



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

Prólogo

Dr. Juan Carlos Picón Cruz¹
Master. Juan Bravo Chacón²
Académicos Sede Regional Chorotega

La Sede Regional Chorotega de la Universidad Nacional presenta esta publicación que busca dimensionar la experiencia de la labor de investigación y extensión, desde dos programas estratégicos como lo son el Centro Mesoamericano de Desarrollo Sostenible del Trópico Seco (CEMEDE) y el Centro de Recursos Hídricos para Centroamérica y el Caribe (HIDROCEC).

EL CEMEDE, se ha dedicado a la investigación y a la extensión universitaria, enfocándose en conocimientos técnicos y metodológicos, en aras de abarcar espacios de actualización y de formación en producción sostenible, ambiente y desarrollo sostenible, a sectores de la micro y pequeña empresa, organizaciones de base local (OBL) constituidos en asociaciones comunales de diversos fines, funcionarios públicos y privados a nivel nacional e internacional. De igual forma, el HIDROCEC se crea como centro de investigación especializado en el estudio del recurso hídrico, enfocado en tres áreas específicas: la calidad de aguas, la gestión de cuencas y el tratamiento de aguas (uso y reúso).

El espíritu que mueve la función de los centros de investigación de la SRCH-UNA es la creación de conocimiento endógeno, como base para el desarrollo de la sociedad. Por medio del conocimiento, el ser humano ha resuelto una variedad de problemas y necesidades, además, ha enfrentado anticipadamente distintas

1 Académico en la Sede Regional Chorotega de la Universidad Nacional desde el 2001. Catedrático de la UNA desde el 2018. Especialista en desarrollo humano y sustentable y turismo de naturaleza. Desarrolla líneas de investigación en turismo, ambiente y sociedad, desarrollo territorial y humedales. Correo electrónico juan.picon.cruz@una.cr

2 Investigador del CEMEDE. Catedrático jubilado en la Universidad Nacional. Investigador Sistemas de Humedal y miembro activo del Consejo Nacional de Humedales como representante ante RAMSAR.

situaciones, ya sea, como una oportunidad o como una forma de mitigar el riesgo de eventos de diversa índole. De modo que, el conocimiento como proceso social, no solo se genera, sino que se retroalimenta constantemente y, atraviesa etapas que le permiten al individuo desde la capacidad creativa para pensar o imaginar una situación, hasta la destreza de innovación y creación de productos (bienes o servicios) que sean de utilidad para la sociedad. En este proceso, también se valida o invalidan los resultados de la investigación, sea como ejercicios de exposición y debate en foros, congresos o bien, en sesiones de rendición de cuentas en espacios variados donde participan autoridades universitarias e institucionales, la comunidad científica, así como, productores y participantes de la sociedad civil.

En la construcción de conocimiento, estos grupos académicos o comunidades científicas son determinantes para la conducción y la creación de espacios, para interpretar fenómenos y llegar a predicciones necesarias a fin de mantener y mejorar la vida en el planeta. De tal modo que, mediante la puesta en práctica de los distintos proyectos, estos llegan a ser complementos que no solo logran transformar y facilitar los estilos de vida cotidiana (mejora o creación de procesos, información, tecnología), sino que resuelven problemas sociales, ambientales, económicos y productivos, entre otros.

Ciertamente, la creatividad es inherente al ser humano, lo que le ha permitido sobrevivir y lograr mejores niveles de bienestar, gracias a su capacidad de construir conocimiento y transmitirlo a través de las distintas generaciones, las cuales, a su vez han utilizado su ingenio para replantear, deconstruir o producir mejores productos (conocimiento, ante todo). Véase que, esta es la función esencial de la Universidad, que como institución responde a la misión permanente de aportar conocimiento al servicio de una sociedad, la cual, exige cada vez más, que las instituciones de educación superior atiendan las múltiples demandas sociales.

En este sentido, este texto constituye un acercamiento a la experiencia que genera un nexo entre: universidad, ciencia y sociedad. La puesta en práctica de los distintos proyectos demuestra que se avanza en diversos temas, los cuales son primordiales para solventar los problemas de la región Chorotega y otras zonas de Costa Rica, Mesoamérica y el Caribe. Estas acciones permiten atender y dar alternativas a las comunidades más vulnerables, con respecto a los desafíos que deben enfrentar en relación con la variabilidad hidro-climática y sus efectos en los ecosistemas, así como, en la economía, la producción y la calidad de vida en general.

Nótese que la experiencia con las familias del entorno rural que incorporaron la captura de agua de lluvia mediante técnicas innovadoras o adaptando el conocimiento tradicional a la modernidad, para la agricultura de pequeña escala, tuvo desde el inicio resultados positivos e interesantes, como una respuesta ante los efectos del cambio climático, especialmente, en el corredor seco mesoamericano. De modo que, la posibilidad de que comunidades rurales de las zonas elevadas de la península de Nicoya, basadas en agricultura hortícola, como la población de productores de La Esperanza, Colas de Gallo y otras comunidades de Nicoya y Santa Cruz, experimentaron un alivio durante la estación seca. Además, considerar el aprovechamiento de la piscicultura (cultivo de Tilapia), permite a las familias contar con un uso alternativo del agua, sumado a la posibilidad de diversificar con actividades complementarias como la recreación turística con servicio de restaurante, a partir de insumos para consumo y la comercialización de productos locales.

Igual sucede con la experiencia de las agrocadenas, al promover la incorporación de productores en las dinámicas de comercialización regional integradas a los proyectos de mercados regionales, no solo dándoles la posibilidad de acceder su producción al mercado local, sino al ofrecerle a la comunidad una variedad de productos que antes no estaban disponibles en los pueblos de la península de Nicoya, sobre todo, en lo referente a las hortalizas que debían traerse del valle central e incluso importarlas para el consumo, especialmente, para los sectores turísticos. Así, la producción y la comercialización de diversas plantas y verduras ha permitido proveer, tanto a los restaurantes de la zona turística como a los lugareños, de una variedad de productos que antes no se tenían o eran de difícil acceso. Esto le genera a la zona dos beneficios, en primer lugar, mejora la capacidad económica de los productores y, en segundo lugar, contribuye a una cultura alimenticia apoyada en una dieta mejor balanceada, debido a que está dotada de insumos frescos y nutritivos.

Los avances en esta materia han llevado a estos grupos de académicos a desarrollar modelos para producción a mayor escala, los cuales, pronto darán resultados significativos, dado que continúan mejorando las condiciones, además se han superado etapas y esto se demuestra en la medida en que los productores incorporan estos sistemas en sus proyectos. Al mismo tiempo, los equipos de académicos de la UNA en conjunto con investigadores de otras universidades nacionales e internacionales avanzan, para mejorar los procesos de investigación y de exploración de sistemas más complejos para captura de agua atmosférica y la recarga acuífera; en cuyo caso, esto generará más beneficios y la posibilidad de acompañamiento social, al llevar estas tecnologías a las comunidades.

Actualmente, se tiene documentado la incorporación de prácticas y tecnologías de reservorios para actividades de mayor tamaño, sobre todo en ganadería y producción de arroz. De hecho, CEMEDE e HIDROCEC han aportado todo el conocimiento adquirido acerca del desarrollo de estos sistemas a lo largo de los años y, muestra de ello, es la contribución a la Estrategia Nacional de Desarrollo, este es un planteamiento de opciones técnicas para la cosecha de lluvia y su utilización en riego entre el 2009-2010, respaldado y acogido por el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). En este momento, se trabaja y se avanza respecto a la capacidad y la calidad del reservorio para maximizar el uso, tal como lo plantean los autores. Desde los artículos, se resume la experiencia obtenida por emplear los sistemas de captación de agua de lluvia en la península de Nicoya, ya sea, para uso ganadero, agrícola o piscicultura. En estos casos de estudio, los profesores y estudiantes mantienen contacto con la historia y presente de estas tecnologías, a la vez que vislumbran alternativas para mejorar los futuros proyectos.

Un caso similar sucede cuando se muestra cómo la dinámica docente involucra estudiantes en los proyectos de ambos institutos, logrando un acercamiento certero y urgente relacionado con el resguardo de las cuencas, microcuencas y acuíferos de los cuales se utiliza el agua tanto para consumo humano como para las ganaderías de producción sostenible de la península de Nicoya y de la región Chorotega en general. Este es un tema recurrente cuando en distintos sitios de estudio tanto de HIDROCEC como de CEMEDE, se trabaja con el tema de la calidad de aguas superficiales y subterráneas de las que dispone la población para su consumo. En este particular, no se debe olvidar que estamos asentados en sectores relacionados a las dinámicas ecorregionales del territorio y, que las actividades antropogénicas van a incidir tanto en la

calidad de los ecosistemas como en la de los servicios ambientales que recibimos. Tal como ocurre con la calidad del agua resultante de la dinámica superficial y subterránea de la gran cuenca del Tempisque y sus afluentes.

En virtud de lo anterior, vale mencionar que las relaciones son múltiples y en varias vías, al vincular la calidad de agua que consumen los animales domésticos que proporcionan alimentos a la población, los peces del río Tempisque y otros ríos secundarios, y principalmente, la calidad del agua del golfo de Nicoya, que es el gran proveedor de pesca artesanal del país. Ya los estudios demuestran cómo es afectada la calidad de la leche, la carne y el pescado a causa de la contaminación del agua con agroquímicos, y directamente, el problema por el agua que consumen las poblaciones humanas. En esta vía es apropiado el abordaje integral de los escritos que consideran no solo la calidad del agua para uso agrícola, ganadero, piscicultura, recreación y por supuesto para el consumo humano, sino la necesidad de llevar capacitación y acompañamiento accesible a las poblaciones locales que deben hacer frente a las necesidades cotidianas.

Los estudios de la agroforestería y agroecología, también forman parte de la agenda prioritaria en la Región Chorotega. La capacidad de la Universidad de incidir en la forma en que los productores se vinculan con sus tierras y las dinámicas de usos del suelo, tiene mucho que ver con perspectivas culturales que se van construyendo y deconstruyendo con el tiempo. Ciertamente, es el momento de consolidar y vernos desarrollando modelos de producción agroecológicos y agroforestales, donde compartimos la tierra con la vida silvestre, y, en dinámicas ecológicas, que superan los límites convencionales de medición de extensiones de suelo. Nos referimos a la necesidad de cuidar la calidad ecológica, resguardando la vida de los insectos y otros polinizadores, la capacidad del bosque de intercambiar energía y potenciar la capacidad de vida. Dinámicas como estas generan respuestas para pensar bosques modelos, bosques agroecológicos con interacciones humanas y de vida silvestre en armonía, en aras de maximizar los beneficios, ya sea, para brindar servicios como el ecoturismo o para incorporar a la cuenta de servicios ambientales del país.

Así las cosas, un elemento clave de las funciones de la investigación y la extensión está en la capacidad de fortalecer la docencia, con experiencias locales y de primera línea, permitiendo a los estudiantes y a los académicos de distintas carreras de la Sede Regional Chorotega, el contacto con temas locales que traspasan la mera casualidad de conocer unos temas distantes a la realidad concreta; tales acciones, permiten introducir al estudiante en una suerte de autorreconocimiento, como parte y como agente transformador de un territorio que ha heredado, que comparte y que heredará a futuras generaciones.

Otros temas claves, en los abordajes del libro, lo representan los constantes procesos de acompañamiento y capacitación a las Asociaciones Administradoras de Agua y Saneamiento Comunal (ASADAS) que ejecutan una labor estratégica en los equilibrios socioambientales y de salud pública en Costa Rica. Se trata de la gestión comunal de los servicios de agua potable, sostenido por comités locales desde la condición del voluntariado comunal que tanto se necesita. De estos grupos depende el acceso al agua, para solventar el servicio a una parte significativa de la población, principalmente, en los entornos rurales. En el caso de las comunidades que trabajaron con el HIDROCEC, por un lado, se abordó el tema de la presión hídrica de la zona y la competencia por el agua debido a una creciente urbanización, tanto en

el comercio como en el turismo en zonas costeras; y, por otro lado, la captura de agua para la producción agropecuaria e industrial, que eleva el riesgo de déficit de agua, dada la creciente huella hídrica reconocida en las investigaciones. Ante esta problemática, resultó atinente la capacitación que se llevó a cabo con las ASADAS, para atender este estratégico servicio, que cada día requiere, no solo de una creciente vigilancia sino de una gestión eficiente.

Ligado al tema del agua, continúa la problemática que corresponde al saneamiento y disposición de las aguas residuales y lodos sépticos. A pesar de ser parte de las funciones de las ASADAS, AyA y otras instancias vinculadas, se conoce la limitada capacidad técnica, administrativa y financiera de estas organizaciones de base local, que aun cuando han realizado algunos esfuerzos, no resultan suficientes, razón por la cual, todavía continúan buscando alternativas de solución. Ante esta situación, esperamos que aumente el apoyo estatal, sobre todo de las instituciones con mayor vínculo, además, es perentorio que se dote a las universidades de mejores condiciones, para continuar las labores de investigación y acción social que demanda la función pública.

Sin duda son muchos los pendientes y, se reconocen, cuando día a día se descubren nuevos desafíos, problemas y necesidades de diversa índole. Sin embargo, la UNA desde su capacidad de acción social e investigación en las regiones de mayor vulnerabilidad permanecerá presente. En este particular, la colaboración público-privada será necesaria para afrontar los desafíos futuros y, la convicción de la comunidad académica en su totalidad será la base, para mantener y mejorar el trabajo que demanda la misión académica de las sedes regionales de las universidades públicas de Costa Rica.

Tal como lo plantea el Dr. José María Gutiérrez³, quien indica que las universidades públicas están inmersas en un escenario complicado. Históricamente han sido instituciones claves en procesos culturales, sociales, políticos y económicos en nuestros países, constituyéndose a la vez en vías de promoción social y de gestación de oportunidades, generadoras de nuevo conocimiento y núcleos de pensamiento innovador y crítico.

3 Véase el texto *Reflexiones desde la academia. Universidad, ciencia y sociedad* (2019), de José María Gutiérrez Gutiérrez. San José, Costa Rica: Editorial Arlekin.

Coordinación General

Dr. Juan Carlos Picón Cruz


Consejo académico dictaminador:

Dr. Juan Carlos Picón Cruz
M.Sc. Juan Bravo Chacón
M.Sc. Marlene Flores Abogabir
M.Sc. Geannina Moraga López

Colaboradoras:

M.Sc. Sandra Coto López
Dra. Beatriz Carvajal





Mensaje preliminar

Compartiendo experiencias en investigación y extensión desde la Sede Regional Chorotega de la Universidad Nacional

Dr. Víctor Julio Baltodano Zúñiga⁴
Decano, Sede Regional Chorotega
Universidad Nacional, Costa Rica

La labor de la universidad pública y, primordialmente de la Universidad Nacional en la figura de su Sede Regional Chorotega, es contribuir y apoyar, principalmente, a los sectores vulnerables de la sociedad. Esta aspiración está contenida en nuestra misión, la cual establece que: “La Sede Regional Chorotega es un centro académico de educación superior que genera, comparte y difunde conocimiento de una forma humanista, crítica, creativa y comprometida con el desarrollo humano, todo ello mediante la docencia, la investigación, la extensión y otras formas de producción para el bienestar de las poblaciones en condiciones de vulnerabilidad”.

A la par de la misión, parte de nuestra visión es ser un centro académico líder reconocido por su excelencia, con programas académicos flexibles y humanistas, así como, por su vocación para atender a las poblaciones en condiciones de vulnerabilidad. Esta Sede, se ve a sí misma proyectándose a la sociedad, mediante la investigación y la extensión en temas estratégicos de interés regional y global, con una docencia pertinente y de alta calidad; además, de estar vinculada internacionalmente, en especial, al ámbito latinoamericano.

Justamente, este libro está contextualizado en lo anterior. Por lo tanto, es una gran satisfacción que vea la luz porque es un aporte a la sociedad de las prácticas de Investigación y Extensión desde la Sede Regional Chorotega de la Universidad Nacional;

4 Dr. Víctor Julio Baltodano Zúñiga, dirección electrónica: victor.baltodano.zuniga@una.ac.cr.

experiencias construidas desde nuestros dos institutos: el Centro Mesoamericano de Desarrollo Sostenible para el Trópico Seco (CEMEDE-UNA) y el Centro de Recursos Hídricos para Centro América y el Caribe (HIDROCEC-UNA), ambos con una visión holística de la sociedad.

Por consiguiente, desde hace más de 30 años nuestra institución, y, en particular, en la Sede Regional, se han hecho valiosos esfuerzos para que, en la Región Chorotega, no solo se oriente hacia la docencia, sino que, con gran atino, el aporte sea integral, incorporando *la investigación y la extensión universitaria*. De modo que, durante ese transitar, la docencia se ha nutrido de estas dos acciones y, a su vez, éstas recíprocamente, reciben el aporte de la docencia. Por lo tanto, se configura una relación dialógica entre ellas, realimentándose una a otra y entre ellas, haciendo crecer de forma pertinente y, con mayor impacto, la generación de conocimiento.

Cabe destacar que, desde la planeación estratégica de nuestra Sede se concibe la investigación y la extensión, no solo, como aquella acción realizada por los investigadores y extensionistas, tal y como se ha apuntado; sino que, para nuestra institución, los estudiantes son actores importantes que, junto al profesor, van adquiriendo las habilidades e incorporando sus propias iniciativas para fortalecer el aporte a las comunidades. De ahí que, en nuestra gestión desde la decanatura, hemos hecho un esfuerzo por incorporar, de manera efectiva, la extensión y la investigación por medio de la docencia en comunión con éstas. De manera que, lo que denominamos acción sustantiva (la investigación, la extensión, docencia y producción) no se construye con componentes aislados. En este sentido, es de capital importancia, la incorporación de las comunidades y beneficiarios que, contrario a los agentes pasivos que suelen ser meramente receptores, ellos se han convertido en personas constructoras de sus propias soluciones. En este particular, cabe mencionar que el CEMEDE e HIDROCEC han hecho una labor incansable, en esa búsqueda de soluciones, mediante un acompañamiento a las organizaciones y a las personas que así lo han requerido.

Las experiencias que se comparten en este libro están enmarcadas en ese enfoque estratégico que se ha venido comentando y, que apoyan, no solo a estas poblaciones vulnerables, sino a esas organizaciones que buscan el bien común, así como, aquellas que construyen sus opciones productivas. Nuestro accionar seguirá direccionado en innovar a partir del aprovechamiento de los recursos locales, tanto en lo productivo como turístico; y con esfuerzos que deben enmarcarse en las actividades económicas más importantes de la región que tienen capacidad de incluir a la población más vulnerable, así como en actividades emergentes, en las cuales, tengamos el recurso humano y material para desarrollarlas. Es por eso que áreas como adaptación al cambio climático, seguridad alimentaria, producción agropecuaria-forestal; almacenamiento de agua para la producción, inclusión del agua como parte del paquete tecnológico para la producción, uso alternativo del agua para la producción, diversificación de la producción agropecuaria, producción para el autoconsumo, transformación de la producción primaria, tecnología para la producción de manejo de ambientes controlados y genética, seguirán siendo centrales para apoyar la región; de manera que, en un futuro esperamos poder compartir, otras experiencias en el ámbito de la investigación, la extensión y la docencia.

Presentación del Centro Mesoamericano de Desarrollo Sostenible del Trópico Seco de la Universidad Nacional, Sede Regional Chorotega (CEMEDE)

M.Sc. Edgar Vega Briceño, director CEMEDE ⁵
Dr. Juan Carlos Picón Cruz⁶

El Centro Mesoamericano de Desarrollo Sostenible del Trópico Seco de la Universidad Nacional en la Sede Regional Chorotega (CEMEDE), como centro académico de carácter *inter y multidisciplinario*, busca contribuir con la solución de la problemática ambiental, económica, social, cultural y política de las comunidades, regiones y naciones comprendidas en la Región Mesoamericana del Trópico Seco. Este programa nace como respuesta a la necesidad de generar investigación, extensión y brindar capacitación especializada, para el desarrollo de la región Chorotega en temas de desarrollo sostenible. De ahí que, fomentar la vinculación interna y externa a nivel interinstitucional mesoamericano, sigue las líneas de acción estratégicas planteadas en la Sede Regional Chorotega, mediante el establecimiento de alianzas, convenios y estrategias para la ejecución de programas, proyectos y actividades académicas de extensión, investigación y docencia.

En los últimos 15 años, se han llevado a cabo una serie de actividades de capacitación y actualización, a partir de la capacidad de investigación y extensión con la que se cuenta, esto se ha logrado, con las alianzas nacionales e internacionales que respaldan nuestro accionar. En este particular, se viene impulsando una agenda de temas prioritarios, para la Región Chorotega, en el marco de las condiciones ecológicas, sociales, culturales y económicas de la región mesoamericana del trópico seco; de

5 Director en vigencia, desde setiembre del 2019 hasta la actualidad. Especialista en Ciencias de la Computación y posgrado en Administración de la Tecnología de Información y Comunicación. Correo electrónico: edgar.vega.briceno@una.cr

6 Ex director del CEMEDE periodo 2018 – 2019. Especialista en desarrollo humano y sustentable y turismo de naturaleza. Desarrolla líneas de investigación en turismo, ambiente y sociedad, desarrollo territorial y humedales. Correo electrónico juan.picon.cruz@una.cr

modo que, al resolver estos asuntos, se trata de responder a las demandas sociales desde una misión institucional que se ha adquirido, la cual, a su vez, compromete nuestros esfuerzos. Una muestra es el avance en investigación y capacitación internacional en humedales con enfoque de cambio climático, coordinado con el SINAC-CR; CREHO Panamá, HIDROCEC y CEMEDE UNA-CR.

Así mismo, hay distintos proyectos y actividades académicas con otras temáticas impulsadas, las cuales, están relacionadas con el diseño y el establecimiento de sistemas de producción agropecuario sostenibles en distintas comunidades de la región Chorotega, articulados con el Programa de Fomento de la Producción Agropecuaria Sostenible del convenio 1436/OC-CR. Ciertamente, la agenda de trabajo para el fortalecimiento de la organización comunal y el desarrollo de capacidades locales para la gestión comunitaria del agua, los proyectos ambientales de recuperación de cuencas y microcuencas, la gestión de producción sostenible y empresarial y, otros temas de interés local vinculados con el fomento del desarrollo sustentable de las comunidades es nuestra prioridad, no solo a lo interno de la región, sino también, en las zonas fronterizas del cantón La Cruz, Los Chiles, Upala y otros sectores.

Los temas vinculados entre turismo, sociedad y ambiente, también se han trabajado, desde procesos de apoyo con cursos, para mejorar la gestión y la calidad de los productos turísticos, como en la generación de investigación referente a temas claves de tipo ambiental, económico, social y cultural. En estos procesos de colaboración público privado y de vínculo interinstitucional y comunal, ha sido clave la alianza y la colaboración con el Sistema Nacional de Áreas de Conservación, para apoyar los procesos de elaboración de planes de manejo y otras capacitaciones. Otros aliados estratégicos son el Ministerio de Agricultura y Ganadería, el Ministerio del Ambiente y Energía (MINAE), las municipalidades de la provincia y, en particular, en la península de Nicoya. Además, se participa y se articula con los consejos de desarrollo rural territorial de la zona, los consejos de áreas de conservación del SINAC, los consejos cantonales intersectoriales, las asociaciones de desarrollo y las cámaras empresariales, entre otros.

En síntesis, la suma de eventos nacionales e internacionales organizados desde el CEMEDE⁷ muestran la extensa y variada actividad académica que ha marcado el trabajo, como el logro de la participación estudiantil desde las distintas carreras, así como, los cursos que se ofertan desde la Sede Regional Chorotega: además, el sector administrativo que es consciente del apoyo a la labor académica, de las autoridades de la Sede Regional Chorotega y de la UNA en general, y por supuesto, del equipo académico que constantemente están formulando y presentando sus ideas y proyectos de investigación, extensión y producción académica.

7 Para más información, pueden visitar nuestras instalaciones ubicadas en el Campus Nicoya y Campus Liberia o acceder nuestros sitios web disponibles en la red de internet. <http://www.cemedede.una.ac.cr/> www.hidrocec.una.ac.cr Para conocer acerca de eventos y documentos disponibles, pueden acceder a: <http://www.cemedede.una.ac.cr/index.php/memorias-digitales>

Presentación del Centro de Recursos Hídricos para Centroamérica y el Caribe (HIDROCEC-UNA)

PhD. Andrea Suárez Serrano⁸
Directora de HIDROCEC

La misión del programa HIDROCEC es contribuir en la Gestión Integral del Recurso Hídrico en la Región (GIRH) en Centroamérica y el Caribe, mediante la excelencia en la investigación y la vinculación con los actores sociales concernientes con los distintos procesos de gestión, estableciendo alianzas intra e intersectoriales, así como, en cooperación con instituciones afines a nivel nacional e internacional, en aras de buscar el desarrollo de investigaciones aplicadas, con el afán, de encontrar soluciones integrales que respondan a la realidad nacional y centroamericana relacionadas al recurso hídrico.

El marco científico-tecnológico del HIDROCEC se enfoca en el abordaje de la Gestión Integrada del Recurso Hídrico, inicialmente a nivel nacional y, paralelamente a nivel regional y de El Caribe, por medio de la definición de estrategias competitivas e innovadoras. HIDROCEC ha abarcado de manera integral la gestión de los recursos hídricos mediante sus diferentes áreas de desarrollo, a saber: calidad de aguas, gestión de cuencas y, tratamiento y reutilización de aguas.

Este libro es producto de diferentes investigaciones desarrolladas en los últimos años, sistematizando parte de la acción sustantiva del HIDROCEC como del CEMEDE. En este sentido, el resultado de los proyectos demuestra que el trabajo articulado entre las comunidades y la Universidad, así como, el involucramiento y la participación de gestores del manejo del agua a nivel intra e interinstitucional, comunal y con otros sectores productivos es fundamental para el desarrollo de la investigación y la extensión en la Región Chorotega de Costa Rica.

⁸ Andrea Suárez Serrano, directora de HIDROCEC. Ex directora del CEMEDE periodo 2016 – 2018
Dirección electrónica: andrea.suarez.serrano@una.cr

En concordancia con la misión del HIDROCEC, a nivel de la región Chorotega se ha contribuido en la GIRH mediante la articulación de gestores involucrados en el manejo del agua a nivel interinstitucional, comunal por medio del trabajo con las Asociaciones Administradoras de Acueductos y Alcantarillados Comunales (ASADAS), el Instituto Nacional de Acueductos y Alcantarillados y con la Oficina Regional de Acueductos Comunales, La Dirección de Aguas-MINAE a nivel nacional y regional, la Dirección de Investigación y Gestión Hídrica del SENARA, la dirección regional del Ministerio de Agricultura y Ganadería, así como, las Municipalidades de la provincia, en particular, con la Municipalidad de Abangares, Liberia, Bagaces, y, más recientemente, con la Municipalidad de Carrillo y La Cruz. Además, se articula con los Consejo de Desarrollo rural territorial, y las asociaciones turísticas y de desarrollo.

Mediante las acciones que el HIDROCEC ha puesto en marcha, se han propiciado espacios, para la discusión y la reflexión de temas relacionados con el agua, entre académicos, el gobierno y los actores comunales. Así mismo, se promueven los espacios académicos de formación en cursos de actualización profesional, tanto para la comunidad académica como para el público en general, no solo a nivel nacional, sino en Centroamérica y el Caribe. Estos espacios son muy importantes porque se identifican nuevas necesidades de formación y propuestas de investigación y extensión con pertinencia regional. De modo que, dar a conocer el trabajo del HIDROCEC, en la región, es crucial para visibilizar los esfuerzos de coordinación y articulación que se realizan, en busca de mejores condiciones para las comunidades, en lo referente a la gestión del agua, ya que, este es un recurso vital para todos.

EXPERIENCIAS DE LAS FAMILIAS QUE INCORPORAN A SU COSECHA EL SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA (SCALL) EN SU SISTEMA DE PRODUCCIÓN AGROPECUARIA

M.Sc. Adolfo Salinas Acosta¹

M.Sc. William Gómez Solís²

Dr. Pavel Bautista Solís³

-
- 1 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
 - 2 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
 - 3 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 (FUNDER-UNA) y CADICO-DTR (FUNDER-UNA), además, es co-investigador principal del proyecto GREAT (BMBF-MICITT). pavel.bautista.solis@una.cr

Resumen

En el marco del Programa de Regionalización Interuniversitaria de CONARE en la Región Chorotega, durante el periodo 2009-2011, se demostró la viabilidad técnica de la tecnología de cosecha de agua en cuatro unidades productivas de pequeños agricultores de hortalizas ubicados en las comunidades de Cerro Negro, La Esperanza y Colas de Gallo; las tres primeras del Cantón de Nicoya, y la tercera, del cantón de Santa Cruz, Guanacaste. Sin embargo, la información obtenida acerca de la producción y la productividad fue incipiente, mientras que la determinación de su incidencia en las familias fue escasa. Además, se desconocían las características de los canales de comercialización. Por esto, fue necesario ampliar la información en lo concerniente a la producción para realizar una evaluación financiera de los reservorios y determinar la incidencia en las estructuras de gastos de las familias. Debido a que el proyecto inició en la época seca, su propósito fue preparar las condiciones para generar información que permita hacer una evaluación financiera de los reservorios, una caracterización de los canales de comercialización que utilizan las familias, así como establecer la estructura de gastos e ingresos de la familia. Además, como un aspecto transversal del proceso, se incorporará a jóvenes de las familias para que contribuyan en el desarrollo del proyecto, experiencia que fue sistematizada.

Palabras clave: Cosecha de agua lluvia, canales de comercialización, evaluación financiera, gastos e ingresos.

Abstract

Within the framework of the CONARE Interuniversity Regionalization Program in the Chorotega Region, in the 2009-2011 period, the technical viability of water harvesting technology was demonstrated in four productive units of small vegetable farmers located in the communities of Cerro Negro, La Esperanza and Colas de Gallo; the first three of the Canton of Nicoya and the third of the canton of Santa Cruz, Guanacaste. However, the information obtained on production and productivity was incipient, while the determination of its incidence in the families was null. In addition, the characteristics of marketing channels were unknown. Therefore, it became necessary to expand the production information to carry out a financial evaluation of the reservoirs and determine the impact on the family expenditure structures. Due to the fact that the project began in the dry season, its purpose was to prepare the conditions to generate information that allows a financial evaluation of the reservoirs, a characterization of the commercialization channels used by the families, as well as the structure of expenses and income of the family, as a transversal aspect of the process, will be incorporated to young people from the families so that they contribute in the development of the project, an experience that was systematized.

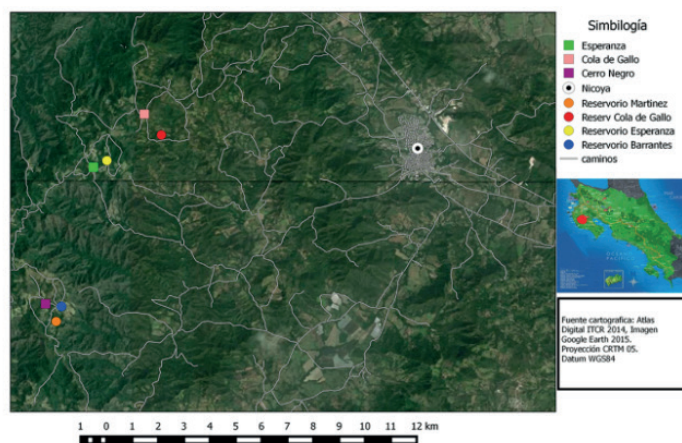
Key words: Rainwater harvesting, marketing channels, financial evaluation, expenses and income.

1. Resumen

La Región del Pacífico Seco de Costa Rica, presenta un desbalance hídrico, producto de la ausencia de lluvias aproximadamente por seis meses. Esta situación impide el desarrollo de las actividades productivas en el sector agropecuario, lo que incide directamente en la seguridad alimentaria. De ahí que, la sequía, consecuencia del fenómeno de El Niño, causó en el 2014 pérdidas por ₡10.500 millones de colones en el Pacífico Norte del país, de los cuales ₡7.000 millones corresponden a la agricultura y ₡3.500 al sector pecuario (ganado, agricultura, etc.).

Ante esta preocupante situación y en el marco del Programa de Regionalización Interuniversitaria de CONARE, en la Región Chorotega, durante el periodo 2009-2011 se construyeron cuatro reservorios de agua precipitada, de los cuales dos están en la comunidad de Cerro Negro, uno en Colas de Gallo, ambas ubicadas en Nicoya, y el otro en La Esperanza en Santa Cruz de Guanacaste. La ubicación georreferenciada de cada uno es la siguiente: Cerro Negro 1: N 10 05'313.4" W 85 34'51.17"; Cerro Negro 2: N 10 05'30.4" W 85 34'35.3' ; Colas de Gallo: N 10'09'06.4" W 85 32'35.2"; y La Esperanza: N 10 08'34.2" W 85 33'41.8"

Figura 1
Ubicación del proyecto en la península de Nicoya,
Costa Rica



(Gómez, W.).

Véase que en este periodo (2009-2011) se demostró que la tecnología de captura de agua de lluvia para la agricultura es posible, ya que, permite aprovechar las condiciones meteorológicas de la zona, en donde en la época de invierno existe exceso de agua y en la época seca este recurso es muy escaso. Además, estos reservorios pudieron utilizarse en época seca para producir cultivos hortícolas y en la época de invierno permitieron el cultivo de tilapias, que las familias utilizaron para autoconsumo y los excedentes fueron vendidos.

