones públicas y el sector privado pueden apoyar la seguridad hídrica del pequeño productor agropecuario, al brindarle, tanto financiamiento como recursos y facilidades, para una evaluación y seguimiento sistemático de los impactos de los sistemas de captación de agua y, otras estrategias, de adaptación a la escasez hídrica. Por último, se puede concluir que, los sistemas de captación de agua son una opción de adaptación promisoría, para ayudar al bienestar de los pequeños y medianos productores a reducir los impactos de la variabilidad climática en la provincia de Guanacaste, Costa Rica.

7. Agradecimientos

Los autores agradecen al Centro Mesoamericano de Desarrollo Sostenible del Trópico Seco de la UNA (CEMEDE) por apoyar el diseño de la investigación. También, se le agradece el interés y el apoyo logístico de la Reserva Agroecológica El Toledo, al personal de la Unión Agroforestal Chorotega (UNAFOR) y de la Reserva Monte Alto, quienes durante el trabajo de campo nos brindaron su apoyo. El trabajo de campo fue financiado con fondos de los estudiantes, la Unidad de Vida Estudiantil de la UNA, la Sede Regional Chorotega de la UNA y del CONICIT, gracias al proyecto GREAT (FI-261B-17, SIA 027-18).

8. Bibliografía

- Adger, W.N., Huq, S., Brown, K., Conway, D. y Hulme, M. (2003). Adaptation to climate change in the developing world. *Progress in Development Studies*, 3(3), 179-195. doi: <https://doi.org/10.1191/1464993403ps0600a>
- Asamblea Legislativa de Costa Rica. (27 de Agosto de 1942). Ley de Aguas. [Ley 276 de 1942]. San José, Costa Rica: Imprenta Nacional.
- Babcock, M., Wong-Parodi, G., Small, M. y Grossmann, I. (2016). Stakeholder perceptions of water systems and hydro-climate information in Guanacaste, Costa Rica. *Earth Perspectives*, 3(3). doi: <https://doi.org/10.1186/s40322-016-0035-x>
- Benassini, M. (2009). *Introducción a la investigación de mercados: enfoque para América Latina*. México, MX: Pearson.
- Berbel, J., Gutiérrez-Marín, C. y Expósito, A. (2018). Impacts of irrigation efficiency improvement on water use, water consumption and response to water price at field level. *Agricultural Water Management*, 203,423-429. doi: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.02.026>
- Bernard, H. R. (2006). *Research methods in anthropology: Qualitative and quantitative approaches (4th ed.)*. Lanham, US: Altamira Press.
- Berrang-Ford, L., Ford, J. D. y Paterson, J. (2011). Are we adapting to climate change? *Global Environmental Change*, 21(1), 25-33. doi: 10.1016/j.gloenvcha.2010.09.012
- Bouma, J. A., Hegde, S. S. y Lasage, R. (2016). Assessing the returns to water harvesting: A meta-analysis. *Agricultural Water Management*, 163, 100-109. doi: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2015.08.012>
- Bryer, J. y Speerschneider, K. (2016). Package 'likert'. *Analysis and Visualization Likert Items*. R Foundation for Statistical Computing.
- Bunclark, L., Gowing, J., Oughton, E., Ouattara, K., Ouoba, S. y Benao, D. (2018). Understanding farmers' decisions on adaptation to climate change: Exploring adoption of water harvesting technologies in Burkina Faso. *Global Environmental Change*, 48, 243-254. doi: <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2017.12.004>
- Campos, E., Vásquez, J. y Herrera, R. (2016). *Programa de Gobierno: Alcaldía Municipalidad de Hojancha 2016-2020*. Hojancha, Costa Rica.
- Campos, J. J., Salinas, Acosta, A., Vargas, M. y Rodríguez, R. (2016). Uso de tecnologías de cosecha de agua en pequeños agricultores de la región Chorotega de Costa Rica. *Revista Científica Monfragüe Desarrollo Resiliente*, VII(1), 26-49.