En el 2011 hubo un esfuerzo de promocionar ante otras organizaciones e instituciones esta tecnología, como una alternativa para los pequeños productores. Sin embargo, la

información obtenida en lo referente a la producción fue incipiente para poder realizar una evaluación financiera que permita sustentar una propuesta de incidencia, a fin de convertir la tecnología de reservorios en sujeto de financiamiento reembolsable o no reembolsable. Esto significa que se pueda demostrar que, esta infraestructura contribuye, tanto al crecimiento de la unidad productiva como al aumento de los ingresos de la familia. Es por esta razón que se propone este proyecto y, para darle continuidad a lo realizado, se hace una caracterización de los reservorios, así como de los cambios que sucedieron en dicho contexto.

La figura siguiente muestra los registros históricos de las precipitaciones (1949-2008) en la Región Chorotega, específicamente en la estación meteorológica de Nicoya. En este sentido, se comparan el promedio histórico de las lluvias durante este periodo en relación con las del año 2014, en el cual hubo una época de sequía debido al fenómeno del niño. Cuando se presentó esta situación, hubo un faltante de agua importante para el uso agropecuario y el consumo humano.

Figura 2
 Datos de precipitación en la estación meteorológica de Nicoya

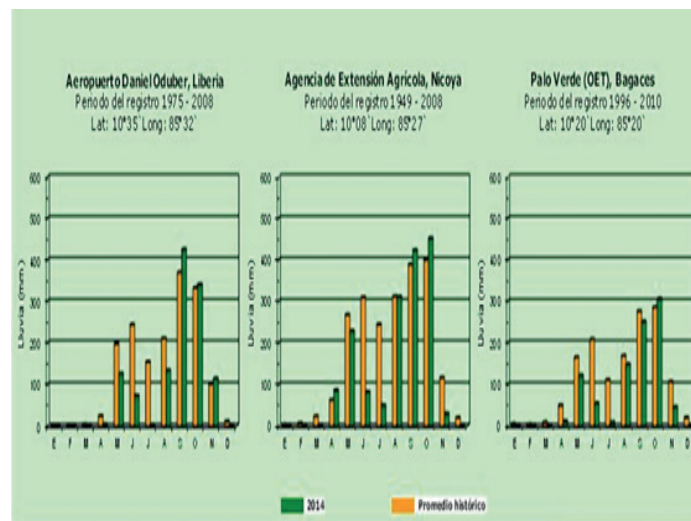


Figura 1. Comparación de la precipitación mensual del año 2014 con el promedio histórico en tres estaciones meteorológicas del Pacífico Norte
 Tomado de: Boletín Meteorológico IMN, Diciembre 2014.

Fuente IMN 2014.

2. Introducción

El agua es un recurso indispensable para todos los seres vivos, y, especialmente para los humanos, ya que, esta es una fuente necesaria para la vida, además es un medio imprescindible para llevar a cabo las actividades domésticas, las industriales, la generación de energía, las actividades agrícolas, pecuarias, acuícolas, medicinales, así como las recreativas y turísticas entre otras. El agua dejó de ser un recurso abundante y de fácil acceso en el mundo, para convertirse en una mercancía preciada y cara; razón por la cual, tener el dominio de esta fuente tanto a nivel nacional como mundial, suscita disputas y grandes negocios, debido a que su control es parte de las estrategias globales de acumulación de capital.

Ciertamente, producir fuentes para la protección del agua es una frase que resulta familiar para muchos por tratarse de un recurso que, hasta hace poco, era de fácil acceso, pero su escasez como un problema global obliga a comprender que corre el riesgo inminente de agotarse. En este particular, generar agua debe entenderse como las acciones encaminadas a proteger y recuperar las áreas vitales para preservar su existencia, como las zonas de filtración, las áreas de recarga acuífera, las nacientes, los ríos y las quebradas. La cosecha de agua de lluvia se define como la recolección y concentración de agua de escorrentía, para usos productivos, como de cultivos, pastos, árboles frutales y maderables, animales, acuicultura, recarga acuífera, belleza escénica y para usos domésticos. En el caso, de los fines agrícolas, la cosecha de agua se define como un método para inducir, recolectar, almacenar y conservar el agua de escorrentía.

Cabe recordar que esta práctica es artesanal, y todavía, forma parte de muchos sistemas productivos en todo el mundo; además, siguiendo los criterios de la Comisión de Calidad Ambiental de Texas (por sus siglas en inglés TCEQ, *Texas Commission on Environmental Quality*) la cosecha de agua se define como la práctica de recolectar el agua, producto de la lluvia, antes de que tenga la oportunidad de trasladarse a los ríos, a las quebradas o de infiltrarse en el suelo y convertirse en agua subterránea. La cosecha de agua de lluvia es una herramienta eficiente para conservar este recurso tanpreciado, debido a que este procedimiento provee de agua libre, la cual puede destinarse a diversos usos. Esto conlleva a muchos beneficios, tales como: la reducción de la dependencia de aguas subterráneas, se reduce la escorrentía y la erosión, y permite, la recarga de algunos acuíferos, etc.

Mediante la experiencia desarrollada en dos cantones de Guanacaste, se instalaron cuatro reservorios que cumplieron dos funciones básicas, durante los meses de julio a diciembre, que es la época lluviosa. En este periodo, el agua cosechada permitió desarrollar la producción de Tilapia y, en los meses de diciembre a abril, el agua almacenada se utilizó para riego por medio de gravedad, utilizando riego por goteo y microaspersión para la producción de hortalizas y algunos granos básicos (Programa de Regionalización Interuniversitaria, Informe final, 2011, p. 8).

Es importante entender que el cambio climático representa una variación estadística en el estado medio del clima o en su variabilidad, la cual persiste durante un periodo prolongado (normalmente decenios o incluso más). Esta alteración en el clima, se puede deber a procesos naturales internos o a cambios del forzamiento externo, o bien, a cambios persistentes antropogénicos en la composición de la atmósfera o en el uso de las tierras. De hecho, se debe

tener en cuenta que el tratado de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático¹ define dicho cambio como: “Un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante periodos de tiempo comparables”(Naciones Unidas, 1992, p.3). En este sentido, vale destacar que la CMCC distingue entre el cambio climático atribuido a las actividades humanas que alteran la composición atmosférica y, la variabilidad climática atribuida a causas naturales (FAO, 2014).

3. Metodología de investigación

1. Se recopiló toda la información económica para hacer la evaluación financiera para cada unidad productiva que fue parte del proyecto, esto permite determinar la rentabilidad de cada estructura en las familias participantes (los cuadros están en el informe del año 2015).
2. Se elaboró una estructura de gastos para cada familia que participo en el proyecto, esto permitió conocer el flujo de dinero que entra y sale en cada familia, es decir, lo que apoya su economía familiar.
3. Se logró ubicar los canales de comercialización de los productores del proyecto.
4. Se logró trabajar con los jóvenes (10), principalmente en la capacitación de informática. Ellos pudieron asistir a la sede de la UNA en Nicoya y aprender a usar *software*, con Word y Excel, así como utilizar el Internet para conocer la parte del uso del correo electrónico y la navegación en la red.
5. En cuanto a las asesorías jurídicas, se presentó el documento de solicitud de audiencia ante el consejo Municipal de Nicoya, en el que se explicaba el proyecto y así tener su visto bueno y apoyo, como autoridades.

4. Desarrollo de la investigación

Mediante el desarrollo del proyecto, cabe mencionar, que la familia Martínez de Cerro Negro fue la última en tener su reservorio y fue vital para la lucha contra el Fenómeno del Niño del 2014-2015, ya que pudo abastecer de agua a su ganado. Sin esta estructura, hubiera sido necesario vender el ganado, ya que no tenían agua almacenada para abrevar a sus 35 bovinos. Aunado a esto, en el año 2015 se incorporaron 2000 alevines (crías) de tilapias y, en la actualidad, la familia dispone de la descendencia de la primera camada de esta especie; además, cuentan con la posibilidad de sembrar pastos de corta, para suplementar a su ganado en el periodo seco. De modo que, este proyecto forma parte del crecimiento de estos productores para mejorar sus condiciones económicas.

1 Véase el texto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio (CMCC) en su Artículo 1. Página 2-5 19-09-18 04:05 p. m. Sistema de Información Académica Formulación de Proyecto Académico Climático (CMCC). Así mismo, el tratado de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio (1992, p.3). Recuperado de: <https://www.acnur.org/fileadmin/Documentos/BDL/2009/6907.pdf>

Figura 3
Elaboración de reservorio Familia Martínez en
Cerro Negro de Nicoya (2013)



Figura 4
Reservorio finalizado de la familia Martínez con capacidad para 600 m³



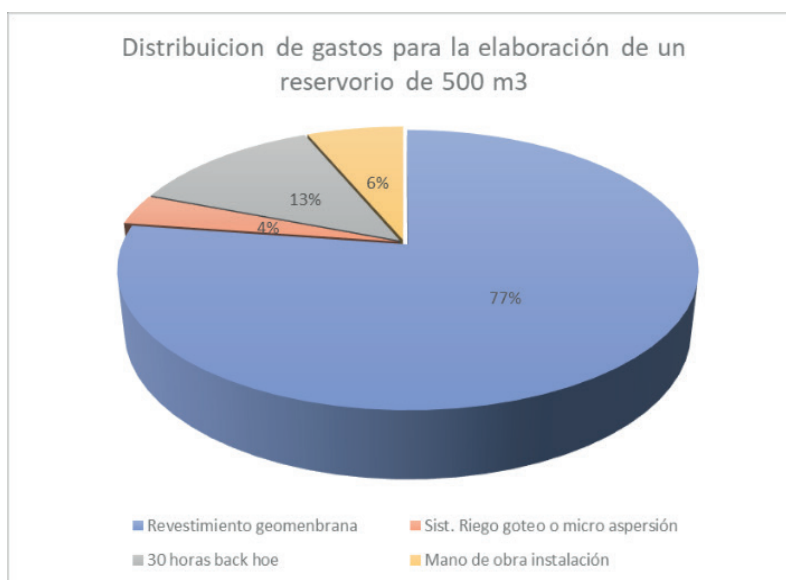
4.1 Costos de elaboración de un reservorio

Véase en la siguiente tabla los costos de la elaboración del reservorio para la familia Martínez que utilizó plástico, y en el caso de la familia Vega, ellos emplearon geomembrana. Ambos grupos familiares residen en Cerro Negro de Nicoya.

Tabla 1
Costos de Inversión en Infraestructura

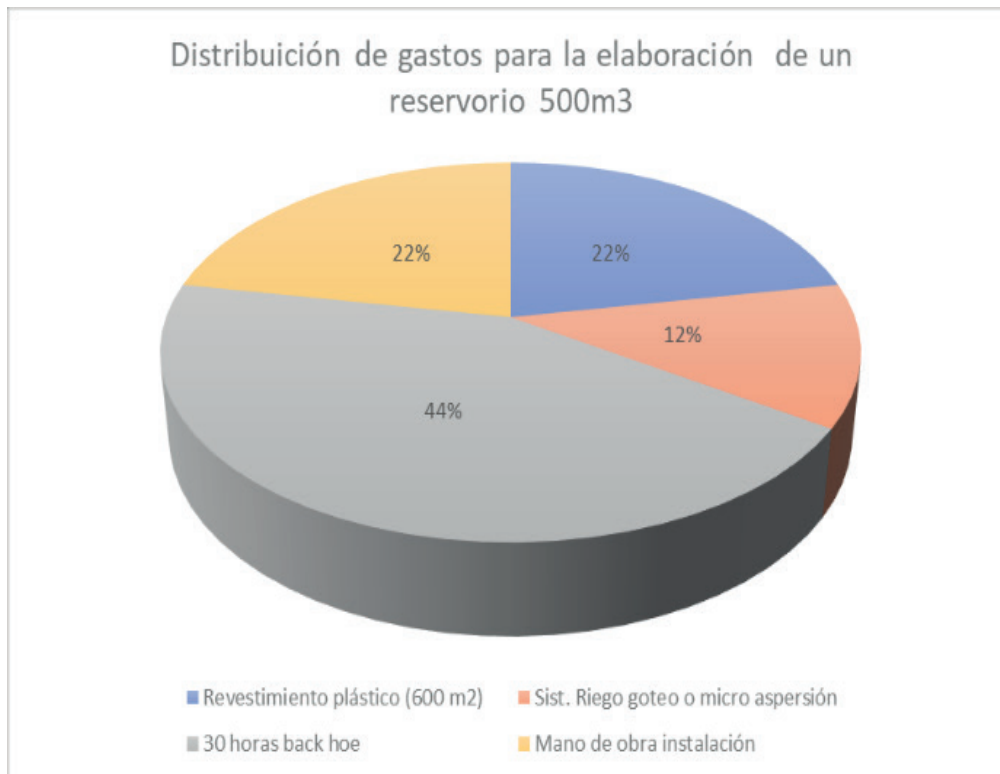
Costos de Inversión en Infraestructura	Costo USD por m ²	Costo USD total ²
Revestimiento plástico (600 m ²)	\$0.833	\$500
Revestimiento geomembrana	\$10	\$6000
Sistema de riego por goteo o microaspersión	\$0,55	\$275
30 horas de <i>back hoe</i> (escavadora)	\$33	\$990
Mano de obra para la instalación	\$0.833	\$500

Gráfico 1
El porcentaje de los costos de un reservorio recubierto con geomembrana



2 Para los cálculos debe tomarse como referencia el precio del dólar, \$1 dólar americano corresponde a ₡545 colones.

Gráfico 2
El porcentaje de los costos de un reservorio recubierto con plástico



Nótese que en el caso de la familia Barrantes de Cerro Negro, se pudo concluir el revestimiento del espejo de agua del reservorio, lo cual les permitió evitar la pérdida de una gran cantidad de metros cúbicos de agua por evaporación, esto les permitió disponer de este recurso para terminar el periodo seco. Un dato relevante es que esta familia tenía más limitaciones de recurso hídrico, y gracias a este proyecto, ahora tienen la posibilidad de cultivar en los seis meses de verano y lo han hecho de manera excelente, ya que, han logrado incrementar sus áreas de cultivos de tomate y de chile a 2000 m².

Figura 5
Revestimiento de sarán en el reservorio de la familia Barrantes



Figura 6
La familia Barrantes finaliza el revestimiento con sarán del reservorio con capacidad para 1500 m³



Con respecto a la familia Vega, en Cerro Negro, ellos pudieron incorporar nuevamente las tilapias en su reservorio, para consumo familiar y venta de excedentes, así como otra especie de pez llamado Guapote, nativo de la zona. Además, por medio de un financiamiento de la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación), se llevó a cabo un proyecto para agregar una casa sombra de 900m² que les ha permitido mejorar el rendimiento en hortalizas (apio, culantro, cebolla), ya que este tipo de infraestructura permite proteger los cultivos del calor, así como de los fuertes rayos solares. Esta estructura permite bajar hasta en 2 °C (grados Celsius) la temperatura en campo.

Figura 7
Rótulo con información técnica de reservorio de la
Familia Vega de Cerro Negro



Figura 8
Casa sombra para proteger las cosechas de la familia Vega
en Cerro Negro, Nicoya



Otro de los proyectos que se llevó a cabo fue el de la familia Briceño de Colas de Gallo, quienes eligieron cultivar cebolla, ya que es una de las actividades agrícolas que mejor conocen, eso les permite colocar y vender el producto en el mercado local. Esta familia fue de las más consolidadas, debido a que fue de las primeras en contar con su reservorio en el 2009, razón por la cual, fueron tomados en cuenta por el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), el Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA) y, el Instituto Nacional de Aprendizaje (INA). En este sentido, el hecho de que este proyecto con un área de cultivo de 1500 m² sea tomado en consideración por instituciones vinculadas al sector agropecuario para hacer visitas, y, sobre todo, para observar la parte de infraestructura hidráulica, deja en alto la creación del proyecto en el ámbito local.

Figura 9
Reservorio de la Familia Briceño en Colas de gallo



Figura 10
Área de producción (culantro) de la familia Briceño en Colas de Gallo



Finalmente, se encuentra el caso de la familia de Martín Martínez, quienes viven en La Esperanza de Santa Cruz. Ellos optaron por una agricultura familiar de autoconsumo, debido a las dificultades de transporte, por lo que se dedicaron a sembrar frijoles, apio, culantro y chile en el área de cultivo irrigado por el agua almacenada en el reservorio (Área de cultivo 1000 m²).

Figura 11
Reservorio de la familia Martínez, en La Esperanza de Santa Cruz



Figura 12
Área de producción (frijol) de la familia de Martín Martínez, en La Esperanza



Algo digno de rescatar es el emprendimiento de la familia Cerdas en Cerro Negro, que debido al aprendizaje obtenido por medio de la Asociación de Productores Orgánicos de Cerro Negro de Nicoya, acerca del uso de reservorios, logró implementar uno, con mayores dimensiones (40 m de largo por 20 m de ancho y una profundidad promedio de 2 metros) para un volumen de agua de 1600 m³, que abasteció un área de cultivos de 2000 m² durante el verano del 2016-2017. Lo anterior, permite observar, no solo que los productores utilizan la tecnología, sino que, lograron financiar sus propios proyectos, mediante la cooperación del Banco Nacional de Costa Rica (BNCR). Esto evidencia, que se debe iniciar y extender este tipo de emprendimientos, a fin, de que los agricultores puedan enfrentar el cambio climático, pues, el conocimiento adquirido por medio de las asesorías, los ha preparado para almacenar agua en la época lluviosa; y, posteriormente, utilizar la reserva para el riego por goteo y microaspersión, durante la estación seca.

Figura 13
Reservorio de la familia Cerdas, con capacidad para 1600 m³



a. Estudio base correspondiente a la estructura de gastos de las familias sin el uso de reservorios de agua en la parcela

Cuadro 1				
Gasto total mensual, promedio				
Factibilidad financiera y efecto en la estructura de gastos de las familias que incorporan la cosecha de lluvia , 2015.				
Grupo de gasto	Familia Diaz	Familia Vega	Familia Briceño	Familia Barrantes
personas	5	5	6	8
Gasto Total				
Gasto de consumo				
Alimentos y bebidas	€ 80.000,00	€ 120.000,00	€ 70.000,00	€ 130.000,00
Prendas de vestir y calzado	€ 10.000,00	€ 8.500,00	€ 8.000,00	€ 26.000,00
Vivienda	€ -	€ -	€ -	€ -
Agua	€ 10.000,00	€ 4.500,00	€ 12.000,00	€ 9.000,00
Electricidad	€ 6.000,00	€ 7.000,00	€ 10.000,00	€ 28.000,00
Gas y otros combustibles	€ 5.000,00	€ 15.000,00	€ 15.000,00	€ 12.000,00
Muebles y artículos para el hogar	€ 5.000,00	€ 12.000,00	€ 10.000,00	€ 10.000,00
Salud	€ 5.000,00	€ 20.000,00	€ 25.000,00	€ 30.000,00
Transporte	€ 10.000,00	€ 15.000,00	€ 50.000,00	€ 31.000,00
Comunicaciones (teléfonos)	€ 15.000,00	€ 7.000,00	€ 30.000,00	€ 30.000,00
Recreación y cultura	€ 16.000,00	€ 10.000,00	€ 10.000,00	€ 15.000,00
Educación	€ 12.500,00	€ 8.500,00	€ 10.000,00	€ 5.000,00
Comidas y bebidas fuera del hogar	€ 16.000,00	€ 12.000,00	€ 16.000,00	€ 12.000,00
Bienes y servicios diversos	€ 10.000,00	€ 4.200,00	€ 8.000,00	€ 7.500,00
Gasto no de consumo				
Contribuciones sociales	€ 5.000,00	€ 15.000,00	€ 10.000,00	€ 15.000,00
Impuestos	€ 500,00	€ 2.000,00	€ 2.300,00	€ 12.000,00
Transferencias en dinero		€ -		€ -
Otros gastos de no consumo ^{1/}	€ 1.000,00	€ 4.000,00	€ -	€ 3.000,00
TOTAL	€ 207.000,00	€ 264.700,00	€ 286.300,00	€ 375.500,00

En el cuadro anterior, se puede apreciar un promedio del gasto mensual correspondiente a las cuatro familias que participaron en el proyecto del año 2009 al 2011, cabe destacar, que los datos fueron suministrados por los miembros de cada familia. También, es importante mencionar que la familia Briceño fue parte del análisis completo, ya que era la única que contaba con toda la información de los costos de la producción, la siembra y el manejo de la cebolla, el frijol y el maíz, así como lo referente a la producción de las Tilapias.

Registro con información sobre siembra, manejo y cosecha de peces
Caso Familia Briceño

Costos de Producción Cebolla.

Rubro	Unidad	Cantidad	Precio	Costo
Mano de Obra				
Chapea	HH	36	₡ 1.200,00	₡ 43.200,00
Aplicación Herbicida	HH	24	₡ 1.200,00	₡ 28.800,00
Siembra	HH	27	₡ 1.200,00	₡ 32.400,00
Fertilización	HH	27	₡ 1.200,00	₡ 32.400,00
Control de Plagas	HH	24	₡ 1.200,00	₡ 28.800,00
Cosecha	HH	72	₡ 1.200,00	₡ 86.400,00
Total Mano de Obra				₡252.000,00
Insumos				
Semilla	Kg	24	₡ 1.500,00	₡ 36.000,00
Herbicidas	Lts	7	₡ 3.570,00	₡ 24.990,00
Fertilizantes	Kg	138	₡ 325,00	₡ 44.850,00
Insecticidas	Lts	3	₡ 6.150,00	₡ 18.450,00
Total Insumos				₡124.290,00
Otros Materiales				
Mecate piola	Kg	0	₡ 2.050,00	₡ -
Sacos	Und	50	₡ 15,00	₡ 750,00
Total Otros Materiales				₡ 750,00
Total Costos de Producción Cebolla				₡ 377.040,00
Promedio Mensual Costos de Producción Cebolla				₡ 94.260,00

Caso Familia Briceño

Costos de Producción Maíz

Rubro	Unidad	Cantidad	Precio	Costo
Mano de Obra				
Chapea	HH	28	₡ 1.200,00	₡ 33.600,00
Aplicación Herbicida	HH	24	₡ 1.200,00	₡ 28.800,00
Siembra	HH	32	₡ 1.200,00	₡ 38.400,00
Fertilización	HH	18	₡ 1.200,00	₡ 21.600,00
Control de Plagas	HH	14	₡ 1.200,00	₡ 16.800,00
Cosecha	HH	32	₡ 1.200,00	₡ 38.400,00
Total Mano de Obra				₡177.600,00
Insumos				
Semilla	Kg	16	₡ 3.888,89	₡ 62.222,22
Herbicidas	Lts	7	₡ 3.570,00	₡ 24.990,00
Fertilizantes	Kg	92	₡ 325,00	₡ 29.900,00
Insecticidas	Lts	3	₡ 6.150,00	₡ 18.450,00
Total Insumos				₡135.562,22
Otros Materiales				
Mecate piola	Kg	0	₡ 2.050,00	₡ -
Sacos	Und	20	₡ 15,00	₡ 300,00
Total Otros Materiales				₡ 300,00
Total Costos de Producción Maíz				₡ 313.462,22
Promedio Mensual Costos de Producción Maíz				₡ 78.365,56

Caso Familia Briceño
Costos de Producción Frijol.

Rubro	Unidad	Cantidad	Precio	Costo
Mano de Obra				
Chapea	HH	28	₡ 1.200,00	₡ 33.600,00
Aplicación Herbicida	HH	24	₡ 1.200,00	₡ 28.800,00
Siembra	HH	32	₡ 1.200,00	₡ 38.400,00
Fertilización	HH	18	₡ 1.200,00	₡ 21.600,00
Control de Plagas	HH	14	₡ 1.200,00	₡ 16.800,00
Cosecha	HH	36	₡ 1.200,00	₡ 43.200,00
Total Mano de Obra				₡ 182.400,00
Insumos				
Semilla	Kg	12	₡ 2.187,50	₡ 26.250,00
Herbicidas	Lts	3	₡ 3.570,00	₡ 10.710,00
Fertilizantes	Kg	69	₡ 325,00	₡ 22.425,00
Insecticidas	Lts	1	₡ 6.150,00	₡ 6.150,00
Total Insumos				₡ 65.535,00
Otros Materiales				
Mecate piola	Kg	0	₡ 2.050,00	₡ -
Sacos	Und	20	₡ 15,00	₡ 300,00
Total Otros Materiales				₡ 300,00
Total Costos de Producción Frijol				₡ 248.235,00
Promedio Mensual Costos de Producción Frijol				₡ 62.058,75

Caso Familia Briceño
Costos de Producción Promedio Mensual.

Cultivo	Costo prod. 1er Cuatrimestre	Costo prod. 2do Cuatrimestre	Costo prod. 3er Cuatrimestre
Tilapia	₡ 41.670,00	₡ 41.670,00	₡ 41.670,00
Cebolla	₡ 94.210,00		
Maiz		₡ 78.365,00	
Frijol			₡ 62.060,00
Ayote			₡ 7.750,00
Otros	₡ 50.000,00	₡ 50.000,00	₡ 50.000,00
Costos Prod. Promedio Mens.	₡ 185.880,00	₡ 170.035,00	₡ 161.480,00

Ingreso promedio mensual.

Cultivo	Unidad	Cantidad	Precio de Venta	Ingresos 1er Cuatrimestre	Ingresos 2do Cuatrimestre	Ingreso 3er Cuatrimestre
Tilapia	kg	800	₡ 3.000,00	₡ 800.000,00	₡ 800.000,00	₡ 800.000,00
Cebolla	kg	3220	₡ 500,00	₡ 1.610.000,00		
Chilote	Docena	225	₡ 1.000,00		₡ 225.000,00	
Elote	Docena	350	₡ 1.500,00		₡ 525.000,00	
Maiz grano	kg	520	₡ 1.560,00		₡ 811.200,00	
Frijol	kg	860	₡ 1.500,00			₡ 1.290.000,00
Ayote	kg	250	₡ 500,00			₡ 125.000,00
Total Ingresos 1er Cuatrimestre				₡ 2.410.000,00		
Ingreso promedio mensual				₡ 602.500,00		
Total Ingresos 2do Cuatrimestre					₡ 2.361.200,00	
Ingreso promedio mensual					₡ 590.300,00	
Total Ingresos 3er Cuatrimestre						₡ 2.215.000,00
Ingreso promedio mensual						₡ 553.750,00

b. Utilidad mensual de la familia Briceño con el proyecto

Trimestre	Costos	Ingresos	Utilidad
Enero	₡ 180 880,00	₡ 602 500,00	₡ 421 620,00
Febrero	₡ 180 880,00	₡ 602 500,00	₡ 421 620,00
Marzo	₡ 180 880,00	₡ 602 500,00	₡ 421 620,00
Abril	₡ 180 880,00	₡ 602 500,00	₡ 421 620,00
Mayo	₡ 170 035,00	₡ 590 300,00	₡ 420 265,00
Junio	₡ 170 035,00	₡ 590 300,00	₡ 420 265,00
Julio	₡ 170 035,00	₡ 590 300,00	₡ 420 265,00
Agosto	₡ 170 035,00	₡ 590 300,00	₡ 420 265,00
Septiembre	₡ 161 480,00	₡ 553 750,00	₡ 392 270,00
Octubre	₡ 161 480,00	₡ 553 750,00	₡ 392 270,00
Noviembre	₡ 161 480,00	₡ 553 750,00	₡ 392 270,00
Diciembre	₡ 161 480,00	₡ 553 750,00	₡ 392 270,00
Total			₡ 4 936 620,00

c. Canales de comercialización

Las familias productoras de Cerro Negro correspondientes a la familia Martínez, la familia Barrantes, así como a la familia Vega y la familia Cerdas vendían sus productos principalmente en la costa, es decir, en Nosara, a una agrupación llamada Pachamama, que les garantizaba precios estables y reconocían que la producción tenía un componente orgánico, dándole un plus a la cosecha. En el caso de la familia de Martín Martínez, ellos centraron su producción en el autoconsumo, y los excedentes los vendían en su localidad, es decir, la comunidad de La Esperanza, en Santa Cruz. Por último, la familia Briceño (Cola de Gallo), logró asociarse con un miembro de su familia (hermano) y sacar los productos hacia el mercado en Santa Cruz.

5. Conclusiones

Al finalizar este proyecto se cumplieron las expectativas que se plantearon, ya que, estas se lograron llevar a cabo en el año 2015-2016. Ciertamente, la asesoría jurídica fue fundamental para darle continuidad a la Asociación de Productores Orgánicos de Cerro Negro, la cual pudo tener una nueva junta directiva en el periodo 2015-2016. Así mismo, se presentó ante una audiencia en el Consejo Municipal, el aval del municipio para el proyecto de reservorios de estos productores, el cual tuvo el apoyo de los regidores por unanimidad, además, dicho proyecto fue considerado dentro de la agenda agropecuaria del municipio y para la comisión de arreglos de caminos en las zonas agropecuarias productivas.

En relación con la parte de mantenimiento de la infraestructura, se capacitó a los productores respecto a cómo conservar las estructuras de los reservorios. El proyecto deja cuatro reservorios revestidos con geomembranas cuya vida útil es de 30 años, además, de un reservorio recubierto de sarán en la parte superior, para evitar la evaporación del agua debido a las altas temperaturas en la estación seca.

En lo referente a la maximización de la productividad y comercialización, se logró incrementar el área de cultivo en un 20 % para cada productor, esto se debe a la planeación de época de siembra y tipo de cultivo sumado a la implementación de riego por goteo. Además, para el caso del productor Reiner Barrantes, la cobertura del reservorio le permitió conservar 400 m³ de agua que se perdían por evaporación. Asimismo, en cuanto a la comercialización, estos productores fueron parte del proyecto Agrocadenas de Comercialización que inició en el 2016 y continuó en el 2017, apoyando esta arista fundamental para el desarrollo de su agrupación.

Con respecto a los productores de la zona alta de Nicoya y de Santa Cruz, se pudo apreciar a lo largo del tiempo en que se realizó el proyecto, que los reservorios son fundamentales para su actividad económica agrícola y que, desde el punto de vista de mercadeo, los productores tienen una gran necesidad de crecer. Ahora, en el 2017, se desarrolló junto a ellos otro proyecto llamado Agrocadenas para el Mejoramiento Económico. En este particular, la incorporación de los jóvenes puede potenciar estas iniciativas, ya que algunos no tienen que emigrar hacia el Valle Central o a la zona bananera, pues tienen la oportunidad de laborar con sus padres en el periodo en el que no hay lluvias.

Nótese que ese trabajo no solo es fundamental para las familias de escasos recursos, comprometidas con la producción agrícola, sino que se logró evidenciar los beneficios obtenidos por las familias que desarrollaron el proyecto, de hecho, los gráficos demuestran que esta iniciativa fue muy importante para elevar la economía de la familia Briceño, que recibió utilidades por encima de ¢ 392270 colones mensuales a lo largo del año, dinero que no estaba en sus arcas.

En lo concerniente a este proyecto y, como parte de un programa de extensión, en marzo del 2017, se mostró el avance de este proyecto a diez técnicos del Ministerio de Agricultura de Belice, que vinieron como observadores acompañados con funcionarios del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), ya que estos colegas también sufren en su país los embates del cambio climático.

6. Bibliografía

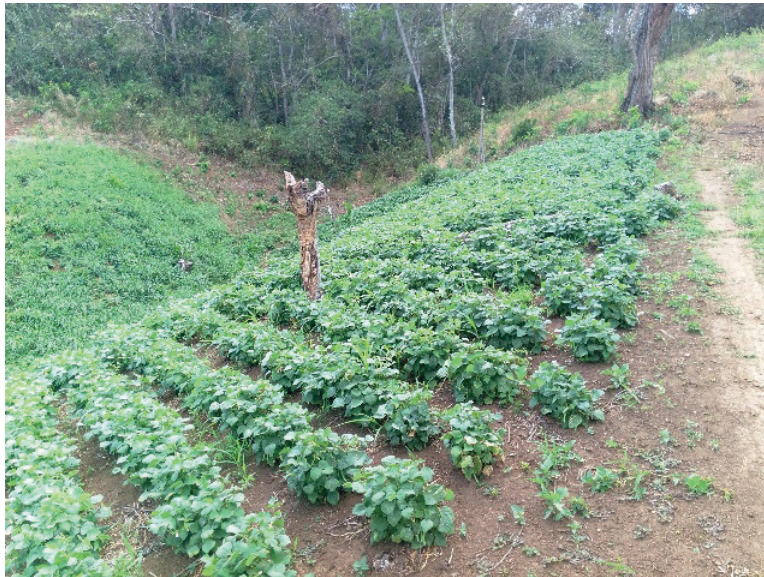
- Arce, J. (14 de diciembre del 2015). Sequía de 2014-2015 es la más intensa desde 1930 en Costa Rica. *La Nación*. Recuperado de: http://www.nación.com/economia/agro/Sequia-intensa-Costa-Rica_0_1530247089.html
- Organización de las Naciones Unidas para para la Alimentación y la Agricultura. (2014). *Objetivos de Desarrollo del Milenio: Región logró la meta del hambre*. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/a-i4018s.pdf>
- Porter, D., Persyn, R., y Silvy, V. (1998). *Reinwater Harvestin*. Departamento de Recursos Hídricos de Arizona: Estados Unidos. Recuperado de: https://www.tceq.texas.gov/assets/public/comm_exec/pubs/gj/gj-404.pdf
- Rojas, P. (12 de agosto del 2014). Sequía en Guanacaste ya deja pérdidas por más de ¢ 20 mil millones al sector agrícola. *En crhoy.com*. Recuperado de: <https://archivo.crhoy.com/sequia-en-guanacaste-ya-deja-perdidas-por-mas-de-%C2%A220-mil-millones-al-sector-agricola/nacionales/>
- Salinas, A. (2010). *Reservorios artificiales para captura de agua, para la producción agropecuaria en la Región Chorotega*. [Programa de Regionalización Interuniversitaria CONARE].
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, México. (2016). *Cosecha de agua, un milagro de la agricultura*. Recuperado de: <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/cosecha-de-agua-un-milagro-de-la-agricultura?idiom=es>

Anexos

El productor Geovany Vega mostrando las tilapias del reservorio, Cerro Negro



Área de cultivo de frijol irrigado en el mes de marzo con agua del reservorio, Colas de Gallo



Área de producción de cebolla irrigado en marzo con el agua del reservorio. Propiedad de la familia Barrantes, Cerro Negro



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.