- Castro Ávila, A. M. (2015). *Fichero cantonal 2016*. San José, Costa Rica: IFED.
- Creswell, J. W. (2002). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches*. California: SAGE Publications, Inc.
- Dile, Y. T., Karlberg, L., Daggupati, P., Srinivasan, R., Wiberg, D. y Rockström, J. (2016). Assessing the implications of water harvesting intensification on upstream–downstream ecosystem services: A case study in the Lake Tana basin. *Science of The Total Environment*, 542, 22-35. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.10.065>
- Fewkes, A. (2006). The technology, design and utility of rainwater catchment systems. In: Butler, D. and Memon, F.A. (Eds). *Water Demand Management* (pp.27-57). Publishing. London : IWA Publishing.
- Glover, D., Sumberg, J. y Andersson, J. A. (2016). The Adoption Problem: or Why We Still Understand so Little about Technological Change in African Agriculture. *Outlook on Agriculture*, 45(1), 3-6. <https://doi.org/10.5367%2F0950-0804.2016.0235>
- Grum, B., Assefa, D., Hessel, R., Woldearegay, K., Ritsema, C. J., Aregawi, B. y Geissen, V. (2017). Improving on-site water availability by combining in-situ water harvesting techniques in semiarid Northern Ethiopia. *Agricultural Water Management*, 193, 153-162. doi: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2017.08.009>
- Hidalgo, H. G. (2012). Los recursos hídricos en Costa Rica: un enfoque estratégico. *Diagnóstico del Agua en las Américas* (pp. 227-242). Foro Consultivo Científico y Tecnológico, AC: México.
- Hidalgo, H. G., Amador, J. A., Alfaro, E. J. y Quesada, B. (2013). Hydrological climate change projections for Central America. *Journal of Hydrology*, 495, 94-112. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2013.05.004>
- Howden, S. M., Soussana, J. F., Tubiello, F. N., Chhetri, N., Dunlop, M. y Meinke, H. (2007). Adapting agriculture to climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 104, 50, pp. 19691-19696. <https://doi.org/10.1073/pnas.0701890104>
- Instituto Meteorológico Nacional de Costa Rica (IMN). (s.f.). *Pacífico norte*. San José, Costa Rica: IMN.
- Instituto de Desarrollo Rural (INDER). (2016). *Plan de desarrollo rural territorial 2016-2021*. Consejo Territorial de Desarrollo Rural Nanadayure-Hojancha-Nicoya: INDER.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2012). *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. Special Report of Intergovernmental Panel on Climate Change*. London, UK: Cambridge University Press.

- Lasage, R. y Verburg, P. H. (2015). Evaluation of small-scale water harvesting techniques for semiarid environments. *Journal of Arid Environments*, 118, 48-57. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2015.02.019>
- Laws, S. Harper, C., y Marcus, R. (2006). *Research for development* (1a ed.). London: SAGE Publications Ltd.
- Lloyd, B. J. y Dennison, P. E. (2018). Evaluating the response of conventional and water harvesting farms to environmental variables using remote sensing. *Agriculture, Ecosystems y Environment*, 262, 11-17. doi: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.04.009>
- Maldonado, T., Rutgersson, A., Alfaro, E., Amador, J. y Claremar, B. (2016). Interannual variability of the midsummer drought in Central America and the connection with sea surface temperatures. *Advances in Geosciences*, 42, 35-50. doi: <https://doi.org/10.5194/adgeo-42-35-2016>
- Malhotra, N. K. (2008). *Investigación de mercados* (5ª ed.) (trad. M.E. Ortiz.). México: Pearson Educación. Recuperado de: <http://www.elmayorportaldegerencia.com/Libros/Mercadeo/%5BPD%5D%20Libros%20-%20Investigacion%20de%20Mercados.pdf>
- Mangiafico, S. S. (2015). *An R companion for the handbook of biological statistics version 1.3.2*. New Brunswick, US. Recuperado de: <https://rcompanion.org/handbook/index.html>
- Martínez, M. A (2013). *Tecnologías para el uso sostenible del agua. Una contribución a la seguridad alimentaria y la adaptación al cambio climático*. Tegucigalpa, HN: GWP. FAO.
- Maurer, E. P., Roby, N., Stewart-Frey, I. T., y Bacon, C. M. (2017). Projected twenty-first-century changes in the Central American mid-summer drought using statistically downscaled climate projections. *Regional Environmental Change*, 17(8), 2421-2432. doi:10.1007/s10113-017-1177-6
- Medina, R., Peña, W. y Obando, M. F. (2012). Sistemas de captación de agua lluvia para la producción agropecuaria sostenible. *Revista Nacional de Administración*, 3(1), 107-120. doi: <http://dx.doi.org/10.22458/rna.v3i1.476>
- Ministerio de Economía Familiar, Comunitaria, Cooperativa y Asociativa (MEFCCA, NI) y Cooperación Suiza en América Central. (2015). *Guía de selección de sitio y construcción de reservorios*. Nicaragua.
- Municipalidad de Nicoya. (2017). *Historia del cantón*. Nicoya, Costa Rica.

- Muriu-Ng'ang'a, F. W., Mucheru-Muna, M., Waswa, F. y Mairura, F. S. (2017). Socioeconomic factors influencing utilisation of rainwater harvesting and saving technologies in Tharaka South, Eastern Kenya. *Agricultural Water Management*, 194, 150-159. doi: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2017.09.005>
- Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (2000). *Manual de captación y aprovechamiento del agua de lluvia: Experiencias en América Latina*. Santiago, Chile.
- Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (2013). *Captación y almacenamiento de agua de lluvia. Opciones técnicas para la agricultura familiar de América Latina y el Caribe*. Santiago, Chile.
- Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (2018). *Promueven la captación de agua de lluvia como alternativa para la producción agropecuaria en Guanacaste*, FAO en Costa Rica. Recuperado de: <http://www.fao.org/costarica/noticias/detail-events/zh/c/1117305/>
- Palma, E., Cruz, J., Martínez, A., Aguilar, A. y Nieuwenhuys, A. (2011). *¿Cómo construir mejores aguadas para el suministro del agua al ganado?* Turrialba, Costa Rica: CATIE.
- Poder Ejecutivo de Costa Rica. (7 de mayo del 2018). *Constitución del Mecanismo Nacional de Gobernanza del Agua*. (Decreto No. 41058 MINAE). San José, Costa Rica: La Gaceta, Imprenta Nacional.
- R Core Team. (2018). *R: A language and environment for statistical computing*. Vienna: R Foundation for Statistical Computing. Recuperado de: <https://www.R-project.org/>
- Retana, J. A., Alvarado, L., Araya, C., Sanabria, N., Solano, J., Solera, M. y Alfaro, M. (2012). Caracterización del corredor seco en Costa Rica. *Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos*, 11(1), 18-29.
- Retana, J. A. y Solano, J. (s. f.). *Relación entre las inundaciones en la cuenca del Tempisque, el fenómeno de la niña y los rendimientos de arroz de secano*. Recuperado de: <https://www.imn.ac.cr/documents/10179/20911/La+Niña%2C%20inundaciones+y+arroz+en+Guanacaste>
- Rogers, E. M. (2003). *Diffusion of innovations* (5a ed). New York: The Free Press.
- Salinas, A., Rodríguez, R. y Morales, D. (2010). *Manual de especificaciones técnicas básicas para la elaboración de estructuras de captación de agua de lluvia (SCALL) en el sector agropecuario de Costa Rica y recomendaciones para su utilización*. Nicoya, Costa Rica: Universidad Nacional (CEMEDE).
- Sarduy, Y. (2007). El análisis de información y las investigaciones cuantitativa y cualitativa. *Revista Cubana de Salud Pública*, 33(3), 1-11.

- Terêncio, D., Sanches, L. F., Cortes, R., Moura, J. P. y Pacheco, F. A. L. (2018). Rainwater harvesting in catchments for agro-forestry uses: A study focused on the balance between sustainability values and storage capacity. *Science of The Total Environment*, 613-614, 1079-1092. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.09.198>
- Valverde, R. (2013). Disponibilidad, distribución, calidad y perspectivas del agua en Costa Rica. *Revista de Ciencias Ambientales*, 45(1), 5-12. doi: <https://doi.org/10.15359/rca.45-1.1>
- Wickham, H. (2009). *ggplot2: Elegant graphics for data analysis*. Houston, Texas: Springer.
- Wilby, R. y Dessai, S. (2010). Robust adaptation to climate change. *Weather*, 65(7), 80-85. doi: <https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/wea.543>