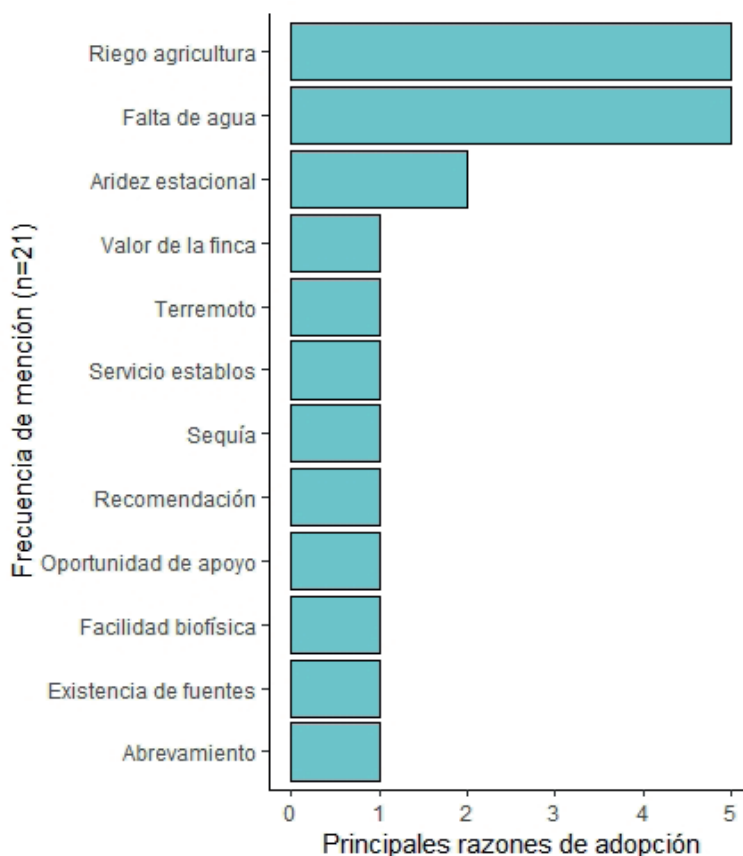
La antigüedad promedio de los sistemas de captación de agua es de diecinueve meses o, de uno a seis años, con un rango que va desde los siete meses hasta los 76. La antigüedad permite confirmar la influencia de los proyectos de extensión y la cooperación en la construcción de estos sistemas, ya que, 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.

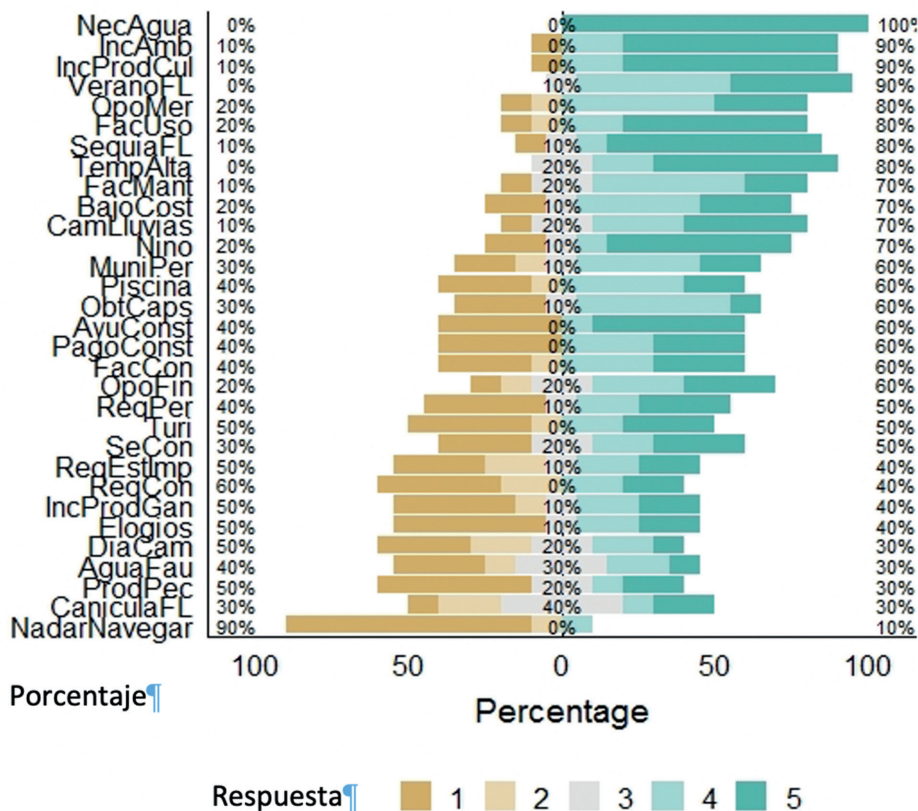
Las razones para establecer los sistemas de captación de agua exploradas con detalle revelaron tendencias interesantes (Gráfico 3). En primer lugar, se confirmó la escasez hídrica como la principal razón para implementar esta tecnología, de ahí que, los once productores encuestados le atribuyeron la 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

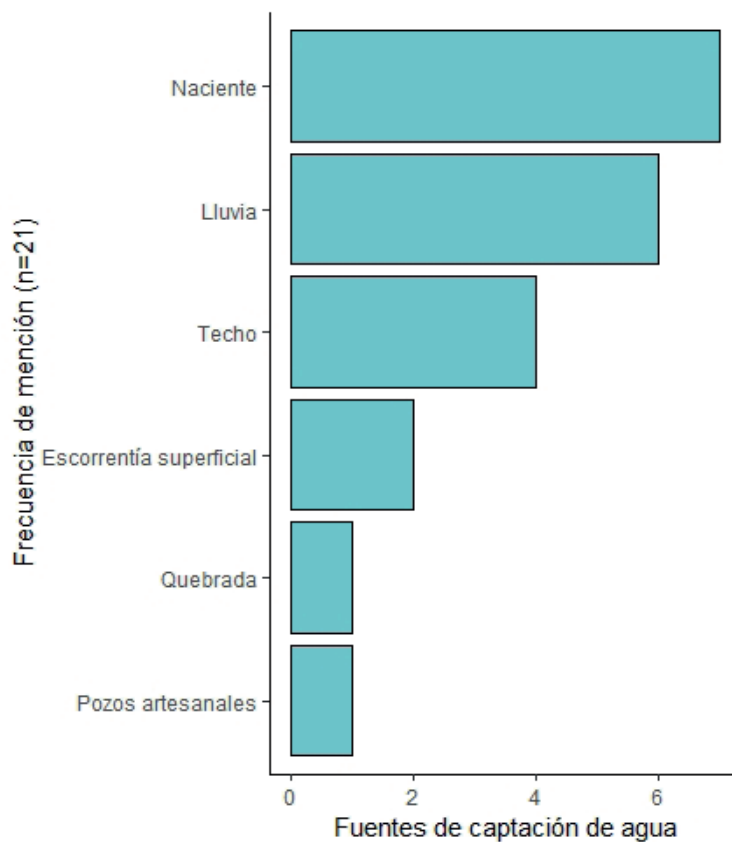
5 Para un análisis más exhaustivo de la gráfica, véase la siguiente nomenclatura elaborada por los autores. Notas: n=10 productores. NecAgua = Necesidad de agua, IncAmb =Mejorar el ambiente, IncProdCul = Incrementar producción agrícola. VeranoFL= Aridez estacional fuerte o larga. OpoMer = Oportunidad 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%

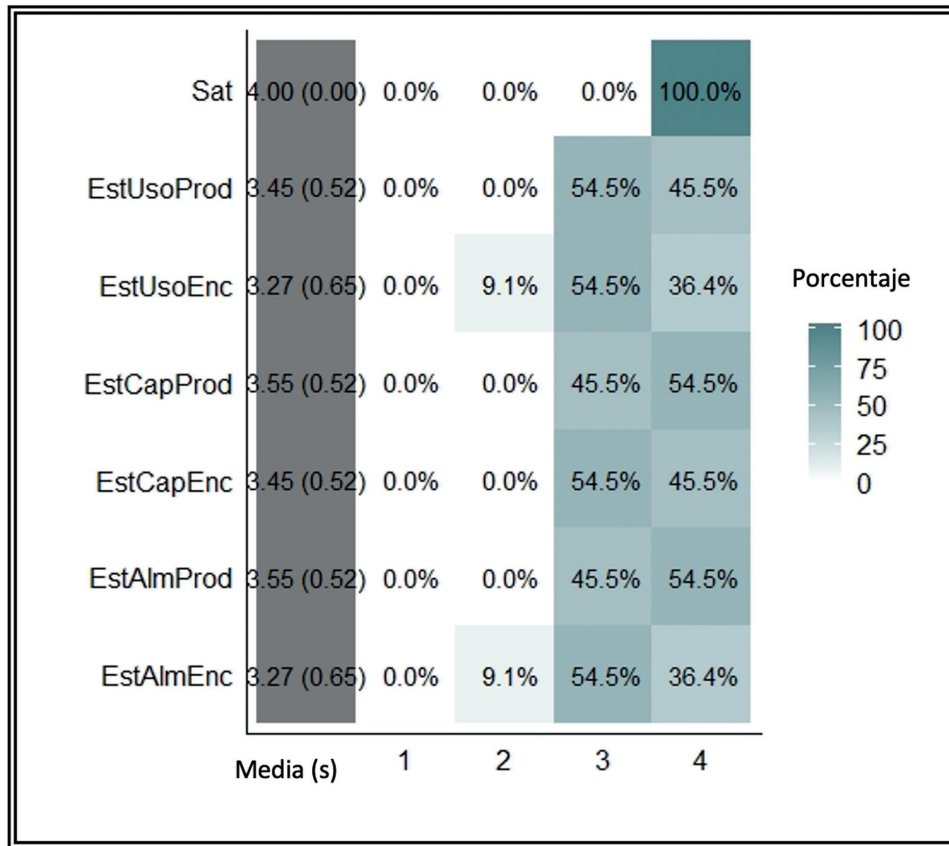
de los productores (3 de 11 productores) reportaron emplear sistemas de irrigación menos eficientes como la gravedad, y, tan solo el 18% de ellos (3 de 11 productores) utilizan el sistema de la aspersión móvil.

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%2F01676369161235>
- 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>

AGROQUÍMICOS Y OTROS PELIGROS CONTAMINANTES EN LA MICROCUENCA POTRERO- CAIMITAL, EN GUANACASTE, COSTA RICA: UN ESTUDIO CON PRODUCTORES Y POBLADORES

M.Sc. Rigoberto Rodríguez Quirós¹
Julissa Zúñiga Sánchez²
Luis Alejandro Moreno Chavarría³

-
- 1 Master en Agronegocios Internacionales, Coordinador Proyecto Gestión Integral Participativa del Agua, Académico, Sede Regional Chorotega, Universidad Nacional. rigoberto.rodriguez.quiros@una.cr
 - 2 Estudiante de Administración, asistente del Proyecto Gestión Integral Participativa del Agua, Sede Regional Chorotega, Universidad Nacional.
 - 3 Estudiante de Comercio y Negocios Internacionales, asistente del Proyecto Gestión Integral Participativa del Agua, Sede Regional Chorotega, Universidad Nacional.

Resumen

La contaminación de las aguas de consumo humano por agroquímicos y otros elementos puede producir graves efectos en la salud humana y en el ambiente. La microcuenca Potrero–Caimital en Guanacaste, Costa Rica, abastece de agua a gran parte de los cantones de Nicoya y Hojancha. Por lo tanto, es necesario contar con información referente al impacto que las prácticas productivas pueden estar generando en este ecosistema. El estudio tiene como objetivo analizar el uso de agroquímicos por parte de productores de la microcuenca, así como identificar los posibles peligros de contaminación. Para ello, se aplicó un instrumento tipo cuestionario con preguntas abiertas y cerradas, con el fin de recolectar información, en seis comunidades aledañas a la microcuenca. Paralelamente, se realizaron visitas de reconocimiento con funcionarios de la Universidad Nacional de Costa Rica y otras instituciones públicas. Los resultados indican que la utilización de agroquímicos puede significar un riesgo, ya que, en ocasiones, se preparan en zonas muy cercanas a los cauces de agua. De igual manera, hay desconocimiento en cuanto a la forma de utilización, lo que crea peligro de contaminación y de afectación a los usuarios. Se concluye que se requiere capacitación de los productores en temas como cantidades, dosis, forma de aplicación, manera de limpiar equipos y desecho de envases agroquímicos.

Palabras clave: Riesgo, cuenca hidrográfica, contaminación, agroquímicos.

Abstract

Water pollution by agrochemicals and other elements are of concern, as it can have important effects on human health and the environment. Potrero–Caimital microbasin in Guanacaste, Costa Rica, supplies water to a large part of Nicoya and Hojancha communities. Therefore, it is necessary to have information about the impact of the productive practices on its waters. This study aims to analyze agrochemical utilization by farmers of the microbasin, as well as to identify other possible contamination hazards. To this end, an instrument was applied in six surrounding communities. At the same time, field visits were made with officials from the National University of Costa Rica and other public institutions. The results indicate that agrochemical utilization can mean risk, since sometimes they are prepared near water channels. Similarly, there is lack of knowledge regarding its use, which creates a danger of contamination and affectation of users. The paper concludes that training is required by farmers on issues such as quantities, dosage, form of application, way of cleaning equipment and disposal of packaging of agrochemicals.

Key words: Risk, microbasin, contamination, agrochemical.

1. Introducción

La salud de la población es una preocupación que ocupa a pobladores, autoridades y en general a quienes viven o actúan en una región determinada. Son muchas las variables que determinan la salud e indudablemente una de ellas es la calidad del agua que se ingiere. Ante las interrogantes ¿Cómo es el agua que toman los pobladores de Nicoya y Hojancha? ¿Estarán acaso ingiriendo agroquímicos u otros contaminantes? Emerge la preocupación por la calidad de este líquido, ya que, es un tema que no debe tomarse a la ligera, pues de ello depende la salud de las personas. En la Microcuenca Potrero-Caimital, es posible observar en ciertos sectores, cómo algunos cauces de agua sirven como botaderos de basura a cielo abierto. Sin embargo, existen otros peligros, quizás sin identificar aún, que podrían estar poniendo en riesgo la salud pública.

En virtud de esto, el presente trabajo se enmarca en el proyecto Gestión Integral Participativa del Agua (GIPA), el cual, fue apoyado por los estudiantes del curso Ecología y Manejo de Humedales, quienes realizaron un estudio en la cuenca Potrero-Caimital, con el objetivo de recabar información, acerca de aspectos relacionados con el uso de agroquímicos por parte de los pobladores. La información reviste importancia, debido a que, en esta microcuenca se encuentra ubicado el acuífero del mismo nombre, el cual brinda agua a Nicoya y a Hojancha, es decir a unos 25000 pobladores.

Así las cosas, el proyecto GIPA busca determinar los posibles peligros de contaminación que amenazan la microcuenca (o sus aguas en su defecto). También, presenta un análisis en torno a la utilización de agroquímicos en las producciones agropecuarias. En particular, resulta de interés conocer las prácticas generales de los productores, sus conocimientos referentes a los procesos de manipulación de agroquímicos, la manera en que los desechan y los momentos de la aplicación, entre otros. Para la realización del estudio se trabajó en dos etapas básicas:

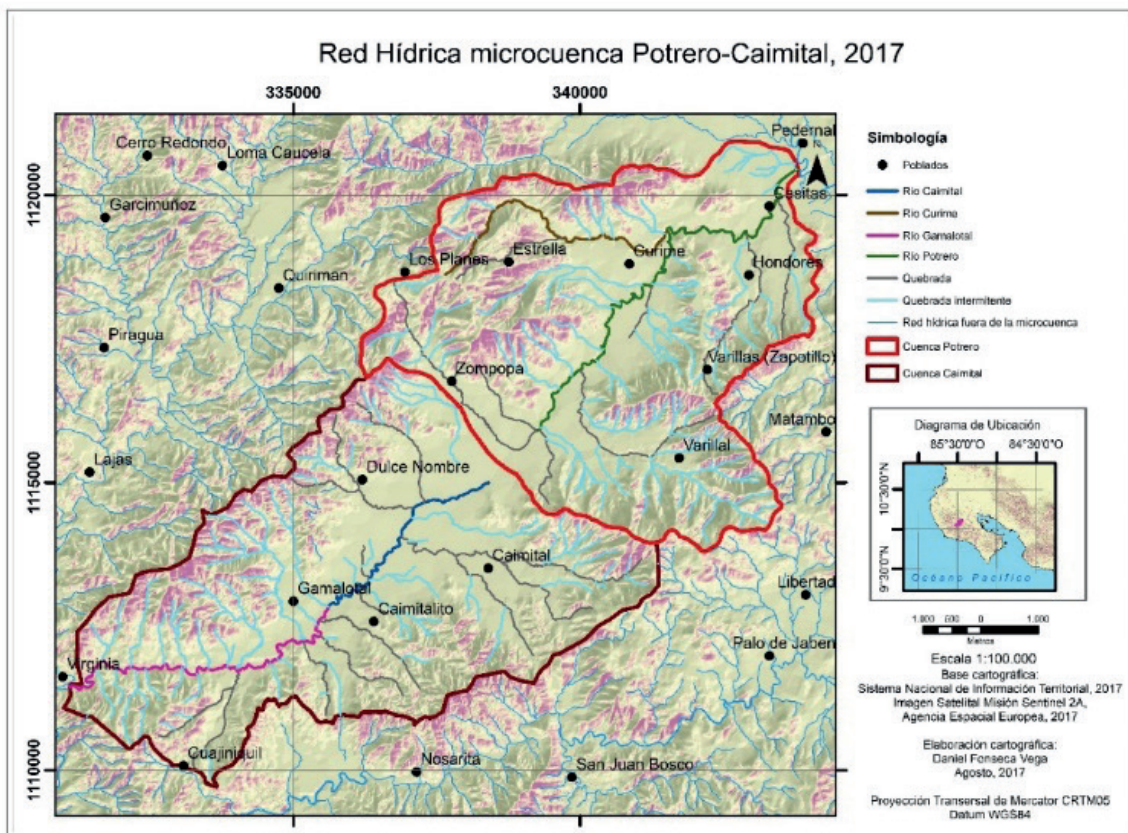
- a) Identificación de los peligros de contaminación mediante visitas a diferentes lugares de la microcuenca.
- b) Aplicación de un cuestionario a productores del área, realizado por los estudiantes del curso Ecología y Manejo de Humedales.

El análisis en cuestión pretende indagar cómo se está manejando el tema entre los pobladores del área, con el afán de brindarles información que pueda ser de utilidad para los tomadores de decisiones, por ejemplo, a la hora de instaurar programas de capacitación. Ciertamente, los resultados indican la presencia de riesgos de contaminación del agua, dado que, en las ganaderías, las caballerizas y las porquerizas, entre otros sitios se abastecen de estas fuentes. Igualmente, la utilización de agroquímicos genera preocupación; en cuyo caso, se debe alertar, ya que, existe un alto grado de desconocimiento en relación con la forma correcta de emplear estas sustancias. Sin duda, esto constituye un campo fértil de capacitación para los productores, en aras de favorecer una mayor protección de las fuentes de agua, el medio ambiente, así como, la salud pública.

2. Ubicación

La microcuenca Potrero-Caimital se encuentra ubicada en la Península de Nicoya, en los distritos de Nicoya y Belén de Nosarita del cantón de Nicoya y, en el cantón de Hojancha, provincia de Guanacaste, Costa Rica. Se localiza entre las coordenadas de proyección CRTM05 330996, 344204 E, 1109713, 1120929 N, y se puede ubicar en la Hoja Matambú y en la Hoja Cerro Brujo, escala 1:50000 del Instituto Geográfico Nacional. (Córdoba y Fonseca, 2017)

Figura 1
Ubicación de la Microcuenca Potrero-Caimital, Guanacaste, Costa Rica



Fuente: Córdoba y Fonseca (2017)

Las dimensiones de la cuenca Potrero-Caimital son de 74,29 Km² de extensión, con un perímetro de 46,67 Km. La temperatura promedio es de 26°C (Hernández, 2005). Cabe destacar que, los ríos presentes en el área de estudio están expuestos a la contaminación, no solo por actividades relacionadas con la agricultura, sino también, por otras fuentes de origen humano y animal, que ponen en riesgo, la calidad del agua para el consumo (Córdoba y Fonseca, 2017).

Así mismo, el acuífero existente en estas cuencas es de gran importancia para el desarrollo, tanto para las comunidades y las actividades económicas que se asientan en dichas cuencas, como para las ciudades de Nicoya y Hojancha, las cuales, actualmente, se abastecen de agua potable, ya sea, por medio de captaciones subterráneas (pozos) o bien superficiales (toma del río Potrero) (Córdoba y Fonseca, 2017). En relación con la cobertura de uso de suelo que predomina es bosque y pasto, principalmente. En el área central de la microcuenca se da una intensa actividad agrícola por medio del cultivo del melón y el arroz; además, según IRET (Bravo *et al.*, 2011), el suelo en la cuenca es del tipo alfisol.

2. Metodología

El trabajo requirió de varios procesos de búsqueda, recolección y análisis de información. Los conceptos teóricos se obtuvieron mediante la revisión de fuentes secundarias, tanto impresas como digitales, además, se hizo una revisión general de temas relacionados con la contaminación de aguas por agroquímicos, así como, de algunas metodologías para la medición de estos. También, se realizaron reuniones y talleres con Asociaciones Administradoras de Acueductos Rurales (Asadas), con el Comité Ambiental y con el Comité Cantonal de Coordinación Institucional de la Municipalidad de Nicoya (CCCI). En estas instancias, se abordó el tema de las actividades productivas, así como de los productos utilizados. Esto permitió iniciar con la creación de un listado de peligros que amenazan la cuenca, dentro de los cuales, está la utilización de agroquímicos, este documento aparece en la sección de revisión de literatura, puesto que, esta información ha sido incluida en un artículo publicado anterior a este.

Para corroborar o validar los peligros identificados en la etapa previa, se realizaron visitas de campo, con el objetivo de reconocer el área de estudio. En estas inspecciones se observaron y registraron los posibles riesgos de contaminación de las aguas. Para ello, se contó con la participación de funcionarios de diferentes instituciones estatales como: el Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC), Acueductos y Alcantarillados (AyA) y la Universidad Nacional de Costa Rica (UNA). Posteriormente, en una etapa diseñada específicamente para el tratamiento del tema de los agroquímicos, se recolectó información primaria, utilizando un instrumento previamente diseñado en forma conjunta, entre la academia y el personal del Servicio Fitosanitario del Estado.

En este instrumento se incluyeron preguntas abiertas y cerradas, relacionadas con el tamaño de la finca, el uso de agroquímicos, la utilización de registros y la capacitación, entre otros aspectos. Esta encuesta fue aplicada por los estudiantes del curso Manejo y Ecología de Humedales del Campus Nicoya de la Universidad Nacional, durante el primer semestre del 2018. En este caso, se hicieron subgrupos de estudiantes, quienes se distribuyeron en seis comunidades de la microcuenca, a saber: Caimital, Curime, Gamalotal, La Zompopa, Dulce Nombre y Los Hondores. Ahora, debido a que no se contaba con una lista de la población total del área en estudio, su aplicación se estableció mediante el encuentro al azar con los pobladores, a quienes se les preguntaba, inicialmente, si contaban o no con algún terreno donde cultivar y, a partir de ahí, se les solicitaba responder las preguntas de la encuesta. Así las cosas, en cada comunidad se aplicaron 12 instrumentos, para un total de 72 en toda la

microcuenca. En total, se obtuvieron 60 cuestionarios válidos, y, posteriormente, se procedió con la tabulación de la información y el análisis de los resultados. En este particular, cabe mencionar que los resultados son cuantitativos no probabilísticos.

3. Revisión de literatura

Es extendida la preocupación por la contaminación de las aguas subterráneas y superficiales. Actualmente, ha proliferado la utilización de un abanico de productos que, una vez utilizados, generan gran cantidad de desechos. Así, se pueden mencionar residuos sólidos (vidrio, plástico, cartón, entre otros) y líquidos (aguas grises, negras, de escorrentía). Sin embargo, una de las sustancias que causa más preocupación, por sus efectos ambientales y en la salud de las personas, es la contaminación por residuos químicos, particularmente, aquellos provenientes de la utilización de agroquímicos o plaguicidas en la producción agropecuaria; tal y como lo sugiere, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura:

[...]cualquier sustancia o mezcla de sustancias destinadas a prevenir, destruir o controlar cualquier plaga, incluyendo los vectores de enfermedades humanas o de los animales, las especies no deseadas de plantas o animales que causan perjuicio o que interfieren de cualquier otra forma en la producción, elaboración, almacenamiento, transporte o comercialización de alimentos, productos agrícolas, madera y productos de madera o alimentos para animales, o que pueden administrarse a los animales para combatir insectos, arácnidos u otras plagas en o sobre sus cuerpos[...]. (FAO,1990, p.7)

Cabe destacar que, desde la revolución verde y hasta la actualidad, las formas de producción intensivas en agroquímicos han proliferado y, se ha multiplicado la llegada de estos residuos a los cauces de agua y a las aguas subterráneas. Esto se agrava, debido a que, en muchas ocasiones, los campos de cultivos y actividades pecuarias se ubican en zonas costeras, en las vegas de ríos o en áreas cercanas a estos (Orta, 2002). En este particular, de acuerdo con Romedi, Nassetta, y Córpora (2011): “La contaminación del agua por plaguicidas se produce, al ser arrastrados por el agua de los campos de cultivos hasta los ríos y mares, donde se introducen en la cadena alimenticia” (p.1). Algo similar indican Fournier *et al.* (2010), cuando afirman que: “Los residuos de plaguicidas pueden infiltrarse al suelo contaminando el agua subterránea, así como, al transportarse por la escorrentía hacia las aguas superficiales” (p. 3).

Indudablemente, esta situación conlleva peligros para todo tipo de vida (animal, vegetal, humana) (PNUMA, 2016; Cardona, 2003). Solo a manera de ejemplo, según Mariño (2000), se estima que entre seis y cuatro millones de peces mueren al año, por causa de los plaguicidas. Estos residuos, transportados hasta diferentes lugares, pueden además entrar en contacto con otros organismos, como es el caso de los humanos (Rujana, Andisco y Vázquez, s.f.). En esta misma línea de pensamiento Dierksmeier (citado en Orta, 2002) sostiene que: “Los abusos y usos indebidos de los productos químicos agrícolas continúan siendo un grave problema en numerosos países, sobre todo de América Latina, Asia y Europa oriental” (p. 59).

En el caso de algunos países de Latinoamérica, Benítez y Miranda (2013) señalan aumentos en la contaminación de fuentes de agua, a partir de la implantación de cultivos intensivos en agroquímicos, como es el caso de las flores. En ese estudio, se incluye a Costa Rica como uno de los países que evidencian este problema; ahora bien, según el Programa Estado de la Nación (2007), se muestra que, dentro de los potenciales impactos ambientales del sector agropecuario, se destaca la bioacumulación de insecticidas por efecto de agroquímicos, la sedimentación y la contaminación de los cauces naturales por aguas residuales y fungicidas.

Además de la fuente de contaminación propia de los químicos, los envases en que estos son distribuidos significan también un peligro. En muchas ocasiones, su disposición final no es la apropiada. De ahí que, se hayan desarrollado protocolos internacionales para desecharlos, en un intento de aumentar la seguridad para los humanos y la protección del ambiente. Por ejemplo, Allevato y Pórfido (2002) mencionan medidas específicas previas a la eliminación de los envases, como el triple lavado y el manejo después de la aplicación mediante varias perforaciones en el fondo, así como, llevarlos a un sitio elegido como depósito. Justamente, estos investigadores presentan todo un portafolio de medidas referentes a la eliminación de envases, que incluye reciclado, reutilización térmica o energética, incineración y eliminación, entre otros. Sin embargo, estas prácticas aún no están muy diseminadas ni han sido adoptadas en zonas rurales.

En el caso de Costa Rica, los programas de manejo de agroquímicos y sus envases, iniciaron en el 2002 y, aunque se ha avanzado en su implementación, aún hay bastante camino por recorrer. Fournier *et al.* (2010), en un estudio para la microcuenca de las quebradas Plantón y Pacayas en Cartago, Costa Rica, mencionan que el 80% de los desechos no recibe un manejo apropiado, y, que la mitad de los envases plásticos de plaguicidas son quemados; también, concluyen que es recomendable darle seguimiento al tema del manejo de desechos químicos, así como al de los envases, posterior a su uso.

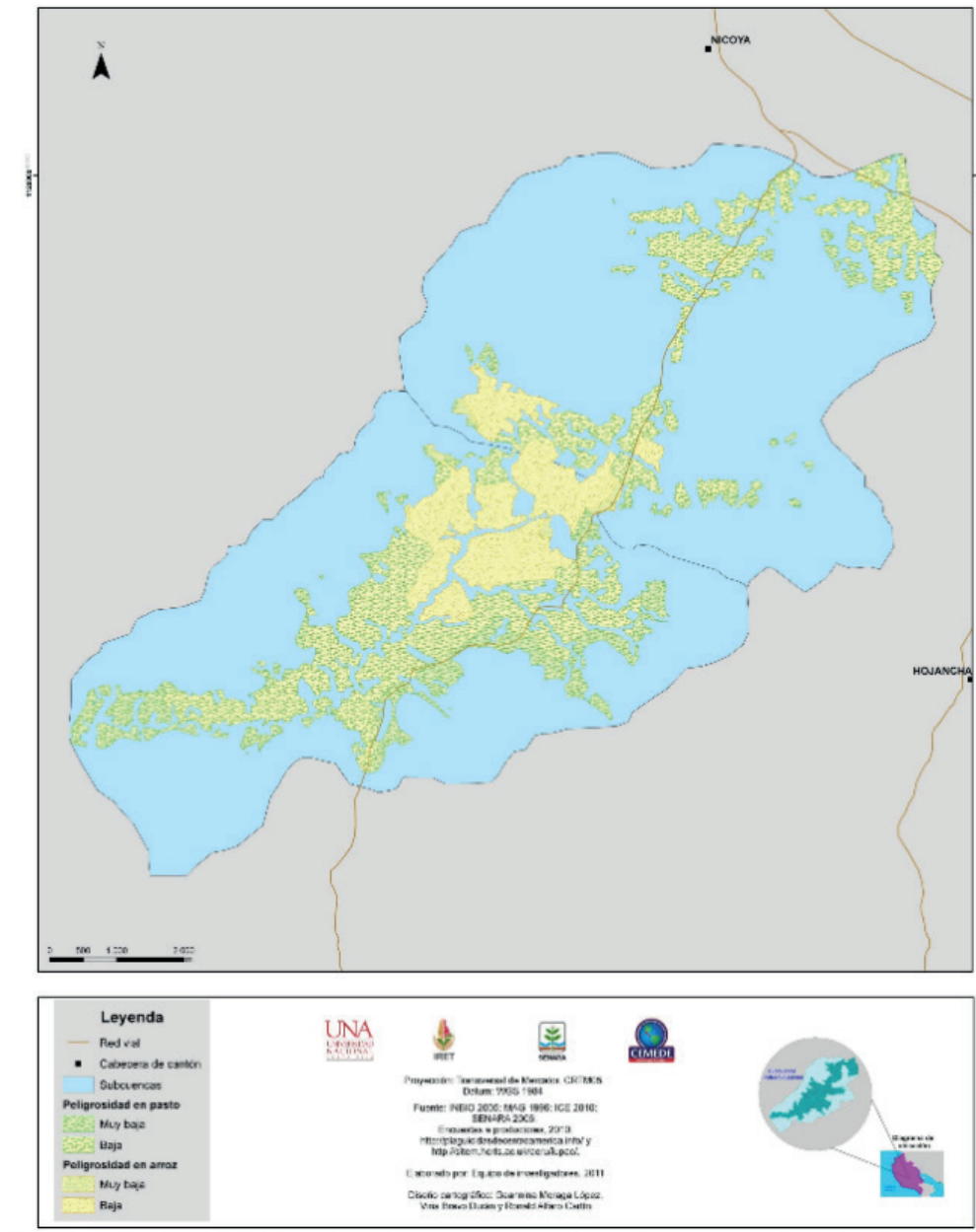
Los cauces de agua son en general vulnerables a la contaminación por residuos, puesto que es el camino natural de líquidos y sólidos disueltos. De acuerdo con Paravani *et al.* (2016), la contaminación de aguas por químicos es alimentada por dos fuentes principales: un aporte difuso debido al escurrimiento o lixiviación de agroquímicos, y otra, es causada por las malas prácticas agrícolas, como el lavado inapropiado de equipos. En relación con, este particular, Fournier *et al.* (2010) señalan que: “Los procesos de contaminación de las aguas son: (i) de manera directa por la entrada de desechos y aguas servidas o (ii) por la escorrentía, mediante la erosión de los suelos, el lavado de fertilizantes y el arrastre de plaguicidas” (p. 10).

Los estudios de análisis de aguas para determinar la presencia de contaminantes son abundantes, debido a la naturaleza indispensable del líquido para la vida, de ahí que, los proyectos más importantes son aquellos, cuyas metodologías sean similares a las utilizadas en este trabajo. En tal caso, y desde el punto de vista metodológico, la presente investigación coincide con un estudio de la Organización Panamericana de la Salud (2012) realizado en Perú, el cual, buscaba determinar las fuentes de contaminación en aguas de consumo humano en una microcuenca. La metodología de este proyecto implicó realizar reconocimientos de campo con diversos actores, análisis de muestras de agua en diversos puntos y el planteamiento de un plan de monitoreo para protección de las aguas.

En este particular, Bollatti (citado en Di Risio y Bollatti, 2013), a partir de un análisis de metodología mediante un estudio de caso, tipificó, ubicó y determinó la calidad de las fuentes de agua de abastecimiento, localizando espacialmente las posibles fuentes de contaminación (industrias, depósitos de residuos urbanos, transformadores eléctricos). Como parte de su trabajo, se realizaron entrevistas a pobladores de la comunidad, con el fin, de encontrar respuestas concretas respecto a la problemática. Dentro de sus conclusiones señaló que los distintos enfoques metodológicos deben ser complementarios, debido a que el compuesto social es un sistema de relaciones que no se pueden mirar por separado, sino de manera integral.

Como parte del abordaje metodológico para analizar el riesgo de contaminación por plaguicidas y fertilizantes, Morales (2013) realizó un análisis de información secundaria y primaria, con entrevistas a productores, acerca de temas como los tipos de agroquímicos utilizados y los períodos de aplicación, entre otros. Cabe resaltar que, el estudio se realizó en la cuenca del Tempisque, particularmente en la subcuenca del río San Blas, en cuyos alrededores existen plantaciones de melón y arroz, los cuales también se cultivan en la microcuenca Potrero-Caimital. Por su parte, Bravo *et al.* (2011), en su estudio referente a los peligros de contaminación, señalan que, para la microcuenca Potrero-Caimital, los resultados indican que “en arroz y pastos, la categoría de peligrosidad que predomina es baja y se distribuye de manera uniforme sobre el acuífero, pero con mayor intensidad en el centro de este” (p.28). Esta información se refleja en el siguiente mapa.

Figura 2
 Peligrosidad de aguas subterráneas a contaminación por el uso
 De 2,4-D en arroz y pasto, Sub Cuenca Potrero-Caimital, Nicoya, Guanacaste



Fuente: Bravo *et al.* (2011)

Si bien el mapa hace referencia al área cultivada de pasto y arroz, que son actividades comunes en la microcuenca, es importante reconocer que, sobre la ubicación propia del acuífero, se da la producción de arroz en invierno y de melón en verano. Considerando que ambos cultivos se realizan utilizando un paquete tecnológico intensivo en agroquímicos, es factible concluir que el peligro de contaminación de aguas subterráneas y superficiales es latente. Además del tema de la utilización de agroquímicos, Rodríguez y Córdoba (2018) señalan algunos peligros identificados para la Microcuenca Potrero-Caimital, relacionados con algunas actividades productivas.

Cuadro 1
Uso del suelo en la Microcuenca Potrero-Caimital
y peligros relacionados identificados

Uso del suelo	Peligros relacionados
Bosque	El monocultivo demanda mucha agua y además reduce la biodiversidad presente.
Agrícola	Paquetes tecnológicos pesados, particularmente en melón y arroz. Actividades muy cerca o sobre el acuífero.
Pasto	Algunas actividades ubicadas cerca de cursos de agua, donde los desechos van a dar al cauce.
Pasto con árboles	Algunas actividades ubicadas cerca de cursos de agua, donde los desechos van a dar al cauce.
Urbano	Desecho de aguas grises en cursos de agua. Extracción de agua de pozos ilegales.

Fuente: elaboración propia, adaptado de Rodríguez y Córdoba (2018).

De acuerdo con la información suministrada en el cuadro anterior, se puede inferir que los principales peligros de contaminación provienen de las actividades agrícolas (incluyendo pastos), y de la actividad humana, particularmente, los desechos provenientes de las viviendas, como las aguas grises que se depositan en los cursos de agua.

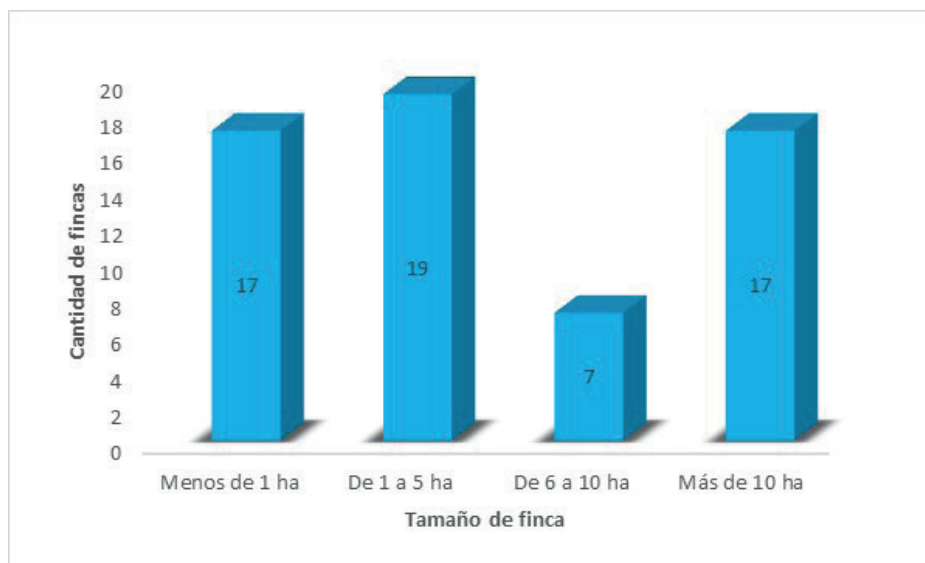
5. Desarrollo

Los resultados de los cuestionarios aplicados en seis comunidades muestran respuestas diversas, aunque en muchos casos coincidentes. En este particular, vale mencionar la apreciación de los encuestadores, quienes afirman que los encuestados fueron muy amables, pero, mostraron cierta desconfianza. En algunos casos, incluso hasta manifestaron sentirse molestos, luego de haber participado en procesos similares, en los cuales al final no se resolvió nada al respecto.

5.1. Caracterización de las propiedades y las actividades productivas

Al inicio del cuestionario se pregunta al encuestado, cuál es el tamaño de la finca. Para efectos de esta investigación, se definieron cuatro tamaños de finca, a partir de los siguientes parámetros: Pequeñas (menos de una hectárea), medianas (de una a cinco hectáreas), grandes (de seis a 10 hectáreas), y muy grandes (más de 10 hectáreas). En este caso, la mayoría de las fincas tienen por lo general un área total de una a cinco hectáreas aproximadamente, lo que significa que gran parte de las fincas de esta zona son medianas. También, se registran fincas pequeñas y grandes, sin embargo, la tendencia más generalizada son fincas de tamaño pequeñas y medianas, debido a que superan en un 20%, a las fincas de medidas grandes y muy grandes. Sin embargo, de acuerdo con la escala utilizada, se registraron al menos cinco fincas en todas las categorías (Pequeñas-Medianas-Grandes-Muy grandes).

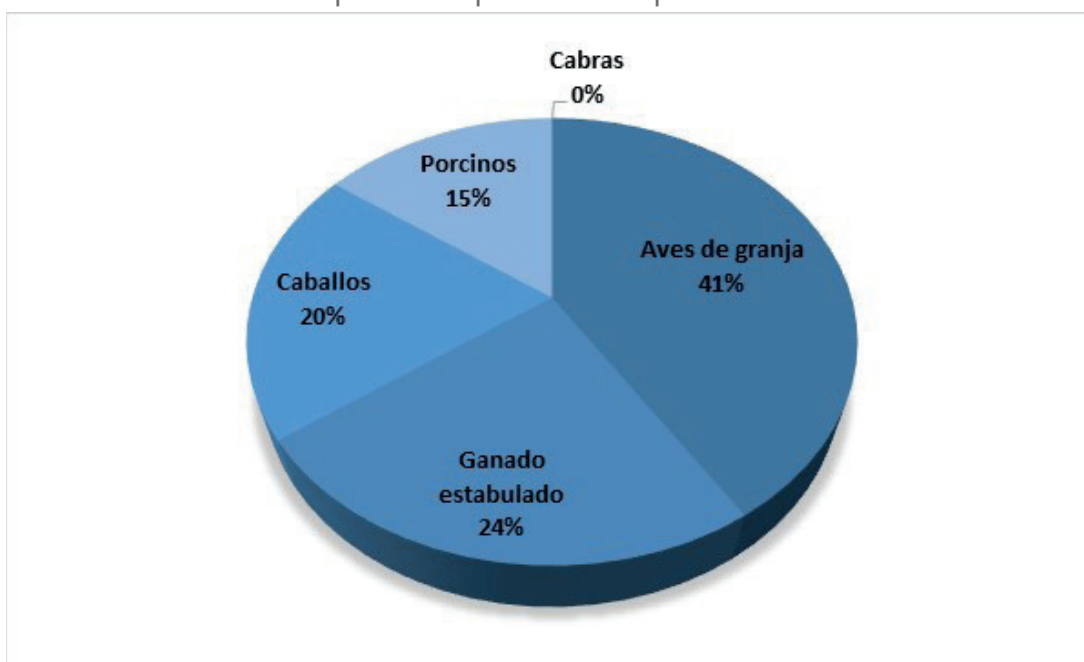
Figura 3
Área total de la finca



Fuente: Elaboración propia

El rango de hectáreas que es más poco común en la zona es de seis a diez hectáreas, donde únicamente siete de los sesenta encuestados tienen propiedades de esta longitud. Las fincas grandes o muy grandes, normalmente, están dedicadas a la ganadería extensiva, la cual es una actividad de suma relevancia en la provincia de Guanacaste. Quienes tienen terrenos pequeños (menos de una hectárea), poseen actividades productivas como la tenencia de aves de corral, porquerizas y, en algunos casos, la siembra de hortalizas, principalmente. El tipo de actividad que desarrollan los pobladores en el área es relevante puesto que, a partir de ahí, es factible hacer alguna inferencia relacionada con la posible afectación al recurso hídrico. Existen en general algunas actividades que, por su forma de ejecución y la tecnología utilizada, pudiera presentar peligros de contaminación.

Figura 4
Tipos de explotaciones pecuarias



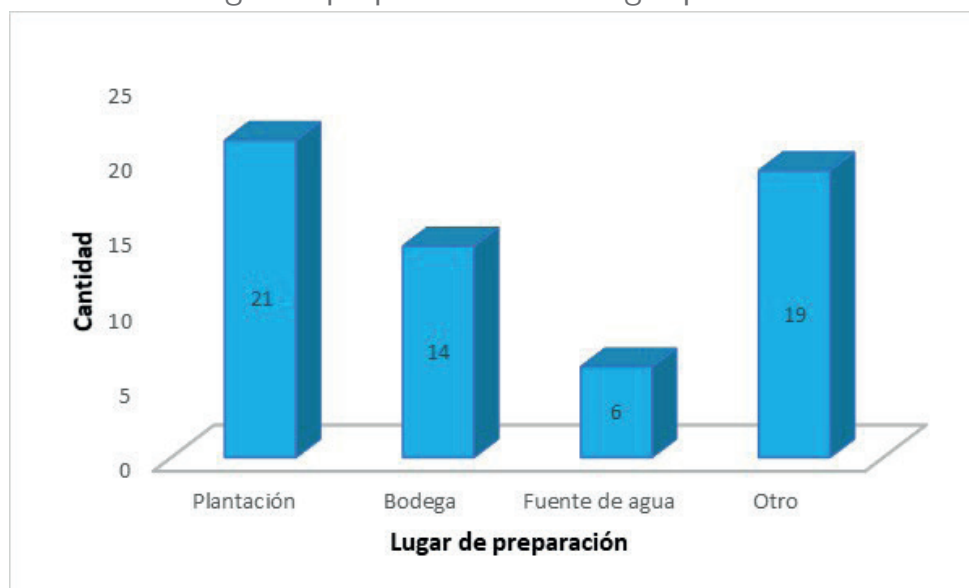
Fuente: elaboración propia.

Es común encontrar aves de granja y ganado estabulado, seguido de caballos y los porcinos, véase que, en un 41% de las fincas se reporta la tenencia de aves de granja, actividad muy común en Guanacaste. También, reviste importancia, el ganado estabulado (24%), los equinos (20%) y los cerdos (15%). Estos últimos tres, por su forma de explotación, puede implicar cierta contaminación en las aguas, debido a que, en reiteradas ocasiones, cuando se lavan las instalaciones, los desechos van a dar a los cauces de agua sin ningún tratamiento previo.

5.2. Uso y control de plaguicidas

La manera en que los propietarios y encargados de las fincas manipulan y controlan los plaguicidas que emplean es de sumo interés, pues de eso depende en mucho la seguridad de los trabajadores, sus familias y las fuentes de agua. En algunas ocasiones, estos preparativos se realizan con conocimientos empíricos, y en otras, con conocimientos técnicos. En general, esto brinda referencias fundamentales que servirán para evidenciar la situación que acontece en la microcuenca. Un punto importante es el lugar de preparación de estas sustancias peligrosas, las cuales necesitan de un cuidado particular a la hora de su utilización. Refiriéndose a las fuentes de contaminación, Orta (2002) señala que: “muchos agricultores indebidamente lavan los contenedores y otros medios que utilizan en la aplicación de los plaguicidas en lagos, presas o ríos cercanos” (p.58). Véase que la Figura 5 muestra los números absolutos de los lugares de preparación por parte de los entrevistados.

Figura 5
Lugar de preparación de los agroquímicos

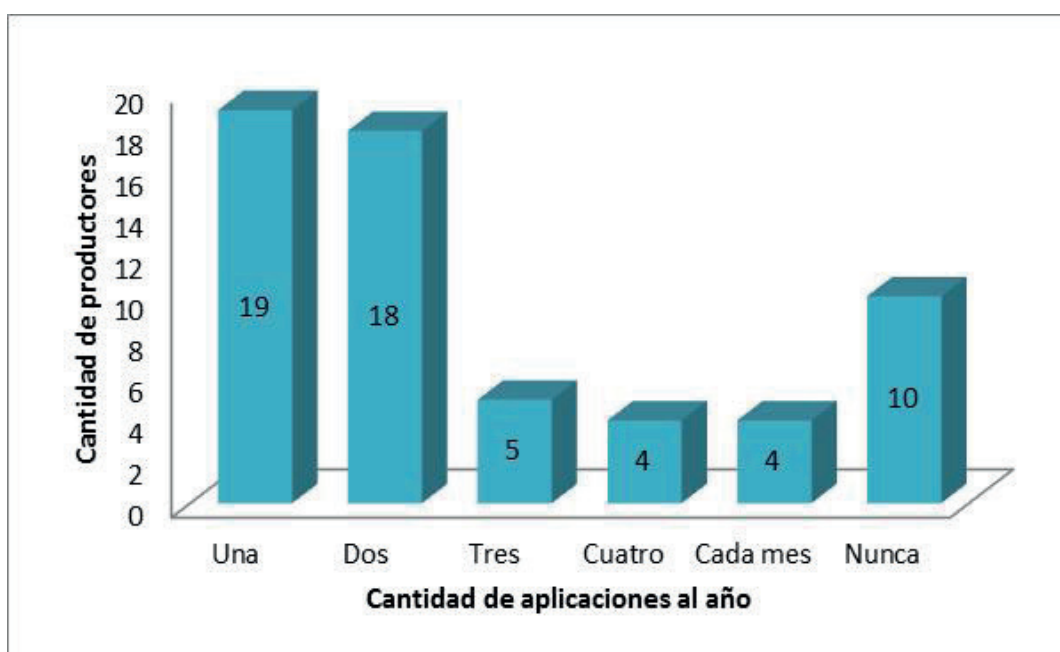


Fuente: elaboración propia.

La información suministrada en la figura 5. muestra que el 35% (21 personas) de los encuestados, preparan los agroquímicos directamente en las plantaciones, mientras que, la preparación en bodega es llevada a cabo por un 23%. Por su parte, preocupa que un 10% prepara los productos cerca o directamente sobre una fuente de agua. Si bien la cifra puede parecer pequeña, reviste importancia, debido a que, los productos utilizados, según lo evidenciado en el trabajo de Bravo *et al.* (2011), pueden ser tóxicos y residuales. Cabe destacar que, existe una cantidad de encuestados (16,7%) que no están haciendo uso de agroquímicos, por lo que

no contestaron a esta pregunta. Estos casos, se dan principalmente en aquellas propiedades pequeñas, tal como se observa en la figura 5 que contempla esta cifra en la categoría “Otro”. En relación con la siguiente figura, esta representa la cantidad de aplicaciones de sustancias al año, según cada productor; de manera que, el 31,6% realiza solo una aplicación al año, un 30% realiza dos, y un 15% realiza entre tres y cuatro aplicaciones, mientras que un 16,7% no realiza aplicaciones.

Figura 6
Cantidad de aplicaciones al año



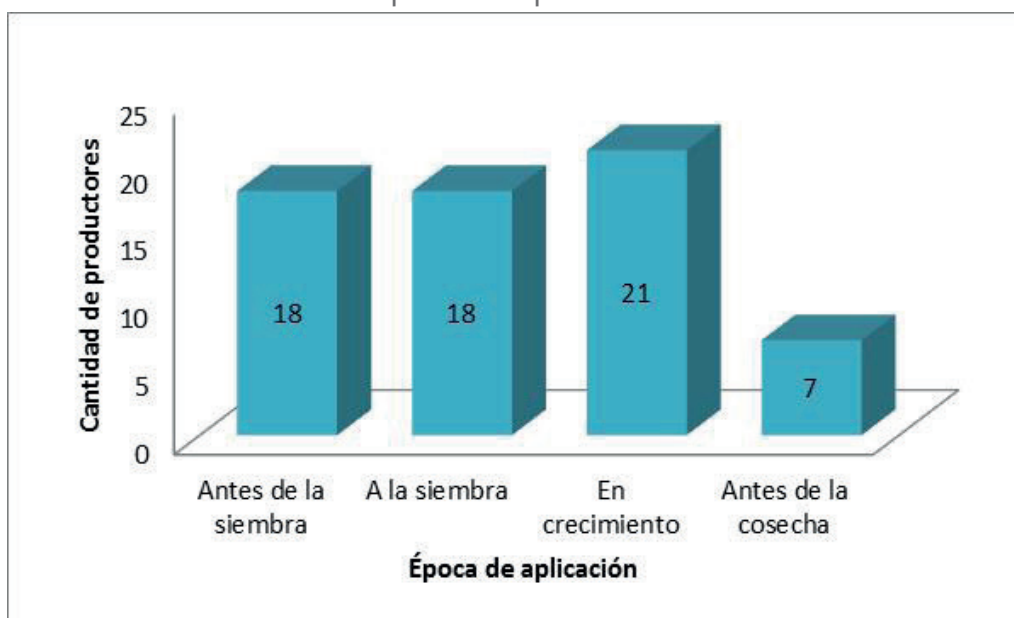
Fuente: elaboración propia.

Cabe mencionar que, las dosis de preparación según el cultivo y la época del año, no forman parte de este estudio. Sin embargo, pueden brindar información relevante respecto a la cantidad de agroquímicos (ingrediente activo) que se utiliza, razón por la cual, sería recomendable tratar este tema con mayor profundidad en otro estudio. Ahora bien, la cantidad de aplicaciones está directamente relacionada con las épocas del año en que se aplican los productos, y con el tipo de actividad que se lleve a cabo. Las etapas incluidas como posibles respuestas son: a) Antes de la siembra, b) A la siembra, c) En crecimiento, d) Antes de la cosecha.

Según la información suministrada por los encuestados, las aplicaciones se realizan principalmente en etapas tempranas de la actividad, y en forma más reducida, en momentos cercanos a la cosecha. Nótese que, treinta y seis encuestados (60%) aplican antes de la siembra o, al momento de la siembra y, un 35% en etapas de crecimiento, mientras que un

11,7% antes de la cosecha (la sumatoria de los porcentajes es mayor a 100 debido a que, en algunos casos, un productor refirió utilizar agroquímicos en más de una de las opciones, por ejemplo, a la siembra y antes de la cosecha). Estos datos se ilustran a continuación.

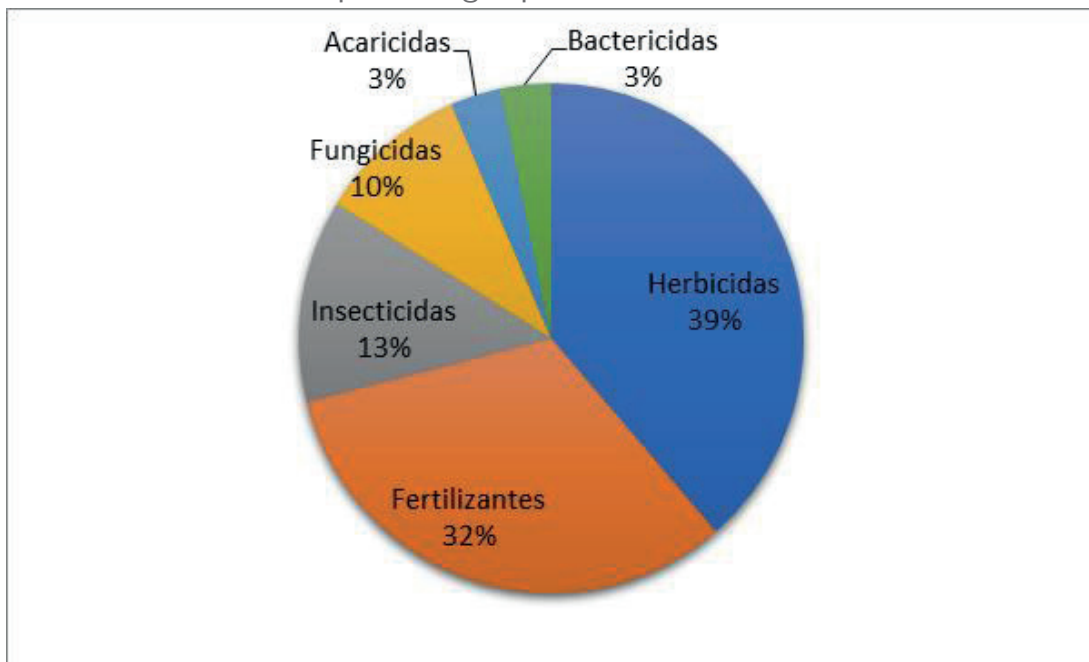
Figura 7
Época de aplicación



Fuente: elaboración propia.

Con referencia al uso de herbicidas, casi el 40% de los productores lo utiliza; esto se debe, a que su uso responde a aplicaciones que se realizan en cultivos como el arroz, el melón, los pastos y algunas hortalizas. El porcentaje es importante, y sería recomendable ahondar en el tipo específico de herbicida, para conocer más acerca de su acción biocida, la remanencia en el suelo y el agua. Estos tópicos no fueron parte del alcance de este estudio.

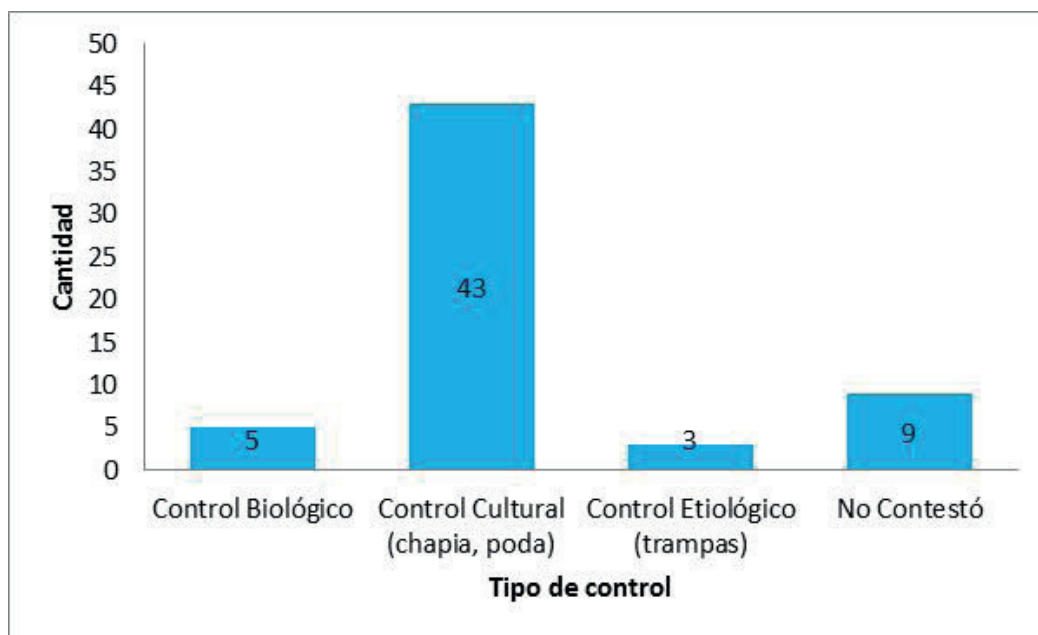
Figura 8
Tipos de agroquímicos utilizados



Fuente: elaboración propia.

Ciertamente, hay que destacar el hecho de que un 32% de los encuestados utiliza algún tipo de fertilizante. En tal caso, el uso de fungicidas e insecticidas significan un 23% entre ambos, mientras que el uso de acaricidas y bactericidas es limitado (6%). Como complemento o alternativa al uso de agroquímicos, se preguntó respecto a las prácticas culturales que realizan los productores. Entre estos, y particularmente aquellos que utilizan poco o ninguna dosis de agroquímicos, se realizan prácticas culturales diversas. El mantenimiento de cultivo por medio de chapas, podas y zanjeo representa un 72%. Por su parte, controles menos comunes son el biológico y el etiológico, que entre ambos representan un 13%. La siguiente figura presenta los datos en números absolutos.

Figura 9
Tipos de control utilizados



Fuente: elaboración propia.

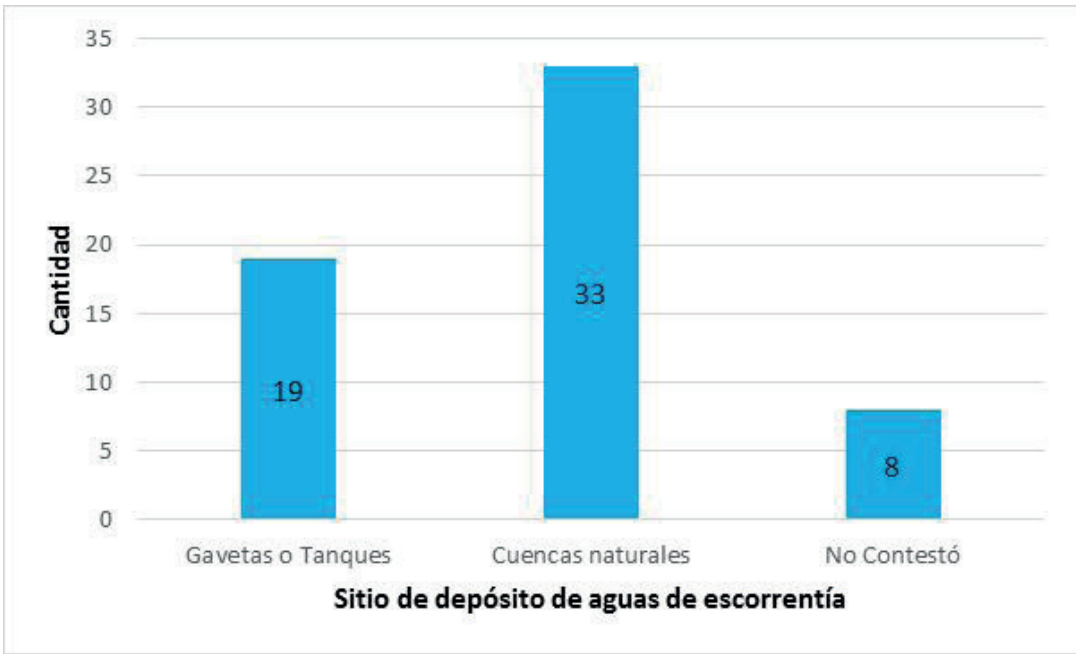
Considerando la importancia de la protección ambiental, particularmente de las fuentes de agua, y específicamente de aquellas que se utilizan para el consumo humano, se cree conveniente promover capacitaciones a los productores referente a la utilización de medidas alternativas al uso de agroquímicos. Por ejemplo, se puede ampliar el espectro de uso de controles culturales, como el biológico y el uso de trampas para insectos. Esto puede ayudar considerablemente en la disminución de la cantidad de agroquímicos que se utilizan, de hecho, el tema de la capacitación respecto al uso correcto de agroquímicos, está directamente relacionado con la seguridad del productor, de las familias y de la población en general; ya que, el mal uso de estas sustancias puede desembocar en la contaminación de fuentes de agua, lo que posteriormente podría implicar algún tipo de intoxicación entre los pobladores.

Sólo un 28% de los entrevistados dice haber recibido algún tipo de capacitación relacionada con el uso de agroquímicos. El restante 72% no la ha recibido, y lo hacen de forma empírica. Sin duda, este es un aspecto preocupante, pues, la utilización de agroquímicos en hogares y fincas debe ser cauteloso; por eso, se requiere de conocimiento técnico básico en este tema, a fin de evitar, que las personas que los utilicen tengan accidentes directos, además, de la contaminación que genera en las fuentes de aguas superficiales y subterráneas. Una variable relacionada con lo anterior, es utilizar registros de aplicación de productos en todas las actividades agropecuarias (y en general de todas las actividades de la economía), ya que, difícilmente tiene argumentos en contra. Sin embargo, el manejo de estos instrumentos no es algo muy generalizado en algunas comunidades nacionales, quizás debido a la falta de conocimiento de cómo hacerlo.

Indudablemente, llevar registros permite tener un orden adecuado que puede significar la diferencia entre una actividad exitosa en términos económicos. El caso de los registros por uso de agroquímicos va más allá de una cuestión económica, ya que puede tener incidencia directa en la salud pública. En ese sentido, el uso de registros entre los pobladores de la cuenca Potrero-Caimital es un elemento que requiere atención. Nótese que, solamente el 22% dice llevar algún registro de lo que han utilizado, mientras que el 78% (39 de los 50 entrevistados que sí utilizan agroquímicos), revelan que nunca han recibido una capacitación de cómo utilizar estos productos. Dentro de las respuestas, se indica que lo hacen según lo que les han contado (familiares, amigos), pero que no obedece a capacitaciones formales.

También, reviste importancia, el manejo de las aguas de escorrentía en producciones agropecuarias, puesto que, el mal uso de estas puede provocar problemas de contaminación. Alrededor de un 32% de los encuestados utiliza gavetas o tanques diseñados para tal fin, mientras que un 55% deposita las aguas en cuencas naturales. Esto implica que, si esas aguas transportan algún tipo de contaminante, al final llegarán a los cauces de agua de la microcuenca. La siguiente figura muestra con números absolutos esta situación.

Figura 11
Sitio de depósito de aguas de escorrentía



Fuente: elaboración propia.

6. Conclusiones

La revisión de la literatura revela que existe una peligrosidad baja de contaminación de las aguas subterráneas y superficiales debido a los cultivos de arroz y pastos en la microcuenca Potrero Caimital (Bravo *et al.*, 2011). Sin embargo, en la microcuenca existe predominancia de explotaciones de aves de corral, aunque también son de importancia el ganado estabulado, los equinos y los cerdos; y, debido a que, es común destinar los desechos de estas actividades a las aguas de escorrentía, estas se convierten en otro peligro más de contaminación de las aguas. Por lo tanto, la preparación de agroquímicos debe ser motivo de atención, ya que, un porcentaje considerable (35%) lo hacen directamente en las plantaciones, no obstante, es preocupante que un 10% lo realizan directamente sobre una fuente de agua. Esto es causa directa de contaminación y, por ende, de afectación al ambiente y a la salud de los pobladores.

La forma de preparación de agroquímicos está relacionada con el conocimiento que se tenga referente al tema. En este particular, preocupa que un 72% de los entrevistados que utilizan agroquímicos no han recibido ninguna capacitación. Esto se convierte en un espacio fértil de trabajo para las agencias de extensión, mediante la implementación de programas dirigidos a mejorar los conocimientos en preparación de pesticidas. En este caso, Benítez y Miranda (2013), concuerdan con este planteamiento al manifestar que: “Es evidente la carencia de un asesoramiento técnico de alto nivel, que tome en cuenta tanto las necesidades del agricultor como el impacto que ocasionan los plaguicidas en la salud pública y el ambiente” (p.20); y, aunque esta afirmación hace referencia a algunos países de Latinoamérica, Costa Rica no es una excepción.

También, es necesario brindar capacitación a los productores referente a la importancia y a la forma de llevar registros agropecuarios, particularmente del uso de agroquímicos. Este tema es una debilidad entre los productores, pues, un alto porcentaje (78%) de quienes utilizan agroquímicos no llevan registros. Además, los agroquímicos más utilizados en la microcuenca son los herbicidas, ya que, un 40% de los productores dice utilizarlos; de manera que, su peligrosidad y lo residual de los ingredientes activos que los componen, así como, la forma en que los preparan son un peligro inminente de contaminación para los cursos de agua. En relación con el uso de los fertilizantes que, si bien son menos contaminantes que los herbicidas, estos no dejan de ser importantes, ya que, también contienen sustancias nocivas que pueden incrementar el peligro.

Relacionado con lo anterior, es recomendable promover la utilización de medidas alternativas de control de plagas, hierbas competidoras y otros elementos en las producciones, con el fin de lograr una reducción en la utilización de agroquímicos. Por ejemplo, se pueden impulsar controles biológicos y etiológicos, los cuales no son muy difundidos entre los productores. Consecuentemente, con los resultados de este estudio, no se puede concluir que las aguas de la cuenca estén siendo contaminadas por agroquímicos u otros desechos sólidos y líquidos. No obstante, sí es posible indicar que existe peligro de contaminación, debido a la manera de cómo los productores manejan los productos y los sistemas productivos, como, por ejemplo, los porcinos y los equinos.

Así mismo, y aunque no constituye un resultado directo del estudio, es posible concluir que se requiere un proceso de educación continua entre los pobladores aledaños a la microcuenca en términos de la utilización apropiada y mesurada de los productos químicos, la cual contemple, la escogencia del producto según el cultivo, la dosis, el manejo adecuado, así como el uso de registros y desecho de envases. En este particular, Benítez y Miranda (2013) afirman que: “El problema de la contaminación de los recursos hídricos requiere de particular atención en los países en desarrollo” (p. 9). Esto implica realizar un trabajo continuo con los productores en temas de capacitación, además de involucrarlos en procesos de mantenimiento y conservación del ambiente, así como, en agrupaciones locales como ASADAS y Comités de Desarrollo, donde se sientan parte integrante y activa, y con ello se desarrollen sinergias de trabajo conjunto.

Para concluir, cabe destacar que, particularmente, en este estudio la participación de estudiantes fue de gran relevancia, al demostrar que el trabajo académico se fortalece con la inclusión de estudiantes. Al mismo tiempo, se consolida la formación de éstos mediante la asignación de tareas específicas, por medio del trabajo de campo y el contacto con las personas.

Agradecimientos

Un especial agradecimiento a los estudiantes del grupo Ecología y Manejo de Humedales (Grupo 79, NRC 42912; I Ciclo, 2018), quienes se identificaron con la temática de estudio e hicieron el trabajo de campo (aplicación de instrumento) que arrojaron los datos para este estudio.

7. Referencias bibliográficas

- Allevato, H. y Pórfido, D. (2002). *Manejo Ambiental de Envases Residuales de Agroquímicos. Revisión y análisis de las acciones y experiencias, en cinco aspectos claves, que se llevan a cabo en los países integrantes de la REPAMAR*. Buenos Aires: Red Argentina de Manejo Ambiental de Residuos.
- Benítez, P. y Miranda, L. (2013). Contaminación de aguas superficiales por residuos de plaguicidas en Venezuela y otros países de Latinoamérica. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 29, 7-23.
- Bollatti M. B. (2007). *Gestión del agua para prevenir problemas de salud estudio del caso Carcarañá (Santa Fe-Argentina)* (Tesis de Maestría). Universidad de Buenos Aires, Argentina.

- Bravo, V., Moraga, G., de la Cruz, E., Herrera, G., Ramírez, F., Ruedert, C., ... y Romero, C. (2011). *Vigilancia del uso de plaguicidas en actividades agropecuarias, con énfasis en el herbicida 2,4-D, por peligro de contaminación de aguas subterráneas y superficiales en la Península de Nicoya, Guanacaste*. (Informe final del proyecto 022216-00.). Heredia, Costa Rica: Universidad Nacional.
- Cardona, A. J. (2003). *Calidad y riesgo de contaminación de las aguas superficiales en la microcuenca del Río La Soledad, Valle de Ángeles, Honduras* (Tesis de maestría). Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), San José, Costa Rica.
- Córdoba, L. y Fonseca, D. (2017). *Informe condiciones físico-geográficas microcuenca Potrero-Caimital* (Sin publicar). San José, Costa Rica.
- Di Risio, C., Bollatti, M. (2013). Aspectos metodológicos relevantes referidos a la gestión de agua ante problemas de salud. El caso de Carcarañá, Santa Fe, Argentina. *AUGM DOMUS*, 5,120-129.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) (1990). *Código Internacional de Conducta para la Distribución y Utilización de Plaguicidas*. Roma, Italia.
- Fournier, M.L., Ramírez, F., Ruedert, C., Vargas y S., Echeverría, S. (2010). *Agroquímicos en ecosistemas hortícolas y pecuarios en la microcuenca de las quebradas Plantón y Pacayas en Cartago, Costa Rica* (Documento técnico No. 16 Área: Diagnóstico de Agroquímicos). Costa Rica, Universidad Nacional.
- De Romedi, A., Nassetta, M., Córpora, R. (2011). Validación de la metodología para análisis de residuos de plaguicidas en agua para consumo humano. *Revista de Salud Pública*, (XV) 2, 27-35.
- Hernández, G. (2005). *Atlas climatológico de Costa Rica*. Escuela de Ciencias Geográficas. Heredia, Costa Rica: Editorial de la EUNA.
- Ricardo Mariño, C. (2000). *Métodos de análisis de residuos de plaguicidas*. La Habana, Cuba: Editorial Científico Técnica.
- Morales, R. (2013). Metodología de análisis del riesgo por contaminación de agroquímicos: cuenca del Río San Blas, Costa Rica. *Revista Costarricense Salud Pública*, 22(1): 35-44.
- Organización Panamericana de la Salud (2012). *Estudio de calidad de fuentes utilizadas para consumo humano y plan de mitigación por contaminación por uso doméstico y agroquímicos en Apurímac y Cusco*. (Informe final, Contrato No.PE/CNT/1100260.001). Lima, Perú: OPS.
- Orta, L. (2002). Contaminación de las aguas por plaguicidas químicos. *FITOSANIDAD*, 6 (3), p. 55-62.

- Paravani, E., Sasal, M., Sione, S., Gabioud, E., Oszust, J. Wilson, M., Demonte, L., Repetti, M. (2016). Determinación de la concentración de glifosato en agua mediante la técnica de inmunoabsorción ligada a enzimas (ELISA). *Revista internacional de contaminación ambiental*, 32(4), 399-406.
- Programa Estado de la Nación (2007). *Decimotercer informe Estado de la Nación en desarrollo humano sostenible*. San José, C.R.
- Programa de las Naciones para el Medio Ambiente (PNUMA). (2016). Situación de los recursos naturales en América Latina (en línea). https://www.oneplanetnetwork.org/sites/default/files/estado_de_la_gestion_de_los_recursos_naturales_en_america_latina_y_el_caribe.pdf
- Rodríguez, R., Córdoba, L. (2018). *Participación de organizaciones en la protección del agua en la cuenca Potrero-Caimital*. Sin publicar.
- Rujana, M., Andisco, C., y Vázquez, F. (2014). *Indicadores de calidad de aguas vinculados con la actividad arrocerá en cuencas hídricas de la provincia de Corrientes*. Buenos Aires, Argentina.

AGROCADENAS LIGADAS AL USO DE TECNOLOGÍAS DE COSECHA DE AGUA EN PEQUEÑOS AGRICULTORES DE LA REGIÓN CHOROTEGA DE COSTA RICA

MGA. Marcela Vargas Sibaja¹
Ronny Herrera Matarrita²

1 Académica, CEMEDE-SRCH (Centro Mesoamericano para el Desarrollo del Trópico Seco, Sede Regional Chorotega, Universidad Nacional. Dirección electrónica: maria.vargas.sibaja@una.cr , <https://orcid.org/0000-0002-5736-8063>

2 Estudiante asistente del proyecto de la Maestría Profesional en Gerencia del Comercio Internacional.

Resumen

El presente artículo pretende informar acerca de los resultados obtenidos en el proyecto de investigación *Reservorios, agrocadenas y mercado regional de productos agropecuarios de la región*, realizado por el CEMEDE (Centro Mesoamericano para el Desarrollo Sostenible del Trópico Seco), de la Sede Regional Chorotega, Universidad Nacional. El proyecto analizó la dinámica de las agrocadenas de los productos que poseen reservorios de cosecha de agua de lluvia, y su comercialización en el nuevo mercado mayorista de productos agropecuarios de la Región Chorotega, así como, los canales de comercialización que tienen los productores actualmente y las futuras oportunidades. El análisis se llevó a cabo, tanto en época seca como en la lluviosa, para medir la efectividad del uso de los reservorios de cosecha de agua en el verano. Las agrocadenas se establecieron con base en una lista de productos elaborada en conjunto con los productores. Se realizó una comparación de las agrocadenas, tanto en verano como en invierno, para desarrollar distintas variables como: la variedad de cultivos, la rentabilidad, la cantidad de producción y las vías de acceso.

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

Abstract

This article wants to inform about the results obtained in the research Project of rain water scalls, value chains and Regional Market of Agricultural Products, realize by the CEMEDE (Centro Mesoamericano para el Desarrollo Sostenible del Trópico Seco) de la Sede Regional Chorotega, Universidad Nacional. The project analyzed the topic of value chains of the products obtained in rainwater scalls, orienting its commercialization to the new Regional Market of Agricultural Products, and analyzing marketing channels that producers have now and will have un future opportunities. These value chains were analyzed in the Region in both dry and rainy seasons, to measure the effectiveness of the use of rainwater scalls in the summer. The value chains were established based on a list of products developed along with the producers. A comparison of the value chains in both summer and winter, was made by considering different variables such as: variety of crops, profitability, quantity of production and access roads.

Key words: value chain, rainwater scalls, climate change mitigation

1. Introducción y antecedentes

En los países que comprenden el Corredor Seco Mesoamericano, del cual la Región Chorotega es parte, el cambio climático ha aumentado la amenaza de la sequía y de otros eventos meteorológicos extremos que tienen efectos en la producción agrícola y en la seguridad alimentaria de la población (van der Zee *et al.*, 2012). En un esfuerzo para atender la problemática de la sequía en Guanacaste, durante el periodo 2009-2011 se construyeron cuatro reservorios de agua precipitada, en las comunidades de Cerro Verde y Colas de Gallo, ambas en Nicoya, y en La Esperanza, en Santa Cruz de Guanacaste.

En este proyecto se le dio seguimiento al reservorio de la comunidad de Cerro Negro, el cual pertenece a la Asociación de Productores Orgánicos El Cerro, en donde se analizaron las agrocadenas de los ocho principales cultivos cosechados (cebolla, kale, chile, arrúgula, acelga, tomate, perejil y lechuga). Se hizo énfasis en un destino de comercialización y se tuvo como opción principal el nuevo mercado regional mayorista de la Región Chorotega, el cual podría satisfacer la demanda del lugar de compra, ya que, en el caso de Guanacaste, solamente, hay tres Ferias del Agricultor inscritas en la Junta Nacional de Ferias, estas operan en los cantones de Santa Cruz, Liberia y Nicoya.

Asimismo, la economía, tanto en la zona de Nicoya como en la mayoría de la provincia, se basa principalmente en la agricultura y la ganadería en pequeñas escalas, “de acuerdo con las estadísticas agrícolas para los cuatro cantones (Santa Cruz, Nicoya, Hojanca y Nandayure), existen 4,025 agricultores de pequeña escala que poseen menos de 4 **ha** de tierra agrícola” (ICT-JICA, 2001, p. 8-3). Esto genera que los volúmenes de producción no alcancen los niveles necesarios para ingresar, competir y mantenerse en el mercado nacional, restándoles competitividad con respecto a la comercialización de sus productos. De modo que, el principal reto para estas asociaciones radica en que son productores tradicionales con poco o nulo conocimiento, en relación con temas administrativos, de negociación e identificación de posibles mercados. Aunado a esto, solamente cuentan con un comprador, lo que los enfrenta a un monopsonio (monopolio) que los ubica al inicio de la cadena de valor, como proveedores de materia prima.

La propuesta de este proyecto, pretende el fortalecimiento organizacional, para empoderar a estas asociaciones, mediante la generación de capacitaciones con la finalidad de que ellos aprendan a realizar los cambios necesarios a nivel administrativo. Esto implica, brindarles las herramientas necesarias para mejorar el proceso de integración en los mercados. Además, permitirá identificar segmentos de mercado de interés, en los que, la comercialización de los productos tales como los de hortícola orgánica y la leche, que provienen de Cerro Negro y Rosario de Nicoya, sea la más adecuada. Estas acciones, posibilitan un mejor posicionamiento en la cadena de valor actual y la identificación de nuevos nichos de mercado, o bien, crear nuevas cadenas de valor, con el fin de desarrollar, de mejor manera, la economía local.

Las cadenas de valor actuales son de suma importancia para las asociaciones de pequeños productores de la zona de Nicoya, ya que, por medio de estas se logran generar vínculos comerciales, para convertirse en proveedores de materias primas para un único comprador. Sin embargo, para estos pequeños productores, contar con un único comprador puede provocar un monopsonio, en el que se condiciona el precio de compra de los productos. Esta situación

representa un problema que dificulta el crecimiento económico de las comunidades y de la región; en primer lugar, porque estos productores tienen una dependencia que los obliga a vender sus productos al precio impuesto por el comprador, sin tener la posibilidad de obtener mejores precios de venta con otros oferentes y, en segundo lugar, bajo estas condiciones, no se pueden generar encadenamientos productivos, provocando que la segmentación de los mercados sea nula.

La vinculación de la agricultura familiar con mercados adyacentes es importante en la Estrategia Centroamericana de Desarrollo Rural Territorial (ECADERT); dado que, al ser un mandato establecido por los jefes de Estado del Sistema de Integración Centroamericano (SICA), logra colocar a la agricultura familiar como unidades de producción y consumo basadas, primordialmente o de manera significativa, en trabajo familiar. Esta táctica combina el autoconsumo y la venta de productos en proporciones variables, la participación en distintos mercados de productos e insumos, la concesión de tierras para el cultivo, oportunidades de trabajo, facilidad en los créditos y servicios, además de la oportunidad de abastecer mercados nacionales o regionales con alimentos específicos (Consejo Agropecuario Centroamericano, 2010). Véase que, esta estrategia tiene matices de seguimiento de las agrocadenas, enfocadas en la producción de pequeños productores y la agricultura familiar.

En un ámbito local, según Solórzano (2008), en el sector agropecuario costarricense se deben desarrollar los sistemas productivos para que funcionen como agroempresas, de manera que, puedan posicionarse ventajosamente entre los encadenamientos en que participan. Otro elemento de suma importancia y que favorece un abordaje desde las agrocadenas, es que la mayoría de los productos que se venden en la región provienen del Valle Central, particularmente del Centro Nacional de Abastecimiento de Productos Agrícolas (CENADA). En este sentido, se determinó que el 93,22% de los intermediarios tienen como punto de partida la central mayorista, además, se deduce que, aproximadamente el 70% de los productos que se distribuyen en la región, son de oferta foránea y apenas el 30% es oferta local. Por lo tanto, existe una brecha entre lo que se consume en la región y lo que se cultiva (PIMA, 2013). Esto conlleva a varios problemas, entre los que se pueden mencionar la intermediación, con el consecuente aumento en los costos de los productos para el consumidor final. Además, el transporte desde el Cenada hasta Guanacaste puede significar una reducción en la calidad de los productos que se ofrecen.

En relación con la demanda insatisfecha, son evidentes las brechas en la demanda de productos y de servicios para el sistema agroalimentario. Está condición es uno de los factores que justifica la puesta en operación del mercado regional mayorista (PIMA, 2013). La percepción generalizada es que el proyecto Mercado Mayorista Regional Chorotega tendrá un impacto positivo en muchos ámbitos de la economía regional y, existe un apoyo decidido, por parte de representantes de los entes gubernamentales y privados con los que se ha mantenido constante contacto (PIMA, 2014). Un claro ejemplo, es la expectativa del sector turístico de la región, las cámaras de turismo, los hoteleros y otras empresas relacionadas que consideran de manera positiva, la creación de un mercado regional, que satisfaga exigencias en cuanto a cantidad y calidad, según lo plantea el proyecto del mercado. Sin embargo, para el funcionamiento adecuado de esta iniciativa, es necesario trabajar con los productores, especialmente los pequeños que son proveedores de frutas y hortalizas, esto implica brindarles la ayuda para que se integren en la dinámica de comercialización hacia el mercado.

Se considera que el mercado regional debe estar completamente integrado con el sector productor, en donde existen pequeños y medianos productores que necesitan mejorar sus sistemas de comercialización, para que sean menos dependientes de la intermediación y mejorar su rentabilidad. La forma más apropiada es mediante las agrocadenas, debido a que estas vinculan todos los agentes relacionados con cada uno de los productos, es decir, proveedores de semillas, el abono, los productos paralelos y el transporte, entre otros. Ciertamente, este proyecto ha sido un gran apoyo para esta comunidad, ya que, por un lado, ha brindado una serie de herramientas respecto a temas administrativos de la asociación, además, del establecimiento y el manejo de los reservorios de agua precipitada, así como, la creación de agrocadenas en busca de una mayor eficiencia en el manejo de productos, sino que, también es una forma para establecer el acercamiento entre los productores y la academia, con el fin de atender algunos temas de interés para ambas partes.

2. Acercamiento teórico

En el presente marco teórico, se plantearán las definiciones y los conceptos básicos que son la base conceptual, mediante la cual, se sostiene la propuesta de este proyecto.

2.1. Las agrocadenas

El concepto de agrocadena se refiere a todo conglomerado de relaciones económico-sociales, entre diferentes actores y entre estos y el entorno, a partir de la base de una actividad agroproductiva o varias, ligadas entre sí, en todas sus fases, a saber: preproducción, producción primaria, agroindustria y comercialización. Así mismo, se pone atención especial en los mercados de consumo y su comportamiento, ya que, estos factores permiten planificar tanto las acciones en torno al desarrollo de la respectiva agrocadena, como el hecho, de hacer llegar al consumidor productos de máxima calidad, para satisfacer sus gustos y preferencias, además, de mantener la competitividad en los propios mercados locales (MAG, 2008). En este particular, García (2009) manifiesta que:

En algunas ocasiones, el término cadena agroalimentaria sustituye otros conceptos utilizados en el mundo de los negocios para mejorar la competitividad, como el de cadena de valor, cadena de suministro y aglomeraciones o clústeres[...]. Las cadenas agroalimentarias también han sido utilizadas para lograr la incorporación de actores o eslabones débiles a los mercados o para que productores pequeños puedan abastecer mercados en condiciones más favorables. (García, 2009, pp.28-32.).

De ahí que, en el ámbito regional y local, las alianzas y agrocadenas son una alternativa para mejorar la utilización de los recursos, facilitar el cumplimiento de protocolos ambientales, optimar el control de enfermedades transfronterizas, aumentar la participación y el poder de la región en el mercado y establecer un marco para el intercambio de tecnología, conocimientos y beneficios comparativos (Kasse, citado por Acosta, 2006).

Figura 1
Funcionamiento de las Agrocadenas



Fuente: elaboración propia, 2018.

2.2. El PIMA

De acuerdo con Andrea Rodríguez (2017) representante de *La voz de Guanacaste* “se espera que el Mercado Chorotega funcione como un centro de comercialización a gran escala, donde grupos de productores venderán sus cultivos y los interesados se acercarán a realizar compras”. Justamente, esta apreciación está estrechamente ligada a la definición que brinda la Unión Mundial de Mercados Mayoristas (MUWM por sus siglas en inglés *World Union of Wholesale Markets*) al señalar que: “Los mercados mayoristas son instalaciones gestionadas como negocio alimentario por una autoridad de mercado, en cuyo recinto pueden compartir instalaciones comunes, diversos negocios alimentarios independientes en el que se venden, preparen o procesen alimentos” (PIMA, 2011).

De hecho, en Costa Rica, los proyectos denominados mercados regionales, forman parte de la política de descentralización de los servicios que promueve el PIMA en las regiones Chorotega y Brunca, territorios que poseen condiciones para que opere un mercado regional. Actualmente, el proyecto mercado se encuentra en las etapas finales de aprobación. Se espera que empiece a funcionar a finales del 2017 o principios del 2018.

2.3. Agricultura orgánica

De acuerdo con la Federación Internacional de Movimientos de la Agricultura Orgánica (IFOAM) “la agricultura Orgánica es un sistema de agricultura que promueve la producción ambientalmente, socialmente y, económicamente, solida de la alimentación, la fibra, la madera, etc.” (Soto, 2020).

2.4. cosecha de agua de lluvia

La cosecha de agua de lluvia, se define, como la recolección y concentración de agua de escorrentía, para usos productivos de cultivos, pastos, árboles frutales y maderables, animales, acuicultura, recarga acuífera, belleza escénica y para usos domésticos. Para fines agrícolas, se considera un método para inducir, recolectar, almacenar y conservar el agua de escorrentía. Es una práctica artesanal y todavía forma parte de muchos sistemas productivos en todo el mundo (Mungambe, 2007). De acuerdo con la *Texas Commission on Environmental Quality* (TCEQ) la cosecha de agua se define como la práctica de recolectar el agua, producto de la lluvia, antes de que tenga la oportunidad de trasladarse a ríos o quebradas o de infiltrarse en el suelo y convertirse en agua subterránea (TCEQ, 2007). En este sentido, los análisis realizados evidencian que la tecnología, no solo es un apoyo para mejorar la seguridad alimentaria de las familias campesinas al aumentar el rendimiento de la agricultura actual, sino que, en el caso de algunas zonas, la cosecha de agua se debe entender como medida importante de adaptación al cambio climático. (Goetter, 2010).

2.5. Cambio climático

Siguiendo los parámetros establecido por la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMCC), en su Artículo 1, define cambio climático como, “Un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante periodos de tiempo comparables”(Naciones Unidas, 1992,p.3). Ahora bien, es importante recordar que la CMCC establece una diferencia entre el cambio climático atribuido a las actividades humanas que alteran la composición atmosférica y, la variabilidad climática atribuida a causas naturales (FAO, 2014). Ciertamente, esta variabilidad climática produce estrés por falta la disminución hídrica, generando un incremento en la demanda de agua para irrigación, la industria, la generación hidroeléctrica y otras necesidades humanas, razón por la cual, se acelera la competencia por el recurso entre sectores de la región (Ortiz, 2012).

2.6. Zona de estudio

La Región Chorotega, correspondiente a una de las siete provincias de Costa Rica, Guanacaste, tiene una extensión de 10.140,71 km², cuenta con 11 cantones (Liberia, Santa Cruz, Nicoya, Nandayure, Carrillo, La Cruz, Cañas, Bagaces, Tilarán, Abangares y Hojancha) (Tenorio, 2009), su población es de 326.953 habitantes, la cual representa el 7,6% de la población del país. (INEC, 2012). La figura 1. indica la ubicación geográfica de los reservorios de agua, construidos por los proyectos en la Región Chorotega.

Figura 1
Ubicación del área del proyecto en la península de Nicoya



Fuente: elaboración propia, 2015.

2.7. Las cadenas de valor

Estas comprenden no solo el proceso de fabricación de los productos, sino también, otros actores que interactúan de manera conjunta, con el fin de ofrecer productos al comprador final. Entre estas cadenas de valor se encuentran los fabricantes, los proveedores de insumos, los distribuidores y demás actores que intervienen dentro de este proceso. Además, varían de acuerdo con el tipo de actividad a la que se dedique la empresa y se enfocan, principalmente, en la reducción de costos.

Desde el punto de vista de la realidad socioeconómica, la cadena agroalimentaria es un sistema que agrupa actores económicos y sociales interrelacionados que participan articuladamente en actividades que agregan valor a un bien o servicio, desde su producción hasta que este llega a los consumidores, incluidos los proveedores de insumos y servicios, transformación, industrialización, transporte, logística y otros servicios de apoyo, como el de financiamiento. En algunas ocasiones, el término cadena agroalimentaria sustituye otros conceptos utilizados en el mundo de los negocios para mejorar la competitividad, como el de cadena de valor, cadena de suministro y aglomeraciones o clusters (M. García-Winder, 2009).

El uso de la cadena agroalimentaria debe tener como común denominador la búsqueda de una mayor transparencia en las transacciones comerciales y la interlocución equilibrada entre los actores que intervienen en estos procesos. El uso de la cadena a nivel territorial muestra el potencial del instrumento y resalta la importancia del diálogo.

Las cadenas agroalimentarias también han sido utilizadas para lograr la incorporación de actores o eslabones débiles a los mercados o para que productores pequeños puedan abastecer mercados en condiciones más favorables (M. García-Winder, 2009).

El concepto de agrocadena, se refiere a todo conglomerado de relaciones económico-sociales, entre diferentes actores y entre éstos y el entorno, sobre la base de una actividad agro-productiva, o varias ligadas entre sí; visualizando integralmente todas sus fases: pre-producción, producción primaria, agroindustria y comercialización?; poniendo especial atención en los mercados de consumo y su comportamiento, cuyas señales permiten planificar las acciones en torno a la respectiva agrocadena para su desarrollo y llegar así al consumidor con productos de máxima calidad, satisfaciendo sus gustos y preferencias y manteniendo la competitividad en los propios mercados locales (MAG, 2008).

De acuerdo con Solórzano (2008) en la estrategia de extensión particularmente del sector agropecuario en Costa Rica, el enfoque de agrocadenas, constituye el eje de integración y coordinación de los servicios estatales vinculados a las actividades agropecuarias, que son lideradas por el MAG. Estos servicios son responsabilidad, en primera instancia, de las instituciones formalmente ligadas al Sector Agropecuario nacional, pero también involucra a todas aquellas requeridas por la demanda de las diferentes agrocadenas nacionales, regionales o locales como son las universidades para su pleno desarrollo. Igualmente, la metodología de extensión bajo el enfoque de agrocadenas centra su atención en apoyar especialmente a las organizaciones de pequeños agricultores(as) en una visión holística que va desde la pre-producción hasta la comercialización, hacia un sistema de producción sostenible en lo social, lo ambiental y lo económico.

El procedimiento para iniciar el trabajo por agrocadenas arranca con el primer punto: identificación, valoración, priorización, selección y caracterización de cadenas estratégicas en la región.

Las empresas analizan y estudian cómo afinar sus cadenas de valor en busca de mayor competitividad, esto lo logran, por medio del aprovisionamiento de las materias primas necesarias y, posteriormente, continúan con la producción de los componentes, la fabricación y el ensamblaje, así como, la distribución a mayoristas y a minoristas hasta llegar al consumidor final. Asociado a esto, la cadena de valor de una empresa se encuentra inmersa en un conjunto de actividades, tanto en las cadenas de valor de sus proveedores como en las de sus clientes (Gómez, 2008).

En relación con el aspecto agrícola, se menciona que las cadenas agroindustriales parecen estar controladas, desde que inicia la demanda del producto, por un orden jerárquico que incluye a los distribuidores, los comercializadores y las compañías de marca que están cercanas a los consumidores finales. Sin embargo, estas cadenas pueden encontrarse en un estado transicional, si se controlan desde la oferta hacia la demanda (Díaz *et. al*, 2009). Además, el mecanismo de comercialización no solo vincula al productor agrícola con quien le compra, sino que lo relaciona también con un proceso de creación de valor, del cual no necesariamente es consciente, ni recibe la información adecuada. A pesar de que la noción de cadena remite a la idea del ciclo de vida del producto, en el cual, se observa la secuencia de los procesos productivos, cada vez es más visible la presencia de procesos de creación de valor agregado, que no se dan mediante los mayores o mejores procesamientos, sino con la diferenciación de los productos, denominadas calidades extrínsecas, a partir de los servicios y los derechos de marca (Díaz *et.al* 2009).

3. Metodología

Este proyecto se desarrolló por medio de un estudio simultáneo de cuatro unidades agrícolas productoras de hortalizas y cítricos, cada una con un reservorio de agua. La tecnología para la siembra de los cultivos fue la utilizada por el agricultor, con la asesoría técnica requerida por parte del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). El proceso para obtener la información fue realizado por académicos y la ayuda de los estudiantes de la universidad, mediante las visitas de campo.

Para establecer las ocho agrocadenas de los cultivos se efectuó una primera sesión de trabajo con las familias involucradas y el equipo a cargo, para seleccionar en conjunto los ocho cultivos, esto se hizo con base en la cantidad de producción del cultivo y su demanda. Además, se buscaba conocer, de manera general, la información requerida en lo referente a las necesidades que tenían cada una de las agrocadenas. Por su parte, los académicos elaboraron los instrumentos de levantamiento de la información como: las entrevistas, las hojas de campo, los talleres y las encuestas; dicho material fue validado con las familias. Durante las visitas, se llenaron estos instrumentos y, se hizo la recolección de datos de los cultivos de cada uno de los productores en lo referente a los ciclos de producción, los insumos, las herramientas, el transporte, la mano de obra, los costos, el mercadeo, la comercialización y todo lo requerido

para establecer las agrocadenas. También, se efectuaron entrevistas con los involucrados y se revisaron los registros.

Posteriormente, se realizó el análisis de la información obtenida de los diferentes actores encontrados en el desarrollo del proyecto, para establecer las ocho agrocadenas de los cultivos seleccionados. Al realizar este análisis, se construyó un único modelo de agrocadena para todos los cultivos, de modo que, este es el que se utiliza tanto en época seca como en la lluviosa. Así mismo, efectuaron talleres con los actores de la agrocadena, tanto en conjunto como por separado, para evaluar las diversas etapas y analizar los datos relevantes, obtenidos con la información suministrada. En cada taller, se estudió al actor del modelo y, se tomaron en cuenta las ventajas y desventajas, las dificultades, las amenazas y las oportunidades, etc.

Todo este proceso, se llevó a cabo para asegurar la sostenibilidad de la asociación, esto se debe a que es necesario determinar cuáles actividades se deben fortalecer o desarrollar. Para esto, se debe evaluar la situación actual y las diferentes oportunidades que se presentan, ya que, cada decisión tiene un efecto directo en la finca, tanto en el uso de la tierra como en el empleo de mano de obra o los riesgos, es decir, se debe tomar en cuenta un costo de oportunidad.

Cabe mencionar que se diseñó y se ejecutó un conversatorio con los actores identificados, a fin de caracterizar preliminarmente los canales de comercialización que cada familia utiliza en la actualidad, para colocar sus cosechas en el mercado. Posteriormente, se realizaron talleres para ampliar el canal de comercialización de las agrocadenas, además de orientar la producción del nuevo Mercado Mayorista Regional Chorotega, de ahí que, se procedió a diseñar un canal de comercialización para este mercado. Además, se determinó realizar un taller de retroalimentación y cierre, para presentar la reconstrucción histórica del proyecto e iniciar la interpretación crítica de la experiencia, así como la construcción de aprendizajes y conclusiones.

4. Desarrollo

4.1. Identificación de actores de la agrocadena

Los actores identificados en el establecimiento de la agrocadena son: la Asociación de Agricultores Orgánicos de Cerro Negro, Vivero Agro Verde, El Colono Agropecuario, Veterinaria El Arriero, Comunidad Pachamama, La Feria Orgánica del Cerro, Hoteles y Restaurantes de Nosara y canastas de productos vendidas en Nicoya. A continuación, se describirá la participación de cada uno.

El actor principal de la agrocadena es la Asociación de Agricultores Orgánicos de Cerro Negro de Nicoya, Guanacaste, fundada en el 2002. En la actualidad, tiene 22 agricultores orgánicos asociados, integrados dentro de cuatro fincas familiares que son: Barrantes, Cerdas, Vega y Martínez, estas familias ya tienen tres generaciones de agricultores en esta comunidad, ellos cultivan productos tales como:

Cinco variedades de lechuga, repollo, perejil, arrúgula, zanahoria, tomate, chile, apio, culantro, eneldo, acelga, guanilama, pachoy, albahaca, remolacha, menta, café, orégano, naranja, frijoles, banano, kale, ayote, hierbabuena, berenjena, limón, hinojo, puerro, rábano, mostaza, cebolla, tomillo, achiote, cebolla, yuca, papa, maíz y ojoche. (Fuente de información: propia)

La asociación Orgánicos el Cerro, es la encargada de la compra de insumos, la siembra, el mantenimiento, la cosecha, el transporte y la comercialización de los productos de las fincas. Hasta este momento, la asociación no cuenta con un respaldo financiero propio, de ahí que, se decidió en la última reunión, que en el futuro tomará un 5% de los ingresos. Con respecto a la semilla de los cultivos, que es el principal insumo de los productores, este se compra en el vivero Agro Verde ubicado en Alajuela, que también le vende las plántulas a un precio de ₡150 colones cada una. Se compra la semilla en este vivero, ya que, no solo es el que cumple con los requisitos y las características de la agricultura orgánica, sino que, la asociación tiene muchos años de ser cliente de este establecimiento. Esto les proporciona un nivel de confianza muy sólido, ya que, al conocer sus procesos, pueden dar fe de que sus plántulas son orgánicas, por eso se compran alrededor de 300 unidades por quincena. Para realizar esta compra, don Reiner Barrantes, presidente de la asociación, realiza el siguiente proceso:

- a. La asociación hace una compra de los abonos, los fertilizantes y el equipo agrícola, entre otros, que son insumos necesarios para el proceso de cosecha, en El Colono Agropecuario de Nicoya y en la Veterinaria El Arriero.
- b. A estas compras se le suman el costo de los gastos del traslado en bus de Nicoya a Cerro Negro (ida y vuelta) que corresponden a un monto de ₡2000 colones.
- c. También se suma el costo de la alimentación de la persona que realiza el viaje, que ronda entre los ₡4000 y ₡5000 colones, esto incluye todo un día de recorrido, debido al horario que presta el servicio de autobuses.

En cuanto a la comercialización de los productos, el mayor cliente de la asociación es Pachamama, una colonia de judíos ubicada en Nosara. La comunidad tiene 70 residentes que trabajan en la construcción y la atención del lugar. Además, imparten talleres de meditación y retiros de silencio a más de mil visitantes al año, quienes buscan el mismo despertar espiritual que trajo a los pioneros a principios del año 2000. Antes de establecerse en Costa Rica, los primeros residentes de esta agrupación recorrieron Australia, Japón, Corea, Brasil, India, Israel y muchos otros países. En cada uno, después de las meditaciones en silencio, se les unían nuevos miembros hasta que tuvieron suficientes para formar una comunidad (Arroyo, 2018). Una parte de lo que consumen en la cocina de Pachamama es producido en sus propios jardines y el resto lo compran a productores orgánicos locales. Proteger la naturaleza es fundamental para esta comunidad, que se desarrolla en un espacio de más de 200 000 hectáreas (antes potrero), en la que empezaron a sembrar todo tipo de especies autóctonas.

Aunque la meditación fue la experiencia espiritual que tejió la comunidad, Pachamama no tiene dogma ni agenda. Tampoco practica ninguna religión oficial, por lo que no existe ningún tipo de segregación. Cuentan con dos temporadas de residentes, la alta que es de

noviembre a junio, en la que se entregan pedidos dos veces por semana. La temporada baja abarca los meses de julio a octubre, en donde el producto se vende una vez por semana. Para el traslado del producto de Cerro Negro a Pachamama se le paga a un transportista por llevar el producto.

4.2. La feria orgánica del Cerro, los hoteles y restaurantes de Nosara

En estos puntos de comercio la venta de producto es mínima y lo que se vende principalmente es chile, tomate y lechuga. En el Hotel Georgino Tropical se les presta una parte del solar para hacer la feria los sábados y vender sus productos. Además, en esta misma zona, se vende el chile a personas como el señor Jean Paul, para su negocio que es un restaurante, en el cual revende el chile convertido en un producto nuevo para el consumo, como chiles rellenos y ensaladas, entre otros.

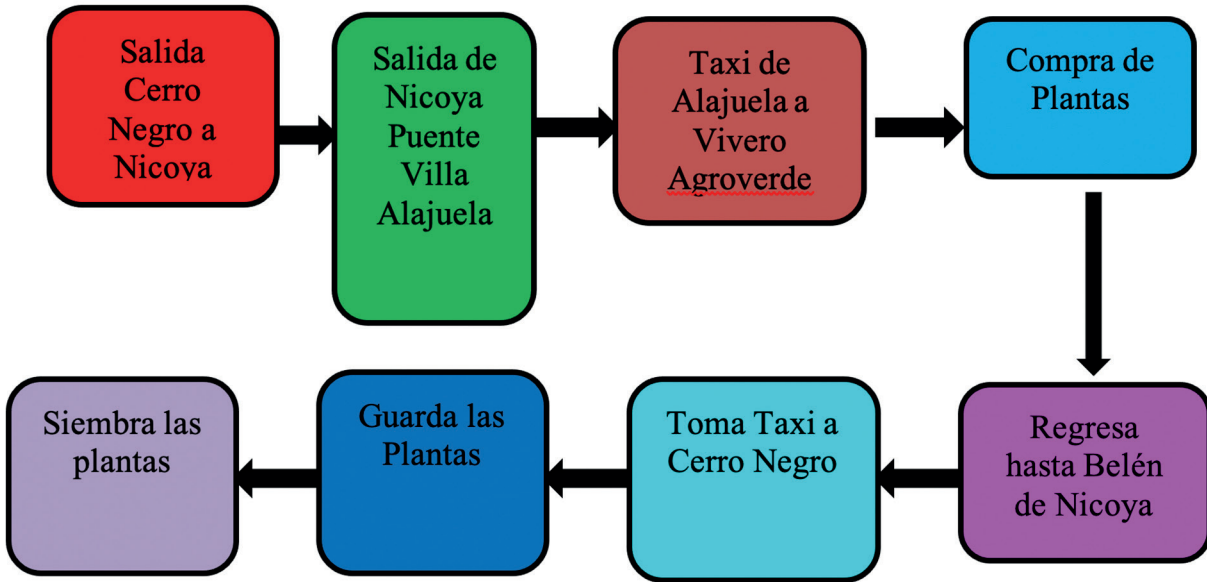
4.3. Venta de canastas en Nicoya

Los agricultores de Cerro Negro han implementado la venta de canastas de productos, con el objetivo de colocar su producción en el mercado, en estas proporcionan al cliente toda la variedad de productos que cultivan, el precio es elegido por el cliente y pueden rondar entre los ₡5000 y ₡20000 colones, según lo que el cliente desee, además, pueden personalizarse. Las canastas son entregadas a los compradores en Nicoya, los lunes de cada semana. Sin embargo, su venta no es constante, ya que depende de las condiciones del clima y la accesibilidad del camino a Cerro Negro.

4.4 Proceso Productivo

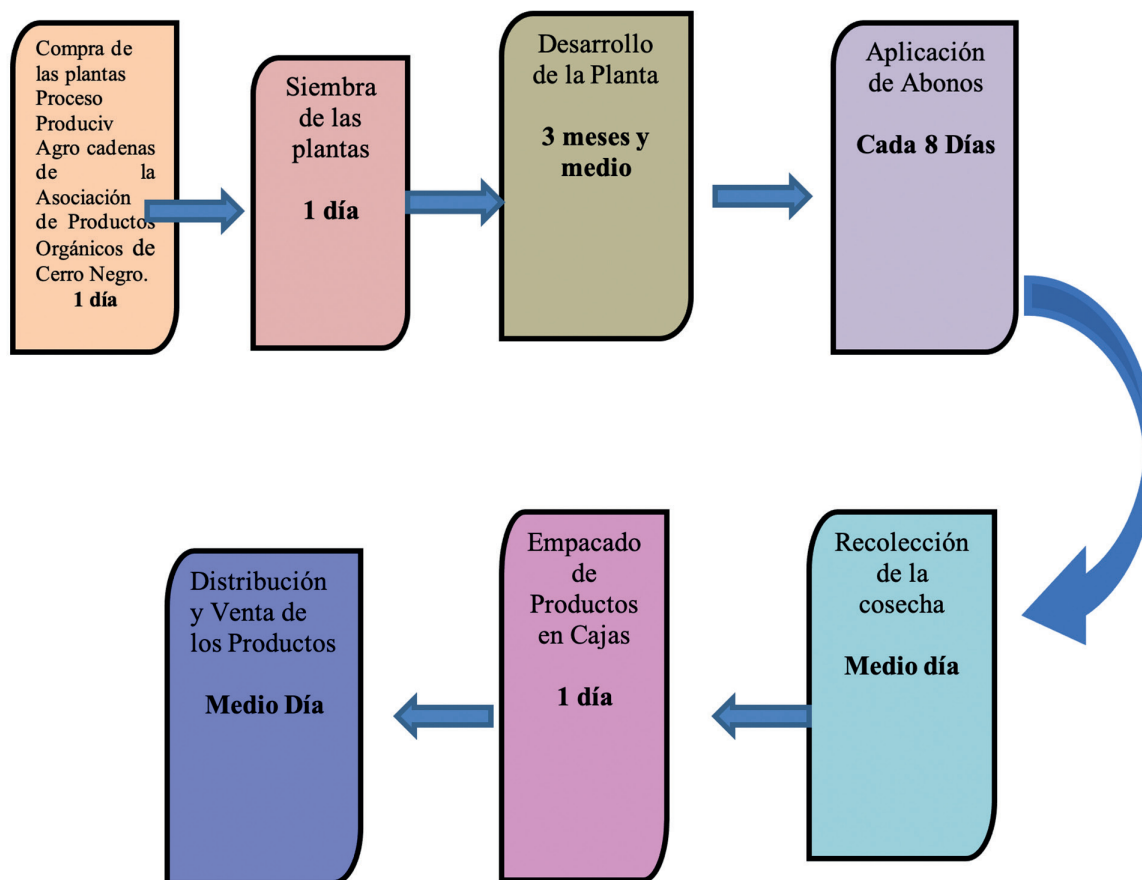
A continuación, se ilustrará el proceso que siguen los agricultores del Cerro para la producción de sus productos orgánicos.

Figura 2
Proceso de compra de Plántula



Fuente: elaboración propia con información suministrada por Reiner Barrantes.

Figura 3
Proceso Productivo Agro cadenas de la Asociación de
Productos Orgánicos de Cerro Negro



Fuente: elaboración propia 2018.

Las plántulas se siembran con ayuda de peones, en una sola jornada. Para esto, la tierra debe estar lista días antes, por medio de manguera de goteo para humedecerla y se deben usar pequeñas herramientas de excavación para aflojar la tierra y plantar las plántulas de chile, tomate y lechuga. Actualmente, se cuenta con un peón fijo y seis peones ocasionales, conformados por familiares o vecinos cercanos y, que son necesarios, cuando viene el periodo de siembra o cosecha y también cuando haya que hacer trabajos rápidos o de urgencia. La meta es contar con cuatro peones fijos, con el objetivo de que la producción se mantenga constante en el verano y el invierno. Por ejemplo, se aplican abonos como el *NPK 10,30,10*, para mil plantas de chile una vez por cosecha y, abono *turba*, con alcance de 300 plantas con una sola bombada por cada 8 días, este alcanza para 10 bombas y, los abonos foliares como el *fytosan*, si es necesario.

En el caso de don Reiner, él trabaja también con biofermento hecho por él y sus colaboradores, compuesto por papaya, banano, semolina, melaza, leche y minerales de piedra.

Lo utiliza como abono orgánico para estimular el crecimiento y el desarrollo de las plantas de chile; un estañón alcanza para un mes, también, se utiliza el producto curativo extractoderma. Una vez desarrollada la cosecha, se recoge en bolsas y se lleva empaquetado en cajas para vender en el mercado. Estas cajas son plásticas, de color negro, llamadas cajas tomateras o chileras y ayudan a que el producto se mantenga en un estado óptimo, ya que protegen de golpes y mantienen el chile con frescura.

4.5. Competencia

Walmer Venegas Barrantes vende en pulperías y supermercados de Nosara.

4.6. Análisis FODA con estrategia

Se realizó un análisis FODA, con sus respectivas estrategias, con el fin de minimizar las posibles Amenazas y Debilidades, del mismo modo, incluye las acciones consideradas para desarrollar y potenciar las Fortalezas y Oportunidades que se producen a partir de este análisis.

Cuadro 1
Matriz FODA realizada a la Asociación de Productores Orgánicos del Cerro, incluye estrategias de maximización y minimización de las variables, Nicoya, 2018

	Fortalezas F1- Asociación F2- Experiencia F3- Manejo de finca F4- Producción orgánica	Debilidades D1- Acopio D2- Transporte D3- Mercadeo D4- Vías de acceso
Oportunidades 01- Capacitación 02- Nichos de mercado 03- Apoyo institucional 04- Certificaciones	F-O Maximizar- Maximizar Buscar más capacitaciones mediante el apoyo institucional aprovechando la figura de asociación para obtener nuevas capacidades que apoyen el conocimiento adquirido con los años, con el fin de encontrar nuevos nichos de mercado.	D-O Minimizar – Maximizar Buscar fuentes de financiamiento o bien apoyo de alguna institución que brinde ayuda a los pequeños productores. Mediante la capacitación se puede mejorar las técnicas de mercadeo. Buscar apoyo de las instituciones que puedan apoyarlos en la consecución de certificaciones (participativa). Ejercer presión como asociación ante la municipalidad, con el fin de mejorar las vías de acceso hasta el lugar de producción.

<p>Amenazas A1- Competencia A2-Eventos climatológicos A3- Plagas</p>	<p>F- A Maximizar – Minimizar Fortalecer los procesos productivos y generar mayor presencia dentro del mercado local, con el fin de asegurar a sus clientes (principalmente los hoteles de las zonas costeras cercanas). Mantener y ejercer controles de las posibles plagas que se pueden presentar durante el ciclo productivo de los cultivos. Monitorear el comportamiento climático, con el fin de minimizar el posible impacto que este pueda generar</p>	<p>D – A Minimizar – Minimizar Generar mayor presencia y preferencia en el mercado local mediante la implementación de elementos de comercialización que diferencien el producto Uso óptimo de los reservorios, con el fin de abastecerse en épocas de invierno ante una posible sequía. Implementación de un adecuado acopio de la producción para garantizar la calidad del producto final.</p>
---	--	--

Fuente: Articulación de mercados locales para la comercialización de productos agropecuarios. Dos casos de estudio en la Región Chorotega, 2018.

Mediante el cuadro anterior, se logra proponer las principales acciones que se deben tomar en cuenta por la asociación, para identificar estos elementos en la matriz y generar las estrategias para implantar, con el fin de potenciar las fortalezas, transformar las oportunidades en fortalezas, convertir las debilidades en oportunidades y minimizar las amenazas, con el afán de volverse cada vez más competitivos dentro de su área productiva (Matarrita, 2018). Todo esto permitirá efectuar los ajustes necesarios para identificar e ingresar en los posibles nichos de mercado, en el mediano y largo plazo.

4.7. *mercados*

La importancia de los posibles nichos de mercado radica en que, mediante estos, se podrá minimizar el efecto de dependencia que se genera al contar solamente con un comprador. A continuación, los posibles socios comerciales que se logró identificar.

4.7.1. **Corredor biológico río Nosara**

El Corredor Biológico Río Nosara es una iniciativa de un grupo de empresarios organizados, con el objetivo de buscar formas de mejorar las actividades que se realizan en la parte alta de la cuenca. Este proyecto puede afectar, de una manera negativa, las condiciones del río y los

ecosistemas que pueden llegar a la desembocadura. En este corredor, se realizó un estudio de campo en la zona de influencia, de manera conjunta, entre agentes del sector público y privado, el cual, tuvo como objetivo general identificar la oferta y la demanda, los canales de distribución y, las oportunidades para la formulación e impulso de planes de negocios, además de facilitar la comercialización, tanto de productos agropecuarios como los de los artesanos locales, en el Corredor Biológico Río Nosara y las zonas aledañas, (Flores y Sibaja Fonseca, 2017). De acuerdo con los datos obtenidos en este estudio de mercadeo, los posibles compradores son The Harmony Hotel y el Lagarta Lodge Hotel, ubicados en la comunidad de Nosara, ellos representan una buena oportunidad para los pequeños productores de la zona.

En cuanto al perfil de los demandantes, está enfocado en propietarios de hotel con restaurante, restaurantes, supermercados, minisúper, pulperías y verdulerías que operen en la cuenca baja del Río Nosara, en las comunidades de Nosara, Sámara y Puerto Carrillo, y, que, dentro del consumo u oferta de reventa, se encuentren productos cárnicos, pollo, huevos, frutas, verduras y legumbres frescas (Flores y Sibaja Fonseca, 2017). En este sentido, según este plan, se identificaron ciento treinta y seis (136) compradores potenciales distribuidos en las localidades mencionadas.

4.7.2. Centro agrícola cantonal de Nicoya

El Centro Agrícola Cantonal de Nicoya, según comentó el señor Minor Barrantes, realiza un esfuerzo en la construcción de un centro de acopio en la comunidad de Nicoya, enfocado en los pequeños productores de la zona, el cual incluye tanto a los productores tradicionales como a los productores orgánicos. Con el fin de confirmar esta información, se realizó una visita a esta institución, en donde, mediante un conversatorio semiestructurado (ver anexo 4), en el lugar, se consultó acerca de este tema a los señores Ronald Mora, ingeniero agrónomo que trabaja en el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), Félix Vásquez Jiménez, Administrador del Centro Agrícola Cantonal de Nicoya y Odrith Rosales Obando, representante del Instituto Nacional de Aprendizaje (INA), quien se dedica, a la gestión empresarial del sector agropecuario.

Según lo indicado por el señor Félix Vásquez, el Centro agrícola Cantonal de Nicoya desarrolla, actualmente, un proyecto denominado *Creación de un Centro de Agronegocios para la Comercialización de Productos Hortícolas de los Afiliados al Centro agrícola Cantonal de Nicoya*, el cual, se encuentra en su etapa inicial, que se basa en la identificación y el diagnóstico de productores, productos y cantidades producidas por cada uno de los actores.

Este proyecto surge como un esfuerzo interinstitucional entre el Instituto de Desarrollo Rural (INDER), Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), Instituto Mixto de Ayuda Social (IMAS) y el Centro agrícola Cantonal de Nicoya; y, tiene como objetivo, que los pequeños productores puedan tener un lugar para vender sus cosechas. El proyecto en cuestión, consta de tres ejes principales. En primera instancia, uno de los ejes corre por cuenta del INDER, mediante la compra del terreno en donde se ubicará el centro de acopio, esta propiedad, según informó Félix Vásquez, es un terreno de cerca de cinco mil metros cuadrados (5000 m²), donde anteriormente, se ubicaba un viejo centro de acopio propiedad de Coopepenin, el cual se encuentra actualmente en manos del Banco Nacional.

Además, se efectuó la compra del terreno por parte del INDER, quien será el encargado de la construcción de las instalaciones del centro.

El segundo eje corresponde al MAG, esta institución mediante la utilización de recursos o partidas de transferencia, se encargará de la compra del equipo necesario para el funcionamiento del centro de acopio. Esto contempla mesas de selección de calidades, piletas de lavado, mesas de empaquetado y etiquetado, equipos de red de frío, además de tres camiones acondicionados para el transporte de los productos. Finalmente, el tercer eje, le corresponde al IMAS, ellos brindarán los recursos económicos al centro agrícola, necesarios para realizar la compra de las cosechas de los productores afiliados a este centro. Este dinero girado por la compra es el capital semilla para los agricultores, con el fin de que obtengan materias primas e insumos para la siembra y el proceso productivo de sus cultivos con miras hacia la siguiente cosecha. Ciertamente, este incentivo pretende motivar la expansión del área de cultivos con los que cuentan actualmente, ya que, en algunos casos los productores utilizan solamente una parte de sus fincas para la siembra (Matarrita, 2018).

Este proyecto pretende integrar la totalidad de la producción agrícola de todos los pequeños productores que por volúmenes de producción, no puedan comercializar sus productos en el Mercado Regional Chorotega. El proyecto será el puente entre el mercado y los pequeños productores y cumplirá la función de acopio y transporte, desde el campo hasta las instalaciones del mercado, financiando las operaciones con las utilidades obtenidas, mediante el margen de intermediación entre los actores.

5. Discusiones y conclusiones

El cambio climático obliga a los productores a buscar otras alternativas que se adapten a su realidad, tanto hídrica como económica, pero esto implica un cambio cultural en los patrones agrícolas presentes, por eso, la transición a nuevas tecnologías se dará en el mediano plazo.

- a. La seguridad alimentaria de las familias que tienen reservorios está asegurada en cualquier época del año, ya que la producción también es para autoabastecimiento.
- b. La importancia en la parte social de las comunidades involucradas es relevante, debido a que el uso de reservorios de agua genera oportunidades de empleo (actualmente inexistentes). Esto aumenta el ingreso económico mensual en las familias de los productores y, ayuda a que los jóvenes no tengan la necesidad de migrar a la ciudad.
- c. La región en la cual se ubica el proyecto, presenta índices de bajo desarrollo, y existen, muchas limitantes económicas, de fuentes de empleo e infraestructura.
- d. Muchos de los productores involucrados tienen un bajo nivel de escolaridad, lo que puede causar dificultades en aspectos administrativos de la cadena de valor.
- e. Ser parte de una asociación de desarrollo ha sido de gran beneficio para los pequeños productores de Cerro Negro.

- f. En el desarrollo del proyecto, los miembros que integran esta organización han podido organizarse, mediante el apoyo brindado por el Cemed, para implantar las mejoras necesarias que optimicen sus procesos productivos.
- g. A pesar de los esfuerzos realizados por los pequeños productores, los proyectos que se realizan y representan un posible nicho de mercado, todavía no toman en cuenta la producción orgánica. Esto representa una posible amenaza al precio del producto, ya que el valor agregado por la naturaleza de la producción no se considera.
- h. Las herramientas brindadas, en los diferentes talleres que se realizaron durante el desarrollo de este proyecto, ayudarán a los productores a identificar los costos de producción, el valor agregado y a mejorar la comercialización de los productos.

6. Recomendaciones

A partir de la elaboración de este proyecto, se pueden establecer una serie de recomendaciones, a fin de mejorar todos aquellos aspectos que se tomaron en consideración, y se analizaron, a la luz de las necesidades reales de los productores de la Región Chorotega de Costa Rica. Esto conlleva a la participación conjunta de todos los actores sociales involucrados, con el propósito de facilitarle a los productores la puesta en marcha de las siguientes acciones:

- a. Trabajar en conjunto con organizaciones interesadas en apoyar a pequeños productores regionales.
- b. Ampliar sus mercados e incursionar en el mercado nacional.
- c. Optar por una certificación de calidad, lo que permitirá ofrecer productos diferenciados y, de esta manera, abastecer el mercado regional.
- d. Utilizar y desarrollar procesos de *marketing*, para dar a conocer sus productos y lograr un posicionamiento en el mercado.
- e. Utilizar las herramientas tecnológicas a su alcance, muchas de las cuales son gratuitas, para promocionar la marca y el catálogo de productos, así como para el recibo de pedidos.
- f. Realizar mejoras de la marca y logo de esta asociación, además de esto, se debe hacer énfasis en la producción orgánica para crear la diferenciación del producto e ingresar a nuevos nichos de mercado.
- g. Eliminar la compra de plántulas y producir las que sean necesarias de manera local, esta acción no solo reducirá los tiempos de cosecha, sino que representa, una disminución en los costos de operación.
- h. Realizar la propuesta de un proyecto para la implementación de un centro de acopio, acudiendo a instituciones como el Inder, o bien, mediante alguna ONG, con el fin de que cuenten con un establecimiento con las condiciones adecuadas para la manipulación de la cosecha y mantener su calidad desde la finca hasta el consumidor final.

- i. Aprovechar las condiciones en su entorno, como estar ubicados dentro de una de las tres zonas azules del mundo, la producción orgánica y todo lo que proporcione un valor agregado en el momento de hacer la comercialización de las canastas en el mercado de mayor influencia. De esta forma, se logrará que los clientes más cercanos se sientan identificados con la calidad de los productos y los consideren dentro de sus preferencias, por encima de otros productos similares. Esta identificación del mercado meta representa un beneficio para la asociación, ya que, este sector del mercado está dispuesto a pagar por un mejor producto, diferenciado de los tradicionales.
- j. Realizar un reforzamiento respecto a la marca y a la etiqueta de la asociación, para que este mercado meta logre identificar los productos y se propicie su fidelización.

7. Referencias bibliográficas

- Alvarado S, R. (2003). *Regiones y cantones de Costa Rica. Serie Cantones de Costa Rica- No.2*. San Jose, C.R.: IFAM.
- Barry, D., Rosa., H, Artiga. y R, Molina, H. (1999). El Desafío del Agua en Centroamérica. *Informe Estado de la Región*, pp. 100-122. Costa Rica: Editorama S.A. Recuperado de: https://issuu.com/estadonacion/docs/informe_estado_de_la_regi_n-1-1999-
- Bolaños, R., Watson, V. y Tosi, J. (2005). *Mapa ecológico de Costa Rica: Según la clasificación de zonas de vida del mundo por L. R. Holdridge*. Escala 1:750 000. San José, Costa Rica: Centro Científico Tropical.
- Canija Canelo, M. J. y Faustino, J. (2007). *Alternativas de captación de agua, la esperanza de mejores cosechas y la conservación ambiental* (Serie técnica. Informe técnico no. 355). Turrialba, C.R.: CATIE.
- Cook, C. y Bakker, K. (2012). Water Security: Debating en emerging paradigm. *Global Environmental Change*, 22 (1), 94-102.
- Díaz, R., Pelupessy, W., y Sáez, F. (2009). *Cadenas globales: enfoque y aplicaciones para agroindustrias de países en desarrollo*. Costa Rica: EUNA. García, G. B. (2012). *Agua, agricultura y seguridad alimentaria en las zonas secas de Nicaragua*. Managua: ACF; FAO; ECHO. Recuperado de: https://coin.fao.org/coinstatic/cms/media/13/13437461885650/agua_agricultura_y_san_en_las_zonas_secas_-_guillermo_bendaa_garca.pdf

- García-Winder, M. Riveros, H., Pavez, I., Rodríguez, D., Lam, F., Arias, J. y Herrera, D. (2009). Cadenas agroalimentarias: Un instrumento para fortalecer la institucionalidad del sector agrícola y rural. *Revista Comunica*, 5, 26-37. Recuperado de: https://www.academia.edu/21061704/Cadenas_agroalimentarias_un_instrumento_para_fortalecer_la_institucionalidad_del_sector_agr%C3%ADcola_y_rural
- Goetter, J. (2010). *El cambio climático en el área rural del sur de Cochabamba y Norte de Potosí (Bolivia): Reflexiones acerca de proyectos de cosecha de agua como medidas de adaptación*. Cochabamba, Bolivia: GTZ-PROAGRO.
- Grey, D. y Sadoff, C. W. (2007). Sink or swim? Water security for growth and development. *Water Policy*, 9, 545-571.
- Heuvelink, J., Pardo T, J., Quiros, C.S. y Espinoza, P.L. (1986). *Agroclimatología Tropical*. San José. Costa Rica: Editorial Universidad Estatal a distancia.
- Ibraimo, N. y Munguambe, P. (2007). *Rainwater Harvesting Technologies for small scale rain-fed agriculture in arid and semi-arid areas*. Maputo, Mozambique: University Eduardo Mondlane.
- ICT-JICA (2001). *Guanacaste sur: Escenarios para un Desarrollo Regional Sostenible*. Volumen 2, Texto principal. San José. Recuperado de: <https://www.ict.go.cr/es/documentos-institucionales/plan-nacional-y-planes-generales/planes-generales-por-unidad-de-planeamiento/guanacaste-sur-y-pac%C3%ADfico-sur/71-capitulo-viii/file.html>
https://openjicareport.jica.go.jp/pdf/11634193_01.pdf
- Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). (2012). Encuesta Nacional de Hogares Julio 2012. Resultados Generales. En: *Instituto Nacional de Estadística y Censos*, 1,(4).
- Martínez-Guzmán, M. (2013). *Tecnologías para el uso sostenible del agua. Una contribución a la seguridad alimentaria y la adaptación al cambio climático*. Tegucigalpa, Honduras: Global Water Partnership. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/a-i3442s.pdf>
- Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica (Mideplan). (2013). *Costa Rica Índice de Desarrollo Social (IDS) 2013*. San José, C.R.: Mideplan. Recuperado de: https://www.tec.ac.cr/sites/default/files/media/doc/indice_desarrollo_social_2013_resumen_0.pdf
- Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica (Mideplan). (2014). *Región Chorote-ga. Plan de desarrollo 2030*. San José, Costa Rica: Mideplan. Recuperado de: <https://documentos.mideplan.go.cr/share/s/r5n-AC-LR9evM7CYXlYPsg>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2014). *Objetivos de Desarrollo del Milenio: Región logró la meta del hambre*. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/a-i4018s.pdf>

- Programa Integral de Mercado Agropecuario (PIMA- C.R.). (2011). *Guía de buenas prácticas para autoridades de mercados mayoristas*. Unión Mundial de Mercados Mayoristas. Recuperado de: <https://slideplayer.es/slide/10218400/>
- Radulovich, R. (1994). Tecnologías productivas para siembras agrosilvopecuarios de ladera con sequía estacional (Serie técnica. Informe técnico N°222). Turrialba, C.R.: CATIE.
- Rodríguez, A. (1º de diciembre del 2017). ¿Qué tengo que saber si quiero vender y comprar en el nuevo Mercado Chorotega? *La voz de Guanacaste*. Recuperado de: <https://vozde-guanacaste.com/que-tengo-que-saber-si-quiero-vender-y-comprar-en-el-nuevo-mercado-chorotega/>
- Sánchez-Gómez, G. (2008). *Cuantificación y generación de valor en la cadena de suministro extendida*. León, España: Del Blanco Editores.
- Solís, M. (27 de julio del 2016). Guanacaste entre las zonas del país que continúa liderando en el sector ganadero. *Periódico Mensaje*. Recuperado de: <https://www.periodicomensaje.com/guanacaste/1296-guanacaste-entre-las-zonas-del-pais-que-continua-liderando-en-el-sector-ganadero-2>
- Solórzano, N. y Zeledón, J.M. (2008). *Manual de Extensión Agropecuaria. Enfoque de Agrocadenas*. San José, Costa Rica: Ministerio de Agricultura y Ganadería.
- Soto, G. (enero de 2020). El continuo crecimiento de la agricultura orgánica: Orgánico3.0. *Revista de Ciencias Ambientales*, 54(1) Recuperado de: <https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/ambientales/article/view/13234/18421>
- Tenorio, L. (2009). *Geografía Turística de la Región Chorotega*. Costa Rica: Euned.
- Xiangbi, H. (2013). Mainstreaming adaptation in integrated water resources management in China: from challenge to change. *Water Policy*, 15, 895-921.

ESTABLECIMIENTO DE SISTEMAS AGROFORESTALES DENTRO DE LOS MODELOS DE FINCAS INTEGRALES

M.Sc. William Gómez Solís¹
M.Sc. Adolfo Salinas Acosta²

-
- 1 Ingeniero en Ciencias Forestales por la Universidad Nacional de Costa Rica. Máster en Gestión de Recursos Naturales y Tecnologías de producción en el Instituto Tecnológico de Costa Rica. Licenciado en Manejo Forestal. Actualmente, labora en el Centro Mesoamericano de Desarrollo Sostenible del Trópico Seco (CEMEDE), Universidad Nacional, Sede Regional Chorotega. william.gomez.solis@una.cr
 - 2 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

El Pacífico Norte costarricense presenta condiciones climáticas muy particulares, en las que la estacionalidad de la época lluviosa y la seca están muy bien marcadas, además, esta región se ve seriamente afectada por los efectos negativos de las condiciones de sequía y los posibles efectos adversos que se pueden presentar por el cambio climático. El Centro Mesoamericano de Desarrollo Sostenible del Trópico Seco (CEMEDE), de la Universidad Nacional de Costa Rica, ha implementado una serie de medidas en busca de mejoras en las condiciones de vida de los pobladores de la región, por medio de la implementación de sistemas y tecnologías sostenibles que apoyen los modelos productivos y al ambiente, por medio de la reducción de vertidos, la reutilización de los recursos y la adaptación a las condiciones de sequía y la poca disponibilidad de agua que podría presentar esta región. Por eso, se muestra la importancia que tiene llevar a cabo sistemas agroforestales dentro de los modelos de fincas integrales, como un mecanismo capaz de aumentar la eficiencia en el uso de los terrenos y una opción viable y, sostenible, para la adaptación y la mitigación de los efectos del Cambio Climático.

Palabras clave: Sistemas agroforestales, tecnologías verdes, sostenibilidad, producción, fincas.

Abstract

The Costa Rican North Pacific has very particular climatic conditions in which the seasonality of the rainy season and the dry season are very well marked, in addition, this region is seriously affected by the negative effects of drought conditions and the possible adverse effects that may occur. They can present for climate change. The Centro Mesoamericano de Desarrollo Sostenible del Trópico Seco (CEMEDE) of the Universidad Nacional of Costa Rica has implemented a series of measures in search of improvements in living conditions of the inhabitants of the region, through the implementation of sustainable systems and technologies that support the productive models and the environment, through the reduction of spills, the reuse of resources and the adaptation to drought conditions and poor water availability that this region could present. Therefore, it shows the importance of the implementation of agroforestry systems within the models of integral farms as a mechanism capable of increasing the efficiency in the use of the land and a viable, sustainable option for the adaptation and mitigation of the effects of Climate Change.

Key words: Agroforestry systems, green technologies, sustainability, production, farms

1. Introducción

Durante las últimas tres décadas, los cambios atmosféricos han dejado una huella indeleble en la naturaleza y el medio ambiente, sin embargo, uno de los sectores más afectados han sido los sistemas agroforestales. Véase que, por eventos hidrometeorológicos para el período 1996-2001, se estimó una pérdida en cultivos promedio anual de 1,1% del PIB agrícola. En este particular, el istmo centroamericano no ha sido una excepción, ya que, de acuerdo con Ordaz y colaboradores (2010):

Centroamérica es altamente vulnerable a los fenómenos climáticos y meteorológicos dadas su extensión y ubicación geográfica. Sobre esta región los efectos del cambio climático han sido visibles, las sequías y los huracanes que se han presentado han traído importantes costos económicos y sociales. A nivel científico, se ha determinado que el cambio climático tendrá importantes consecuencias en el bienestar humano y el desarrollo de las actividades económicas. Los efectos del calentamiento global se han reflejado en mayores inundaciones, sequías, huracanes, entre otros fenómenos. (p. 5)

Ciertamente, el Pacífico Norte de Costa Rica se caracteriza por poseer una época seca y una lluviosa bien definidas, sin embargo, en los últimos años, debido al cambio climático, el periodo de lluvia en todo el país (principalmente en esta región) ha ido en detrimento, esto ha causado estragos en el sector agropecuario, dada la limitada disponibilidad de agua e incluso en algunos cantones, el acceso del agua potable comienza a presentar problemas. Por ello, para mitigar o disminuir el efecto que el cambio climático provoque en la región, diferentes instituciones han implementado diversos programas a fin de garantizar la continua producción agropecuaria, así como la seguridad alimentaria.

El Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) incorporó en la *Política de Estado para el Sector Agroalimentario y el Desarrollo Rural Costarricense 2010-2021*, un pilar de trabajo denominado *Gestión de Territorios Rurales y Agricultura Familiar*, del que se deriva el Plan sectorial de agricultura familiar 2011-2014. En este proyecto, se definió un eje transversal de cambio climático dirigido al fomento de los sistemas alternativos de producción, tales como la agricultura orgánica, el manejo integrado de cultivos, los sistemas silvopastoriles y la producción sostenible (IICA, 2017).

En el marco del cambio climático, concretamente en Costa Rica, la temperatura aumentará más en las provincias de Guanacaste, Alajuela y Puntarenas, mientras que en el resto del país se esperan cambios menores (IMN, 2012). Este incremento de la temperatura media anual estará acompañado de cambios en las lluvias (Bouroncle, 2015), por lo tanto, se prevé que a futuro los impactos en las zonas rurales más importantes ocurrirán a corto plazo y, posteriormente, en relación con la disponibilidad y el suministro de agua, la seguridad alimentaria y los ingresos agrícolas, sufrirán cambios, especialmente, en las zonas de producción de cultivos alimentarios y no alimentarios en todo el mundo (IPCC, 2014). De modo que, la adaptación al cambio climático es un gran reto, y también, una buena oportunidad, para sumar los conocimientos tradicionales y científicos de los agentes involucrados

comprometidos, en encontrar un modelo productivo, capaz de satisfacer las necesidades de mercado sin comprometer la salud de los ecosistemas.

Debido a la degradación de los recursos naturales, como el suelo, el agua y la biodiversidad, muchos terrenos y los mismos productores han perdido la capacidad de adaptarse a las condiciones ambientales y económicas actuales. Por ende, conviene realizar nuevos enfoques en el manejo de las fincas, donde se protejan los recursos naturales y los ecosistemas y se rescaten prácticas que favorezcan la producción agrícola, como pueden ser la polinización, la supresión de plagas, la fijación de carbono, la regulación de los ciclos de nutrientes y el recurso del agua. Ante esta realidad, el manejo integrado de fincas pecuarias es una forma de producción sostenible que contempla el uso de tecnologías alternativas limpias, sencillas y de bajo costo; ya que, este proceso siempre trata de cerrar e internalizar ciclos y flujos de nutrientes, además permite mantener un sistema de producción dinámico, donde los excedentes vuelven al sistema en forma de ingresos económicos para el sujeto productor y su familia.

2. Marco conceptual

A continuación, se presentan conceptos relacionados con los elementos integradores de la temática desarrollada.

a. Cambio climático:

Es una importante variación estadística en el estado medio del clima o en su variabilidad que persiste durante un período prolongado (normalmente decenios o, incluso, más). El cambio climático, se debe a procesos naturales internos o a cambios del forzamiento externo, o bien, a cambios persistentes antropogénicos en la composición de la atmósfera o en el uso de las tierras. Se debe tener en cuenta que la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMCC), en su Artículo 1, define *cambio climático* como ³ : “Un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante periodos de tiempo comparables”(Naciones Unidas, 1992,p.3). Un dato importante es que de acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2014), la CMCC distingue entre el cambio climático atribuido a las actividades humanas que alteran la composición atmosférica y, la variabilidad climática atribuida a causas naturales.

En este particular, las proyecciones en lo referente al cambio climático, durante el siglo XXI, indican que se reducirán los recursos renovables de aguas superficiales y aguas subterráneas de forma sustancial en la mayoría de las regiones secas subtropicales. En las regiones secas actuales, es probable que la frecuencia de las sequías aumente al final del siglo XXI (IPCC, 2014). Las proyecciones apuntan a que el cambio climático hará que disminuya la calidad del

3 Véase el texto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio (CMCC) en su Artículo 1. Página 2-5 19-09-18 04:05 p. m. Sistema de Información Académica Formulación de Proyecto Académico Climático (CMCC). Así mismo, el tratado de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio (1992, p.3). Recuperado de: <https://www.acnur.org/fileadmin/Documentos/BDL/2009/6907.pdf>

agua bruta y, generará riesgos para la calidad del agua potable, incluso con el tratamiento convencional, debido a los factores que interactúan: aumento de la temperatura; incremento de las cargas de sedimentos, nutrientes y contaminantes debido a las fuertes lluvias; mayor concentración de contaminantes durante las sequías; e interrupción del funcionamiento de las instalaciones de tratamiento durante las crecidas.

b. Uso del agua:

Costa Rica posee una abundante oferta hídrica, de cerca de 24.784 m³ por persona al año; más de tres veces el promedio mundial (7.000 m³) y las extracciones anuales totales para los distintos sectores se estiman en 24,5 km³. Las extracciones de agua para generación hidroeléctrica representaban el 80% del total, seguido por la agricultura, con un 16 %. El uso para consumo humano, turismo, industria y agroindustria representaban menos del 4 % de la extracción total, mientras que el uso de agua para generación térmica y usos comerciales es prácticamente nulo. (MINAE *et al.*, 2013)

Entre los usos consuntivos el riego agrícola es el mayor usuario con un 66% de las extracciones, equivalente a cerca de 3.2 km³, seguido por el uso agropecuario (18%) y el uso de agua para consumo humano (9%). El uso agrícola representa el mayor porcentaje de las extracciones de agua a nivel nacional y, al mismo tiempo, más del 83% del riego se aplica por gravedad, lo que supone entonces un importante margen para hacer más eficiente el uso del recurso (MINAE *et al.*, 2013).

c. Cosecha de agua de lluvia:

El agua es un recurso indispensable para todos los seres vivos. Para los humanos, es necesaria como fuente de vida y como medio para las actividades domésticas, industriales, la generación de energía, las actividades agrícolas, pecuarias, acuícolas, medicinales, recreativas y turísticas, entre otras. Ciertamente, producir fuentes que generen agua es un término poco familiar por tratarse de un recurso que, hasta hace poco tiempo, era de fácil acceso, pero su escasez como problema global obliga a comprender que corre el riesgo de inminente agotamiento. Producir agua debe entenderse como las acciones encaminadas a proteger y recuperar las áreas vitales para su existencia, como son las zonas de filtración, de áreas de recarga acuífera, las nacientes, los ríos y las quebradas. (Salinas, 2010)

La cosecha de agua de lluvia es definida como la recolección y concentración de agua de escorrentía, para usos productivos de cultivos, pastos, árboles frutales y maderables, animales, acuicultura, recarga acuífera, belleza escénica y para usos domésticos. Para fines agrícolas, se define como un método para inducir, recolectar, almacenar y conservar el agua de escorrentía. Esta es una práctica muy artesanal y aún forma parte de muchos sistemas productivos en todo el mundo (Ibraimo y Munguambe, 2007). Ahora, de acuerdo con la disposición de la Comisión de Calidad Ambiental de Texas (por sus siglas en inglés TCEQ, *Texas Commission on Environmental Quality*) la cosecha de agua se define como la práctica de recolectar el agua, producto de la lluvia, antes de que tenga la oportunidad de trasladarse a los ríos o las quebradas o de infiltrarse en el suelo y convertirse en agua subterránea. (TCEQ, 2007)

d. Aguas residuales:

El tratamiento de las aguas residuales en Costa Rica es un tema sin resolver tanto en el ámbito normativo, como en su práctica y en su supervisión. La falta de tratamiento de las aguas residuales, sigue siendo el reto más importante, para administrar el riesgo de contaminación de los cuerpos de agua, por lo que urge posicionar el tema como un problema medular de la salud pública y el ambiente. En este particular, el informe de la Contraloría General de la República (2013) estimó que: “sólo el 5% del total aproximado de 6,279 litros por segundo de aguas residuales ordinarias que se vierten en los cuerpos receptores del país, recibe algún tipo de tratamiento previo” (p.5). Entre otros aspectos, dicho informe también señala que:

- En el país, el 19,8 % de la población dispone sus aguas residuales en el alcantarillado sanitario; y de esta población apenas el 15.19 % cuenta con tratamiento (p. 6).
- Se determinó que los cuerpos de agua están altamente presionados a causa de las diferentes fuentes de contaminación. Solamente el 5 % del total de vertidos domésticos a cuerpos de agua recibe tratamiento previo, debido a insuficientes sistemas de tratamiento por parte del AyA, la Empresa de Servicios Públicos de Heredia y las municipalidades (i).
- Riesgo de contaminación por uso generalizado de tanques sépticos. En el país, aproximadamente, el 75,5 % de la población utiliza tanque séptico, según datos del INEC. Estimaciones realizadas por la Contraloría General, el Ministerio de Salud y el AyA, revelan que, aproximadamente, el 65 % de esa población dispone sus excretas (aguas negras) en el tanque séptico y el resto de las aguas residuales (ducha, cocina o lavamanos) están conectadas al alcantarillado pluvial, vertiéndose sin tratamiento alguno en ríos y otros cuerpos de agua (p.11).
- Se encontró que las áreas de protección de los ríos Tempisque, Tárcoles, Térraba y Reventazón, seleccionados por su representatividad para el país, cuentan con cobertura forestal únicamente en un 54%. Asimismo, en el caso de 92 nacientes permanentes utilizadas para consumo humano, la cobertura forestal es del 59%. En ambos casos lo que corresponde es el 100% de cobertura forestal, conforme a las regulaciones del país (i). (Contraloría General de la República, 2013)

En la provincia de Guanacaste, solamente se cuenta con cuatro plantas de tratamiento que son administradas por el AyA ubicadas en Liberia, Cañas, Nicoya, y Santa Cruz, y solamente abarca una parte del área urbana de la cabecera del distrito primero de cada cantón. Todas estas plantas fueron construidas en 1974 bajo el tipo de laguna facultativa. En la actualidad, solamente, la laguna de Santa Cruz cuenta con disponibilidad para recibir nuevos proyectos urbanísticos (Zúñiga, 2015). El uso más frecuente de tratamiento de aguas residuales aplicado en Guanacaste es el de fosa séptica que de acuerdo con el censo 2011 en toda la provincia el 91,7 % del total de 92.584 viviendas cuenta con servicio sanitario conectado a un alcantarillado sanitario o a un tanque séptico.

e. Biodigestores:

Son estructuras cerradas herméticamente, por donde pasan los desechos orgánicos para la generación de biogás por medio de la fermentación. Este sistema en instalaciones ganaderas permite la descontaminación de un 80 % de las excretas y aguas residuales de los animales (Botero y Preston, 1987). Además, el efluente líquido excedente del proceso de fermentación en el biodigestor, puede ser utilizado para la fertilización de pasturas y forrajes de corte.

f. Fincas Integrales:

Forma de producción sostenible que contempla el uso de tecnologías alternativas limpias, sencillas y de bajo costo; siempre trata de cerrar e internalizar ciclos y flujos de nutrientes y permite mantener un sistema de producción dinámico, donde los excedentes vuelven al sistema en forma de ingresos económicos para el sujeto productor y su familia. Trabaja con base en el aprovechamiento de los recursos naturales y el balance de las funciones del agroecosistema, introduciendo prácticas ambientalmente coherentes y más saludables para las familias productoras, así como para la comunidad. La finca integral combina la conservación del suelo y de la biodiversidad, el ciclaje de los nutrientes y la regulación de plagas, la producción de alimentos y el tratamiento de desechos en esferas que interactúan y hasta cierto punto, se superponen, reconociendo que la producción agropecuaria integral está incorporada al paisaje y, como este, tiene múltiples funciones diversas y complejas (Navarro, 2014).

Dentro de las principales alternativas con las que se cuenta para el manejo de fincas integradas pecuarias, conviene mencionar la cosecha y el almacenamiento de agua de lluvia en reservorios, biodigestores para el manejo de excretas y aguas residuales, bancos forrajeros y ensilajes para la suplementación animal en épocas críticas, silvopasturas para la reducción del estrés calórico de los animales y abonos orgánicos para la fertilización de pasturas. Dichas tecnologías alternativas ecoeficientes contribuyen, en gran medida, a reducir la presión de la ganadería sobre los humedales, al contar los sectores ganaderos con las fuentes de alimentación e hidratación para sus animales dentro de sus propias fincas. (Botero y Preston, 1987)

g. Sistemas agroforestales (SAF):

Son actividades que implican la combinación de especies forestales, en tiempo y espacio, con especies agronómicas y pastos para producción animal, en procura de la sostenibilidad del sistema. Estos modelos producen madera, son rentables, diversifican la producción de las fincas y prestan servicios ambientales que colaboran con la reducción del cambio climático. Al establecer un SAF, se deben aplicar técnicas de manejo de uso del suelo, combinando árboles de uso múltiple y maderables con cultivos agrícolas perennes y producción animal en el mismo sistema, lo cual se logra mediante el uso de un “arreglo” o una secuencia temporal de cultivo, según las prioridades del productor.

3. Metodología

Diferentes instituciones concuerdan con la necesidad de promover un manejo más técnico de los sistemas de producción agrícola que considere los pronósticos climáticos, para la toma de decisiones relacionadas con la siembra y, el posterior manejo de los cultivos. Esto tiene como propósito, mejorar el sistema de seguros de cosechas y las posibilidades de financiamiento, para implementar nuevas tecnologías y utilización de variedades mejoradas a las nuevas condiciones climáticas. (MINAET, 2009). Por ejemplo:

Un ejemplo de lo que se puede realizar con estos sistemas, se observó mediante una experiencia desarrollada en dos cantones de Guanacaste. En el lugar, se instalaron cuatro reservorios que cumplieron dos funciones básicas; entre los meses de julio a diciembre, con época lluviosa, el agua cosechada permitió desarrollar la producción de Tilapia, y, en los meses entre diciembre y abril, el agua almacenada fue utilizada para riego por medio de la gravedad, utilizando riego por goteo y microaspersión para la producción de hortalizas y algunos granos básicos. (Programa de Regionalización Interuniversitaria, Informe final 2011). Cada estructura tiene entrada de agua de soporte, abastecida por ojos de agua cercanos para evitar que en la época seca queden totalmente sin ella. En algunos casos cuentan con una capa vegetativa en el talud que genera soporte y proporciona amarre al dique.

El tamaño de los reservorios varía desde los 250 m² hasta los 500 m², alcanzando una capacidad de almacenamiento entre los 600 y 1000m³, de manera que se estima una vida útil de 25 años por el uso de la geomembrana y el geotextil. Los usos oscilan, desde el abastecimiento de abrevaderos de agua para ganado hasta la producción de tilapias, con la capacidad para producir entre 2000 y 3500 peces durante el ciclo productivo. (Programa de Regionalización Interuniversitaria, 2011). En este caso, el talud se ha sembrado con pasto de corta, como estrategia de protección; este tipo de forraje, se utiliza como alimento para cerdos y ganado vacuno. En el caso de los reservorios que son utilizados en riego de cultivos, se implementan sistemas por goteo, principalmente para el riego de hortalizas como: apio, culantro, lechugas (cinco variedades), repollo, perejil, arúgula, zanahoria, chile, tomate y eneldo.

Los mismos productores reconocen la necesidad de incorporar sistemas de almacenamiento de agua, para ayudarse en la estación seca. La experiencia obtenida, en este proyecto, demuestra que la incorporación de tecnologías para cosechar agua de lluvia, lleva a un cambio de actitud por parte de los involucrados con respecto al uso eficiente del agua, además, ha sido una manera de mantener una producción diversificada y constante, elemento que, por las condiciones climáticas, en la época seca, afecta seriamente la producción agrícola en la región Chorotega. Lo mismo ocurre con la utilización de Biodigestores y Biojardineras, ya que, cada experiencia ofrece una gran variedad en las prácticas de manejo en la finca en donde se incorporan; de ahí que, aprovechar el componente de tratamiento de aguas residuales para ser reutilizadas, ya sea, en riego o en fertilización de cultivos, evidencian que estas tecnologías, dentro de los proyectos ejecutados por el CEMEDE, han demostrado que son efectivas y funcionales en sus respectivos sitios y, a pesar de involucrar mantenimiento constante, presentan opciones viables para el tratamiento de aguas residuales.

Merece mencionar que la deforestación alcanzó su valor máximo en Costa Rica en la década de 1980 y, desde entonces, se ha revertido, con un aumento de la superficie forestal que abarca desde el mínimo alcanzado en el año 2000, hasta llegar aproximadamente al 54% de la superficie del país en el 2015. La implementación de cultivos de productos básicos, para la exportación constituyó un importante factor de la deforestación, pero esta presión se ha reducido, dado los cambios estructurales realizados en la economía y la prioridad otorgada a la conservación y a la gestión sostenible de los bosques. La reducción del número de cabezas de ganado también provocó el abandono de algunas tierras y la consiguiente regeneración de bosques secundarios; y, aunque la superficie de bosques secundarios está aumentando, la tala ilegal con fines agrícolas continúa. Además, algunos agricultores evitan la regeneración del bosque porque no desean perder la oportunidad de utilizar la tierra para la agricultura (la ley forestal prohíbe el cambio del bosque natural a otros usos de la tierra, excepto en circunstancias especiales). (Stark *et al.*, 2016)

En virtud de lo anterior, las instituciones relacionadas con el ambiente y la producción agrícola y pecuaria, implementaron una estrategia que consiste en poner en funcionamiento sistemas agroforestales, dentro de los modelos, esto tiene como propósito sustituir los sistemas productivos tradicionales por modelos adaptativos de fincas. Evidentemente, en Costa Rica se han realizado diversos esfuerzos para reducir la deforestación, manejar y conservar los bosques, reforestar y establecer sistemas agroforestales (SAF) (ONF, 2013). Estas acciones han posicionado al país como una de las regiones latinoamericanas, que ha recuperado su cobertura forestal de manera satisfactoria. Estos esfuerzos han logrado promover el desarrollo sostenible y equitativo en las zonas rurales, a fin de contribuir con las políticas planteadas por el gobierno respecto al Cambio Climático y al Carbono Neutralidad.

De esta manera, pequeños y medianos productores han cumplido un papel fundamental en este logro nacional, pues las plantaciones forestales y los sistemas agroforestales son actividades que producen madera, son rentables, diversifican la producción en las fincas y prestan servicios ambientales que colaboran en la reducción del cambio climático. Asimismo, protegen la biodiversidad, el agua y generan belleza escénica, sin embargo, también se deben considerar los factores externos como el clima, la temperatura, los suelos y la topografía. La principal categorización de los Sistemas agroforestales (SAF) son:

- a. El sistema agrosilvicultural: es un sistema con el que se combinan árboles con cultivos agrícolas en el mismo sitio. Es posible asociar cultivos agrícolas, en forma de callejones, entre las hileras de los árboles o estableciéndolos en la colindancia de los bloques de producción de árboles maderables.
- b. El sistema agrosilvopastoril: es un sistema con el que se combinan árboles con cultivos agrícolas y pastos para producción animal, de forma simultánea o secuencial. Se puede combinar con el uso de cortinas rompevientos, árboles en hileras o cercas vivas.
- c. El sistema silvopastoril: es un sistema con el que se integran pastos para ganado en una misma unidad de tierra, en asociación con árboles para leña, madera, frutos y forraje. El sistema es una producción combinada que busca proporcionar un mayor beneficio al productor. Se emplean prácticas de conservación de suelos, al rotar el ganado. (Los animales a la sombra, rinden mejor).

Ahora bien, existen diferentes opciones dentro de las plantaciones forestales y los sistemas agroforestales, los cuales se pueden implementar de acuerdo con los objetivos del productor. Entre estas se encuentran:

- La plantación en bloque: pretende desarrollar plantaciones forestales en bloques o segmentos de la finca para la producción de madera de alto valor comercial, utilizando especies de rápido y mediano crecimiento.
- La plantación en hileras con cultivos: esta práctica optimiza el uso del suelo dentro de la finca, ya que se establecen plantaciones forestales en hileras en asociación con cultivos agrícolas y con la cual ingresan los ingresos económicos del productor. Esta combinación se realiza con especies forestales de rápido y mediano crecimiento con cultivos estacionales o anuales que generan ingresos constantemente, mientras se desarrollan los árboles para su posterior aprovechamiento.
- Los sistemas silvopastoriles en hileras: consiste en establecer hileras de árboles en los linderos o cercas, empleando especies de rápido crecimiento, asociada a ganadería de doble propósito para la producción de madera, leche y carne. Esta práctica mejora las condiciones del ganado, pues al aumentar la productividad por medio de la sombra proporcionada por los árboles, se propicia la captura de carbono.
- El sistema silvopastoril en franjas: esta práctica establece franjas de especies forestales de mediano y rápido crecimiento dentro de las áreas para pastoreo o que se pueden distribuir, generalmente, entre un 20% de área para la silvicultura y un 80% para la ganadería.

Entre los beneficios que se han reportado a partir de la implementación de los Sistemas agroforestales (SAF), se destacan los siguientes:

- Aprovechamiento óptimo del espacio físico.
- Aumento de los niveles de materia orgánica del suelo.
- Captura de dióxido de carbono.
- Conservación de la biodiversidad.
- Conservación del agua.
- Control de malezas.
- Mejoramiento del microclima.
- Protección de los suelos contra la erosión y la degradación.
- Reciclaje de nutrientes.
- Diversificación de la producción.
- Sostenibilidad de los componentes agrícolas y forestales.
- Producción de madera.
- Promoción de una mayor estabilidad socioeconómica.

Para el establecimiento del sistema agroforestal, la selección de los componentes según los diferentes objetivos y sitios debe ser considerada por el productor, dado que la persona determinará la disponibilidad de espacio con la que cuenta, según sus expectativas financieras. Determinar cuál sistema agroforestal establecer dependerá de los objetivos del productor, las características del sitio (suelo, clima, etcétera), las condiciones socioeconómicas (disponibilidad de mano de obra, cantidad de terreno efectivo), las características de las especies involucradas (árboles y cultivos) y del manejo de los componentes. Del mismo modo, el sistema agroforestal está relacionado directamente con los productos que se espera conseguir (ONF, 2013).

En la práctica, existe gran diversidad de sistemas que han sido desarrollados en respuesta a las condiciones particulares de cada sitio. Por lo tanto, no existe un procedimiento específico, lo recomendable es conocer las condiciones particulares de la finca y, luego, adaptar los sistemas de interés según las condiciones propias del área como la luminosidad, la velocidad y la dirección de los vientos, la temperatura y la precipitación. En este caso, la Oficina Nacional Forestal (2013) propone los siguientes criterios, para la selección de cultivos asociados con árboles maderables. De acuerdo con esta entidad, se debe escoger, principalmente, aquellos cultivos que sean compatibles con las especies maderables por elegir y que, cumplan con las siguientes características:

- No brindar sombra densa antes de que los árboles estén bien establecidos.
- No incluir especies trepadoras durante los primeros años de crecimiento de los árboles.
- No deben competir fuertemente por nutrientes y agua con los árboles recién plantados. (Debe tomarse en cuenta cuando se asocian con pastos, especialmente si estos son mejorados).
- No deben agotar los nutrientes del suelo hasta un nivel que pudiese afectar la calidad del sitio; en este caso se deben aplicar fertilizantes para reemplazar los nutrientes perdidos. (Debe tomarse en cuenta cuando se asocian con cultivos de plátano y caña).
- Cultivos de raíces y tubérculos, que tienen una gran extensión horizontal de sus raíces (por ejemplo, la yuca), se deben plantar lejos del árbol para evitar daños a sus raíces en el momento de cosechar el cultivo agrícola.
- No deben causar daños físicos a los árboles recién plantados. (Debe considerarse la caída del plátano y otras especies agrícolas).
- En sistemas agroforestales permanentes, los cultivos deben ser tolerantes a la sombra o, aún mejor, necesitar algo de ella; por ejemplo, el cultivo de cacao y café.
- Deben tener potencial económico con mercados locales e internacionales.
- Debe existir experiencia con el cultivo de la(s) especie(s) en la zona.

Para la selección de las especies forestales por utilizar, se debe tener presente que esta requiere de ciertos factores climáticos, fisiográficos y de suelo, los cuales se deben conocer de antemano, para elegir aquella(s) que se adapten mejor al sitio disponible. En el caso de

sistemas silvopastoriles en hileras, se recomienda la utilización de especies forestales de rápido crecimiento y alto valor en el mercado, como la Teca o la Melina, que entre los 8 o 16 años se puede obtener aprovechamiento de estas maderas con buenas rentabilidades, dependiendo del material genético. En el caso de sistemas silvopastoriles en franjas, se recomiendan especies de valor comercial, pero, principalmente, de rápido crecimiento, como teca, melina, jaúl, indio desnudo o poró, entre otras.

También, se recomienda emplear especies de copa pequeña o poco densa para minimizar la competencia por luz con los cultivos asociados; así, al cortar los árboles, el trabajo es menos costoso y habrá menor riesgo de dañar los cultivos. Además, las especies con hojas pequeñas reducen la erosión por golpeteo de gotas de lluvia al suelo y daños al cultivo (ONF, 2013). En el caso de árboles deciduos (aquellos que pierden sus hojas en época seca), asociados a café o cacao en zonas secas, es deseable que, generen rápidamente nuevas hojas para restablecer las condiciones originales de sombra al cultivo asociado (ONF, 2013).

4. Prácticas agrícolas

Ciertamente, para garantizar que se desarrollen las plantaciones de manera satisfactoria, se deben aplicar una serie de técnicas y actividades para mejorar el proceso de producción, mediante una serie de lineamientos, tales como:

- a. Fertilidad del suelo: se recomienda realizar el establecimiento de los árboles en buenos suelos o en sistemas agroforestales con cultivos de manejo intensivo, donde hay mayor probabilidad de conseguir resultados satisfactorios en menor tiempo. Es aconsejable que el profesional forestal realice un análisis de laboratorio, para conocer mejor las características químicas y físicas del suelo (fertilidad, contenidos de arcillas, grado de acidez, aluminio, hierro, etcétera) que puedan afectar el desarrollo de los árboles. En el caso de especies de alto valor comercial, se recomienda una fertilización el día del trasplante del árbol en el terreno o en los días próximos, especialmente a inicios de la época lluviosa. Se debe realizar una correcta fertilización, según las características del sitio y el requerimiento nutricional de la(s) especie(s). Además, cuando sea necesario, se debe realizar un manejo de la acidez y del encalado del suelo.
- b. Limpieza del terreno: la eliminación de la maleza se realiza para facilitar el establecimiento de los árboles, asegurar su crecimiento y disminuir la competencia. Puede hacerse de forma manual, química, mecanizada o combinada, dependiendo de los recursos disponibles y de las condiciones del terreno (topografía, suelo y vegetación existente, entre otros).
- c. Espaciamiento entre árboles: la distancia entre los árboles influye directamente en su crecimiento. El espaciamiento dependerá del sistema agroforestal escogido, a partir de la arquitectura de los árboles, así como de la interacción de sus componentes. En los SAF, generalmente se planta una cantidad inicial de árboles lo más cercana a la densidad final deseada; caso contrario a las plantaciones maderables, donde al inicio se establece mayor número de árboles,

con la intención de hacer una selección de los mejores, mediante la aplicación de raleos sanitarios y comerciales. Por lo tanto, en los SAF se necesita lograr un alto porcentaje de supervivencia y un crecimiento inicial rápido; en el caso de los maderables, una buena forma del fuste para todos los árboles plantados. El espaciamiento inicial de los árboles depende fundamentalmente de los objetivos del SAF, el hábito de crecimiento de la especie, la calidad del sitio y el manejo. Para bloques forestales, se recomiendan densidades altas que garanticen la sobrevivencia de la mayor cantidad de individuos, y, que estos, no se interrumpan el crecimiento entre ellos, por lo que una de las densidades de siembra más utilizada es la de 3x3 metros o de 4x4 m dependiendo de las especies utilizadas. En el caso de sistemas de siembra por hileras, es posible establecer distanciamientos de 1,20 m x 1 m ó 12x0,50 metros según la cantidad de hileras y el cultivo por plantar al lado de la hilera. En el caso de especies como la teca o la melina, se deben respetar los distanciamientos de 3x3 m o 4x4 metros. En la siembra entre hileras silvopastoriles, los árboles deben estar distanciados uno de otro por 3 ó 4 metros para garantizar el óptimo desarrollo de la copa o, en sistemas como el tresbolillo y la pata de gallo, se pueden usar distancias de 3x3 m y de 2,5x4 m.

- d. Rodajea: tiene como finalidad evitar la competencia con malezas, pastos y arbustos durante las primeras semanas y asegurar un crecimiento más rápido de los árboles. Esta práctica consiste en eliminar la maleza y los pastos a nivel del suelo, en al menos 50 centímetros alrededor del lugar donde será plantado el árbol. También, se puede realizar una limpieza total de las líneas de plantado. Esta actividad debe efectuarse periódicamente, hasta que la altura del árbol sea suficiente para librar la competencia, especialmente por luz.
- e. Siembra: una siembra adecuada es clave para el éxito de la plantación; por lo tanto, es importante capacitar a las personas que llevarán a cabo esta labor. En este caso, se recomienda plantar al inicio de la época lluviosa, para que los árboles puedan desarrollar bien sus raíces al llegar a la época seca.
- f. Resiembra: en algunos SAF, donde se emplean árboles en cortinas rompevientos, el replantar es mucho más importante que en plantaciones puras. Es fundamental lograr una alta supervivencia de todos los árboles durante el primer año, dado que espacios vacíos en la línea implicarán zonas de turbulencia, sujeción a vuelcos, y baja efectividad de la cortina. Las replantaciones deben hacerse máximo un mes después del establecimiento de la plantación inicial (especialmente en zonas con estación seca marcada); para ello, se debe hacer el recuento de los árboles muertos y realizar la resiembra.
- g. Protección y mantenimiento de los árboles: la protección y el cuidado de los árboles jóvenes es un rubro importante en cuanto a costos de mantenimiento, pues invertir en él permitirá alcanzar los objetivos propuestos y obtener árboles de buena calidad. El mantenimiento evita la competencia de los árboles por agua, luz y nutrientes, así como daños o su muerte.

- h. Raleos: los raleos son una práctica que favorece el desarrollo de los mejores árboles y es una oportunidad para sacar productos maderables. Al considerar los árboles por raleo, se debe tomar en cuenta su densidad, ubicación, forma y sanidad, eliminando los enfermos, torcidos o bifurcados.

En plantaciones en bloque con densidades equivalentes entre 625 y 1111 árboles por hectárea, conforme crece la plantación, se produce competencia, tanto entre las copas como entre las raíces, lo que conlleva a una disminución del crecimiento de los árboles. Con la reducción del número de árboles, aumenta el espacio para el crecimiento de los restantes y se reduce su competencia, a fin de poner a su disposición mayores recursos como luz, agua y nutrientes.

5. Cercas vivas

Las cercas vivas es una práctica común dentro de un sistema agroforestal, que consiste en sembrar hileras de árboles y arbustos, para delimitar los bordes de una propiedad o sus divisiones internas. Esta técnica promueve la siembra de una o más hileras de árboles plantados de forma paralela a lo largo de una cerca o de un lindero de la propiedad. Este diseño permite aprovechar el espacio en áreas de pasturas, sin perjudicar sustancialmente la producción de pastos. Además, en el caso de las cercas, los troncos de los árboles funcionan como soporte para fijar varios hilos de alambre de púas o lisos. Los tipos de cercas vivas que existen son las siguientes:

- a. Cercas *forrajeras*: su objetivo es la producción de hojas, ramas y flores para la alimentación animal. Se constituyen básicamente en especies arbustivas forrajeras como madero negro y poró, entre otras. Las anteriores especies, presentan una altura baja entre dos y cuatro metros, requieren de poda frecuente (cada tres o cuatro meses) y la disposición de luz solar es de media a alta.
- b. Cercas para *producción de leña*: su objetivo es la producción de leña (ramas y troncos). Se conforman por especies arbustivas y arbóreas como guabas, madero negro o gabilán, entre otras. Esas especies requieren de disposición solar de media a alta, presentan una altura entre cinco y siete metros y los raleos se pueden realizar entre tres y siete años.
- c. Cercas *Maderables*: su objetivo es la producción de madera rolliza, de aserrín, construcción o para la elaboración de muebles. Se conforman principalmente por especies de lento a rápido crecimiento como melina, cebo, teca, gabilán, cedro y laurel, cuya disposición solar debe ser de media a alta; presentan una altura de siete hasta quince metros; el raleo y el aprovechamiento final de la madera, se realizan según las recomendaciones para la especie utilizada.
- d. Las cercas vivas pueden ser simples (una sola especie) o mixtas (varias especies). Para el establecimiento de cercas con especies forestales, se recomienda obtener plantas en viveros comerciales, ya que establecer un vivero en la finca demanda mayor tiempo y cuidado. En el caso de cercas con especies de uso múltiple, es preferible que la especie pueda ser reproducida por estacas.

6. Conclusiones y recomendaciones

Diferentes instituciones concuerdan en la necesidad de promover un manejo más técnico de los sistemas de producción agrícola que tome en consideración los pronósticos climáticos, para la toma de decisiones relacionadas con la siembra y el posterior manejo de los cultivos, a fin de mejorar el sistema de seguros de las cosechas y las posibilidades de financiamiento para implementar nuevas tecnologías y usar variedades mejoradas ante las nuevas condiciones climáticas. (MINAET, 2009).

En virtud de lo anterior, es importante tratar de incluir no solo al Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) como apoyo para el proyecto, sino también instituciones como el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) y al Servicio Nacional de Riego y Avenamiento (SENARA) para que la implementación de modelos de fincas integrales pueda ser desarrollado, en aras de mejorar la productividad y la sostenibilidad.

La aplicación de tecnologías como los sistemas de cosecha de agua de lluvia, los Biodigestores y las Biojardineras, en los diferentes proyectos implementados por el CEMEDE en la provincia de Guanacaste, han demostrado que su uso como medidas es un aporte mediante el cual, no solo se mejoran las fincas, sino las condiciones ambientales y económicas de los beneficiados, al adoptar estas tecnologías como parte de sus modelos productivos, así como, dentro de sus estilos de vida. Nótese que, según datos del MINAE y el FONAFIFO (2016), los diferentes modelos de sistemas agroforestales adecuados a las condiciones de las fincas, pueden aumentar la rentabilidad entre dos a diez millones de colones, según el modelo de sistema agroforestal que se implemente.

Para la región del Pacífico Norte del país, los modelos de fincas integrales son una excelente medida de adaptación y mitigación de los efectos del cambio climático. Esto se debe, a que una de las principales actividades generadas en la zona es la ganadería y, los sistemas agroforestales proporcionan la captura de carbono y ayudan a mitigar y compensar las emisiones de gas metano (CH₄) generadas por la actividad. Además, la sombra proporcionada por los árboles mejora la productividad, ya que reduce el estrés calórico en los animales.

En síntesis, la aplicación de los Sistemas Agroforestales responde a las necesidades del productor, a la disponibilidad de terreno con la que cuente y a los objetivos productivos que desee establecer. Sin duda, una buena selección de un modelo, puede asegurar una rentabilidad y no un gasto extra en las actividades productivas desarrolladas.

7. Bibliografía

Álvarado, L.F., Contreras, W., Alfaro, M. y Jiménez, E. (2012) *Escenarios de cambio climático regionalizados para Costa Rica*. Costa Rica: Instituto Meteorológico Nacional (IMN).
Recuperado de: <http://cglobal.imn.ac.cr/documentos/publicaciones/EscenariosCambioClimatico/escenariosCCRegionalizados2012.pdf>

- Botero, R., Preston, T. (1987). Biodigestor de bajo costo para la producción de combustible y fertilizante a partir de excretas. Manual para su instalación, operación y utilización. Cali, Colombia: Centro Para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria- CIPAV. Recuperado de: <http://usi.earth.ac.cr/glas/sp/biodigestor.pdf>
- Bouroncle C., Imbach P., Läderach P., Rodríguez B., Medellín, C., Fung E., Martínez, M.R. y Donatti, C. (2015). *La agricultura de Costa Rica y el cambio climático: ¿Dónde están las prioridades para la adaptación?* Copenhague, Dinamarca: CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS).
- Camacho, A. y Solano, V. (2010). *Un modo de cooperación técnica sobre los servicios ambientales en Costa Rica*. San José: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). Recuperado de: <http://repiica.iica.int/docs/B1685e/B1685e.pdf>
- Costa Rica. Contraloría General de la República. (2013). *Informe acerca de la eficacia del Estado para garantizarla calidad del agua en sus diferentes usos* (Informe No. DFOE-AE-IF-01-2013 15 de febrero, 2013). San José, Costa Rica. Recuperado de: https://cgrfiles.cgr.go.cr/publico/jaguar/sad_docs/2013/DFOE-AE-IF-01-2013.pdf
- Costa Rica. MINAE, SENARA, Dirección de Aguas, AyA, MIDEPLAN, Presidencia de la República. M. Ballesterio (coord.). (2013). *Agenda del agua de Costa Rica*. San José. Recuperado de: http://www.da.go.cr/wp-content/uploads/2018/05/Agenda_del_Agua.pdf
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). (2014). *Cambio Climático 2014. Impacto, adaptación y vulnerabilidad – Resumen para responsables de políticas*. Contribución del Grupo de trabajo II al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, ... y L.L. White (eds.)]. Ginebra, Suiza: Organización Meteorológica Mundial. Recuperado de: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/ar5_wgII_spm_es-1.pdf
- Ibraimo, N. y Munguambe, P. (2007). *Rainwater Harvesting Technologies for small scale rain-fed agriculture in arid and semi-arid areas*. Maputo, Mozambique: University Eduardo Mondlane.
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). (2017). *La agricultura tropical frente al cambio climático, Costa Rica Carbono Neutral 2021*. Recuperado de: http://www.infoagro.net/programas/regatta/pages/actividades/Compendio_Es.pdf
- Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones (MINAET). (2009). *Estrategia Nacional de Cambio Climático* (1a ed.) San José: Editorial Calderón y Alvarado S.A.
- Oficina Nacional Forestal (ONF). 2013. *Guía Técnica SAF para la implementación de Sistemas Agroforestales (SAF) con árboles maderables*. San José: MINAE, FONAFIFO.

- Ordas, J.L., Ramírez, D., Mora, J., Acosta, A. Serna, B. (2010). *Costa Rica: efectos del cambio climático sobre la agricultura*. Recuperado de: <https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/25921/lcmexl972.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2014). *Objetivos de Desarrollo del Milenio: Región logró la meta del hambre*. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/a-i4018s.pdf>
- Programa de Regionalización Interuniversitaria CONARE. (2011). *Fortalecimiento de la seguridad alimentaria mediante el desarrollo y fomento de reservorios artificiales de aguas precipitadas, para la utilización en agricultura sostenible, en la Región Chorotega de Costa Rica* (I Informe de avance, enero – junio 2011). San José.
- Salinas, A., Arrieta, J., Medina, R. (2012) [*Programa de Regionalización Interuniversitaria CONARE*] *Reservorios artificiales para captura de agua, para la producción agropecuaria en la Región Chorotega*. San José.
- Stark, F., Moulin, C., Cangiano, C., Vigne, M., Vayssières, J., González-García, E. (2016). Metodologías para la evaluación de sistemas agropecuarios. Parte II. Eficiencia Energética (EMERGY), Trayectoria de Sistemas y ejemplo de un modelo de análisis integral de fincas (GAMEDE). *En Pastos y forrajes*, 39(2), 81-88.
- Zúñiga, S. (2015). *Proyecto mejoramiento en el tratamiento de aguas residuales a través de biojardineras*. Formulación de proyecto académico. Guanacaste: Sistema de Información Académica (SIA). Sede Regional Chorotega, Universidad Nacional.

EXPERIENCIAS DEL PROCESO SOCIO-PARTICIPATIVO PARA EL FORTALECIMIENTO DE CAPACIDADES EN ASOCIACIONES DE ACUEDUCTOS COMUNALES (ASADAS) EN SANTA CRUZ, ABANGARES Y NICOYA

M.Sc. Álvaro Baldioceda Garro ¹
M.Sc. Guillermo Durán Sanabria ²
Licda. Daniela Rojas Cantillano ³
M.Sc. Johanna Rojas Conejo ⁴
M.Sc. Luisa Rojas Zamora ⁵
PhD. Andrea Suárez Serrano ⁶
M.Sc. Anny Guillén Watson ⁷

- 1 Graduado de Licenciado en Ingeniería Química de la Universidad de Costa Rica y de maestría en Gestión Ambiental y Desarrollo Local del Instituto Centroamericano de Administración Pública (ICAP). Coordinador del Laboratorio de Tratamiento y Reutilización de Aguas Residuales (HIDROCEC-UNA). alvaro.baldioceda.garro@una.ac.cr, Centro de Recursos Hídricos para Centroamérica y el Caribe (HIDROCEC), Universidad Nacional. Académico HIDROCEC.
- 2 Bachiller en ingeniería forestal del Instituto Tecnológico de Costa Rica y máster en geografía y manejo de recursos naturales por la Universidad Estatal de San Francisco, en California. Su experiencia ha sido mayormente en el análisis espacial para el manejo de los recursos naturales. Centro de Recursos Hídricos para Centroamérica y el Caribe (HIDROCEC), Universidad Nacional.
- 3 Licenciada en Química Industrial de la Universidad Nacional, con maestría en Gerencia de Proyectos de Desarrollo de Instituto Centroamericano de Administración Pública (ICAP)
- 4 Bachiller en Laboratorista Químico, UCR, licenciada en Manejo de Recursos naturales de la UNED y Máster en Ciencias del Agua, con énfasis en calidad de agua de la CIRA/UNAN Managua. Su experiencia ha sido mayoritariamente en el análisis de aguas y datos de calidad de aguas como recurso geotérmico, consumo humano y ecosistema fluvial
- 5 Docente e investigadora de la Sede Guanacaste de la Universidad de Costa Rica. Licenciada en Salud Ambiental de la Universidad de Costa Rica y máster en Ciencia y Gestión Integral del Agua de la Universitat de Barcelona.
- 6 Bióloga, licenciada en Manejo de recursos naturales. Doctorado en la Universidad de Barcelona en ecología fundamental y aplicada con énfasis en ecosistemas fluviales continentales. Posse 19 años de experiencia de trabajo en temas relacionados al recurso hídrico. Directora HIDROCEC-UNA
- 7 Bachiller en Ingeniería en Biotecnología del TEC, donde también adquirió el título de Licenciatura en Biotecnología y el Máster en Gestión de Recursos Naturales y Tecnologías de Producción. Ha adquirido experiencia profesional en los últimos 13 años en diversas áreas de trabajo que incluyen control biológico de insectos, biología molecular, cultivo in vitro de tejidos vegetales, virología en plantas y muestras de agua, criopreservación de especies leñosas, bioprospección para la obtención de metabolitos secundarios a partir de diversos microorganismos y microbiología ambiental.

Resumen

Las Asociaciones Administrativas de los Sistemas de Acueductos y Alcantarillados (ASADAS) abastecen de agua a un 30 % de la población costarricense por intermedio de unas 1.500 organizaciones locales, sin disponer de un marco regulatorio específico que vele por la sostenibilidad, así como del uso eficiente y beneficioso del agua. Estas organizaciones comunales han sido prácticamente invisibles en las políticas hídricas y, recientemente, se han hecho distintas labores para darles mayor cohesión y articulación social entre ellas. De ahí surge la necesidad de apoyar a estas asociaciones, para que desarrollen un mejoramiento continuo en el manejo del recurso hídrico, por lo que el Centro de Recurso Hídrico para Centroamérica y el Caribe (HIDROCEC), de la Sede Regional Chorotega de la Universidad Nacional, busca el fortalecimiento de las capacidades al colaborar en el desarrollo de programas en conjunto con las ASADAS pertenecientes a las zonas de Abangares, Nicoya y Santa Cruz; así como, construir procesos para el desarrollo de capacitaciones para que formulen y materialicen proyectos en sus comunidades; brindar acompañamiento e implementar planes de seguridad en la adecuada gestión comunitaria del agua; sistematizar la información obtenida a lo largo de la duración del proyecto para tener acceso y análisis más rápidos y fiables e incentivar el acercamiento entre el cuerpo estudiantil, las comunidades, los entes gubernamentales y las mismas ASADAS, para el apoyo mutuo en temas de gestión del agua. Este proyecto, se llevó a cabo, mediante talleres participativos para mejorar la gestión del agua, la identificación de las necesidades de la comunidad con respecto a este tema, el diseño de planes de acción, la concientización de las problemáticas que se enfrentan y cómo atenderlas y, sobre todo, el intercambio de conocimientos que posibiliten la puesta en marcha de este tipo de proyectos en otras zonas del país que así lo requieran.

Palabras clave: ASADAS, gestión comunitaria, fortalecimiento, capacitaciones.

Abstract

Asociaciones Administrativas de los Sistemas de Acueductos y Alcantarillados (ASADAS) supply water to just over 30 % of the Costa Rican population through some 1,500 local organizations without access to a specific regulatory framework for their use, efficient and beneficial use of the water. These community organizations have been virtually invisible in water policies and only recently have real efforts been made to give them greater cohesion and social articulation among themselves. For this reason, there is a need to support these associations to develop a continuous improvement in the management of water resources, for which the Centro de Recursos Hídricos para Centroamérica y el Caribe (HIDROCEC), of the Sede Regional Chorotega of the Universidad Nacional, seeks the strengthening of capacities by

collaborating in the development of programs in conjunction with the ASADAS belonging to the Abangares, Nicoya and Santa Cruz areas; as well as build processes for the development of training to formulate and materialize projects in their communities; provide accompaniment and implement security plans in the proper community management of water; systematize the information obtained throughout the duration of the project to have quicker and more reliable access and analysis and encourage the rapprochement between the student body, communities, government entities and the same ASADAS, for mutual support in water management issues. All this through participatory workshops to improve water management, identification of the needs of the community regarding this issue, design of action plans, awareness of the problems and how to solve them, but above all, exchange of knowledge that enables the implementation of this type of project in other areas of the country that requires it.

Key words: ASADAS, community management, strengthening, trainings.

1. Introducción

En la década de 1990, el concepto de seguridad hídrica, mundialmente, involucraba aspectos específicos de seguridad humana, como: seguridad militar, alimentaria y ambiental. Para el año 2000, en el Segundo Foro Mundial del Agua, la Asociación Mundial para el Agua (GWP, por sus siglas en inglés) presentó una definición integradora que consideraba aspectos relacionados con el acceso y la asequibilidad del agua, así como las necesidades humanas y la salud ecológica. Pero, no fue hasta el 2015, cuando la Organización de las Naciones Unidas (ONU) aprobó la Agenda 2030 en lo referente al Desarrollo Sostenible (ONU-Agua, 2014). Dicho documento, contiene 17 metas u “Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM)”. El objetivo seis, enfocado en *Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos*; busca tener un acceso universal y equitativo, con respecto al uso de agua potable. Además, procura mejorar su calidad y disponibilidad para evitar la escasez, de manera que, se apoye y se fortalezca la participación de las comunidades locales, con el afán de lograr mejorar la gestión del agua y su saneamiento (ONU-Agua, 2014).

De manera que, la protección y la distribución sostenible del recurso hídrico es un desafío de gran relevancia para la sociedad, pues regula la cantidad y calidad del agua, de ahí que, su protección y la gestión sostenible, debe llevarse a cabo, mediante un enfoque integral que atienda ambos aspectos: la cantidad y la calidad; sin ello, las consecuencias ambientales, sociales y económicas pueden ser negativas (Guerrero *et al.*, 2006). Ciertamente, en Costa Rica, la situación es muy diferente, comparada con otros países en desarrollo; esto se debe a que, por los altos porcentajes de cobertura en agua potable y saneamiento que ofrece el país, se considera que ha cumplido con los ODM, y, por lo tanto, se requiere únicamente de inversiones ordinarias. Sin embargo, para aumentar tanto la cobertura del alcantarillado como el tratamiento de las aguas residuales domésticas o municipales, se necesita financiación extraordinaria. (MIDEPLAN, 2017).

En este sentido, se debe considerar que existe un porcentaje importante de sistemas de abastecimiento de agua, cuya fuente es de origen superficial (quebradas, ríos o nacientes al aire libre) y, en muchas ocasiones este recurso hídrico no recibe un tratamiento adecuado antes de distribuirlo a los usuarios (Mora y Portuguez, 2012). De ahí, la importancia y la necesidad de una mayor participación e involucramiento en la gestión del agua, de parte de los diferentes sectores (ASADAS, municipalidades y otros operadores). Estas acciones permitirían alcanzar los objetivos y las metas planteadas en el Plan Nacional de Desarrollo Rural Territorial 2017-2020⁸, así como, los ODM de la ONU (Mora y Portuguez, 2012; Inder, 2017).

Las Asociaciones Administrativas de los Sistemas de Acueductos y Alcantarillados (ASADAS) son grupos de personas que se organizan en cada comunidad para crear y administrar la infraestructura, las nacientes y los pozos que se utilizan para distribuir el agua a los vecinos. Igualmente, velan por la captación, el tratamiento, la purificación del agua y el mantenimiento de la red de tuberías. Su labor ha sido de gran relevancia, pues en el año 2015 administraban una cantidad importante de sistemas de abastecimiento, con una cobertura cercana al 29,1% de la población total del país. Por eso, se ha considerado que las ASADAS son entes determinantes, para mejorar el servicio de abastecimiento de agua potable a nivel nacional (AyA, 2015), cuya relevancia como organización es incluso reconocida en el Decreto N° 40946-MJP⁹ del Poder Ejecutivo, en el que se establece que:

Ley de Asociaciones N° 218 del 8 de agosto de 1939 y sus reformas, confiere al Poder Ejecutivo la potestad de declarar de Utilidad Pública a las asociaciones simples, federadas o confederadas, cuyo desarrollo y actividades sean particularmente útiles para los intereses del Estado, y que por ello contribuyan a solventar una necesidad social. (Ministerio de Justicia y Paz, 2018)

En tal caso, si las ASADAS velan por el agua que distribuyen a los usuarios, el Decreto integra la necesidad de vincular esta labor, directamente, con la gestión integral del recurso hídrico (Mora y Portuguez, 2003). De modo que, para un mejoramiento en la calidad del servicio, las ASADAS deben identificar una serie de aspectos tales como:

- a. Necesidades de ampliación de la infraestructura de saneamiento básico.
- b. Rehabilitación del sistema de abastecimiento de agua.
- c. Capacitación del personal encargado de la operación, mantenimiento y administración del servicio de abastecimiento de agua y aguas residuales.
- d. Identificación de las medidas para preservar las fuentes de agua y

8 Véase específicamente en el apartado para el fortalecimiento de la gestión integrada del recurso hídrico en territorios rurales. Así mismo, el Instituto de Desarrollo Rural (Inder), en alianza con diferentes instituciones del país, ha desarrollado e implementado este plan para reunir personas y mejorar la comunicación entre sí, con el fin, de que logren alcanzar objetivos en común.

9 Para más información, léase: *La Gaceta* N° 61 del 09 de abril del 2018. Recuperado de: https://www.impresanacional.go.cr/pub/2018/04/09/COMP_09_04_2018.html

- e. Actualización de los reglamentos, las normas y los códigos de buenas prácticas relacionados con la calidad del agua de consumo humano. Adicionalmente, sistematizar la información en el ámbito regional permite planificar las inversiones en cuanto a la ampliación de la cobertura, el mejoramiento y la rehabilitación de los servicios en el sector de agua y saneamiento (Rojas, 2002).

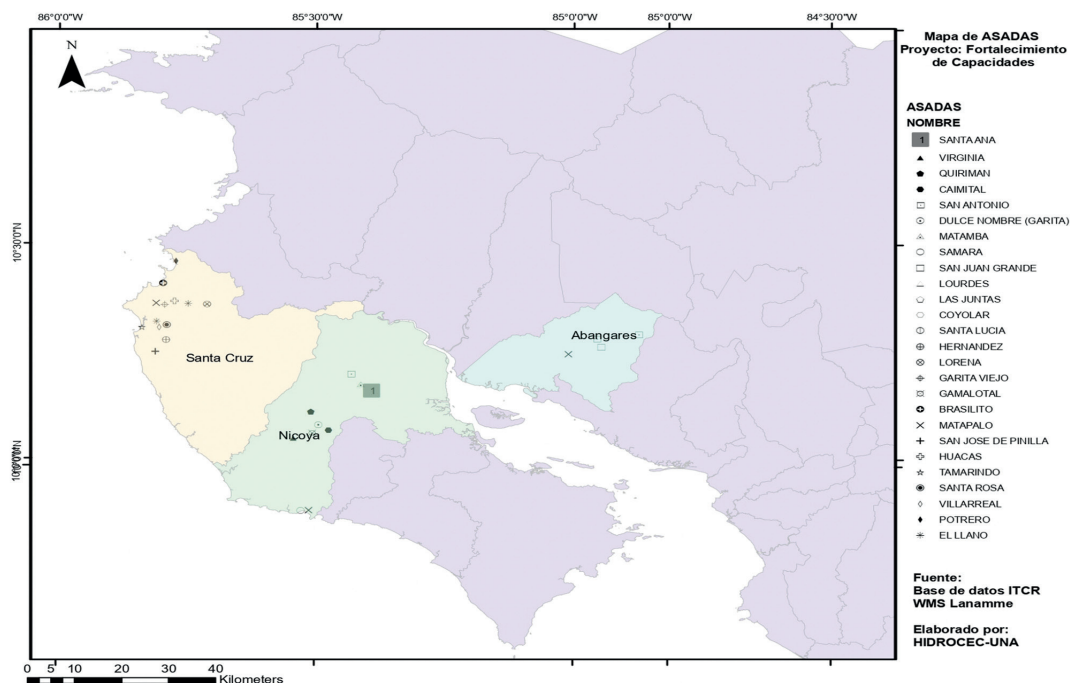
A partir de este marco de referencia, en el año 2015, se ha generado un proyecto en el que trabajan conjuntamente las ASADAS, el HIDROCEC de la Universidad Nacional y los distintos actores locales involucrados en la gestión del agua, con la finalidad de fortalecer un proyecto integral, desde los niveles comunales, que tiene como objetivo mejorar todos los aspectos relacionados con el recurso hídrico.

2. Ubicación geográfica

Las zonas de estudio comprendieron 27 Asociaciones de Acueductos Comunales pertenecientes a los cantones de: Santa Cruz, Abangares y Nicoya, en la provincia de Guanacaste (ver figura 1). Estas asociaciones se detallan a continuación:

- **Santa Cruz:** El Llano, Playa Potrero, Villarreal, Santa Rosa, Tamarindo, Huacas, San José de Pinilla, Matapalo, Playa Brasilito, La Garita, Lorena, Hernández y Cebadilla.
- **Abangares:** Santa Lucía, Coyolar, Acueducto Municipal, San Juan Grande y Lourdes.
- **Nicoya:** Playa Samara, El Piave y Matamba, Dulce Nombre, San Antonio, Caimital, La Virginia, Gamalotal, Las Y Griegas y Santa Ana.

Figura 1
Ubicación geográfica y administrativa de las ASADAS



Fuente: Elaboración propia, a partir de la base de datos ITCR, WMS Lanamme, 2018.

3. Gestión del agua en Costa Rica

La calidad del agua potable es un determinante ambiental de la salud pública. Es por esto, por lo que la garantía de la calidad del agua potable ha sido un pilar primario en la salud, por más de 150 años, y, sigue siendo, la base de la prevención y del control de las enfermedades transmitidas por el agua (OMS, 2008). No obstante, la vulnerabilidad de los sistemas de abastecimiento de agua potable puede llegar a ser muy alta, debido a los riesgos en que muchos de estos sistemas se encuentran, aunado a esto, se deben tomar en consideración los eventos naturales como: las tormentas, las inundaciones, los terremotos, los deslizamientos y la contaminación ambiental de origen antropogénico. Por lo tanto, el acceso al agua de excelente calidad, para el consumo de la población es una cuestión crucial en materia de salud y desarrollo, en los ámbitos nacional, regional y local (ONU-Agua, 2014).

En Costa Rica, la gestión del agua en términos de administración y distribución se realiza por diferentes entes operadores, entre ellos: el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA), la Empresa de Servicios Públicos de Heredia (ESPH), las Municipalidades y las ASADAS. En la Región Chorotega, propiamente, existía en el año 2012 un total de 329 entes operadores de agua, cuya cobertura de distribución de agua para consumo humano era la siguiente: 52,3 % AyA, 34% ASADAS y 3,6% municipios, para una cobertura total del 89,9%

de la población. Sin embargo, desde ese entonces existían discrepancias con respecto a la calidad del agua suministrada, dado que, en el plano cantonal, se apreciaba una gran variedad, entre los datos de cobertura de la calidad del agua potable, la cual oscilaba entre un 10% y un 98% de calidad (Mora y Portuguez, 2012).

En este particular, se ha comprobado, que las inversiones preventivas en sistemas de abastecimiento de agua de calidad y de saneamiento pueden ser rentables, desde el punto de vista económico, puesto que, la disminución de los efectos adversos, para la salud y la consiguiente reducción de los costos derivados de las externalidades ambientales negativas, son superiores al costo de las intervenciones. En este caso, la experiencia ha demostrado que las medidas destinadas a mejorar el acceso al agua potable favorecen en particular a los pobres, tanto de zonas rurales como urbanas y, pueden ser un componente eficaz de las estrategias de mitigación de la pobreza (OMS, 2006).

De manera que, para garantizar el acceso de agua de calidad, y, que este no represente ningún riesgo para la salud, es necesario el desarrollo de un plan o una estrategia que garantice que el agua llegue en cantidad, calidad y continuidad adecuada a las personas (ONU-Agua, 2014). Para solventar esta situación, los países han desarrollado diversos planes y estrategias destinadas a cumplir con este objetivo y, garantizar, el suministro de agua por medio del desarrollo y la puesta en práctica de sistemas de captación, tratamiento y distribución del agua, al adaptar estos planes a las condiciones biofísicas, socioeconómicas y culturales del lugar.

Véase que, la gestión preventiva es el mejor sistema, para garantizar la salubridad del agua para el consumo humano y, debe tener en cuenta, las características del sistema de abastecimiento de agua; desde la zona de captación y la fuente, hasta su uso por parte de los consumidores. Por eso, la Organización Mundial de la Salud ha sistematizado todo el proceso en lo que se conoce como los *Planes de Seguridad del Agua* (PSA) (Baltran *et al.*, 2009). Estos procedimientos, se basan, en principios de gestión de riesgos a partir de otros enfoques, entre los que se incluyen los Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (APPCC), así como, el enfoque de controles múltiples. Dentro de los objetivos que buscan estos planes se encuentran:

1. Minimizar la contaminación de fuentes de agua.
2. Reducir o eliminar la contaminación mediante el tratamiento.
3. Prevenir la contaminación durante el almacenamiento, la distribución y la manipulación (Baltran *et al.*, 2009).

Así las cosas y, tomando en consideración esta iniciativa, se pretendió trabajar los PSA en las ASADAS, al abarcar integralmente el componente *comunidad y actores involucrados* en la gestión del agua, mediante el fortalecimiento de las capacidades de planificación, de control, de prevención de eventos de contaminación, así como, el almacenamiento y, la distribución y el manejo del agua que se entrega a los usuarios.

4. Metodología de investigación

El proceso metodológico consistió en realizar una serie de actividades, para brindar capacitaciones, generar el intercambio de conocimientos y habilidades técnicas, operativas y de planificación, en busca de un diagnóstico, control y vigilancia de la calidad del agua y la gestión de los riesgos. Para ello, el proceso se subdividió en cuatro fases, las cuales se explican a continuación.

Fase 1. Recolección, interpretación y análisis de la información obtenida por las ASADAS participantes. A lo largo de esta fase, se incluyó las acciones previas que deben realizarse para planificar el trabajo con las ASADAS, tales como: la firma de acuerdos o consentimientos informados, el levantamiento de la información obtenida y las visitas a los actores relacionados con la gestión hídrica; todo esto se realizó mediante las siguientes acciones:

- a. Selección de las ASADAS según los criterios preestablecidos.
- b. Realización de formularios para identificar y mejorar la gestión del agua en las comunidades seleccionadas.
- c. Convocatoria de los agentes participantes por medio de un contacto directo vía telefónica o algún medio afín.
- d. Realización de talleres participativos con miembros de las ASADAS seleccionadas para identificar sus necesidades.
- e. Formalización de acuerdos en conjunto, con base en los talleres participativos, con el objetivo de mantener un proceso continuo para mejorar el manejo del recurso hídrico.

Fase 2. Se realizó el diseño y la ejecución de los temas de capacitación, para formular los proyectos, con base en los PSA. Durante esta fase, se llevaron a cabo reuniones con los académicos involucrados en el proyecto, a fin de seleccionar y diseñar la mejor forma de expresar los conceptos asociados a la gestión del recurso hídrico, acorde a las necesidades de cada una de las ASADAS participantes. En este proceso, *las primeras capacitaciones se enfocaron en el diseño de un programa dirigido a las necesidades para mejorar la gestión comunitaria del agua, con el propósito de asegurar su potabilidad y su seguridad, mediante la aplicación de las perspectivas planteadas en el programa Planes de Seguridad del Agua.* Los módulos que se realizaron se describen a continuación:

- a. Módulo 1. Gestión Integral del Recurso Hídrico (GIRH).
- b. Módulo 2. Calidad del agua.
- c. Módulo 3. Medición, ahorro y uso eficiente del agua.
- d. Módulo 4. Manejo administrativo de asadas.
- e. Módulo 5. Introducción a los PSA.
- f. Módulo 6. Mantenimiento operativo.
- g. Módulo 7. Gestión de riesgos ante los desastres naturales.
- h. Módulo 8. Llegando a acuerdos.

Las *segundas capacitaciones* fueron dirigidas a construir procesos, para el desarrollo de capacidades en formulación de proyectos, ante diferentes entes financieros, con el fin de que las ASADAS formularan y materializaran proyectos para sus comunidades. Los módulos respectivos, se resumieron en cuatro aspectos, a saber:

- a. Diagnóstico: identificación del problema por solucionar.
- b. Planificación: desarrollo de la idea para transformarla en un proyecto.
- c. Ejecución: la puesta en marcha del proyecto.
- d. Evaluación: determinación del logro de todos los objetivos y sus alcances.

Fase 3. Sistematización de las experiencias obtenidas en el período de estudio, para la socialización y su posible réplica en otras áreas del país. Esta fase, se llevó a cabo, para transferir y compartir el conocimiento adquirido durante este proyecto. Para ello, se siguieron los siguientes pasos:

- a. Identificación de los actores directos e indirectos del proceso de desarrollo (aquellos que personalmente participaron en las decisiones y acciones de la experiencia de desarrollo).
- b. Descripción de la situación inicial y sus elementos de contexto; es decir, indicando de manera precisa cuál era el problema o la oportunidad a la que la experiencia de desarrollo estaba referida. También, se describieron los elementos que están bajo el control directo de los actores del proceso, con el fin de diferenciar en qué medida éstos están influyendo en el proceso y en los resultados finales de las experiencias.
- c. Descripción del proceso de intervención, mediante el involucramiento de los elementos relacionados, como las actividades, la secuencia en el tiempo, el papel que juega cada uno de los principales actores, los métodos o las estrategias empleados, entre otros aspectos.
- d. Descripción de la situación final y sus elementos de contexto, mediante el detalle de los resultados de la experiencia al momento de realizar la sistematización.
- e. Generación de nuevos conocimientos o iniciativas de mejoramiento, a partir del trabajo realizado, para obtener pautas para mejorar la capacidad de toma de decisiones de los agentes del desarrollo local.

Fase 4. Incentivo de los estudiantes para participar en las diversas actividades relacionadas con el proyecto. El desarrollo de esta fase consistió en informar a la comunidad estudiantil de la Universidad Nacional, de la Sede Regional Chorotega, en lo referente a los objetivos y alcances de este proyecto, e incentivarlos, a participar en sus diversas áreas. Esto contribuyó a que se involucraran, para realizar pequeños talleres de difusión respecto a la importancia de la adecuada gestión del recurso hídrico.

5. Experiencias en el desarrollo del proyecto

Con cada fase desarrollada, se estableció una serie de logros que favorecieron aspectos como la sensibilización y el empoderamiento de las comunidades, al permitirles pasar de, simples usuarios del agua a agentes comprometidos con el uso adecuado y la protección del recurso hídrico en las cuencas hidrográficas. Los logros alcanzados se detallan a continuación.

Fase 1. Recolección, interpretación y análisis de la información obtenida por las ASADAS participantes. Mediante este procedimiento, se creó un listado de las ASADAS consideradas prioritarias por el proyecto, en donde se destacan las que pertenecen a los cantones de Nicoya, Santa Cruz y Abangares. Posteriormente, y una vez identificadas por sector, se realizó un proceso de invitación, en el que 27 ASADAS no solo participaron, sino que lograron finalizar todo el proceso. Las que no lo consiguieron, se debió a problemas como: dificultad al acceso del lugar en donde se llevaron a cabo las capacitaciones (ejemplo: las ASADAS del cantón de Abangares, ya que, trasladarse al centro de Abangares se les dificultaba). Otro de los factores que afectó fue la organización dentro de las mismas ASADAS (por la poca disponibilidad de tiempo y personal) y, en algunos casos, hubo desinterés o poca responsabilidad por parte de los miembros, al no asistir a todos los talleres.

A pesar de algunas situaciones, en otros cantones la participación fue muy exitosa, debido, principalmente, al nivel socio-organizativo de las ASADAS. Tal es el caso de las ASADAS de Santa Cruz, dado que, en este cantón existe la Unión de ASADAS de la Costa (UNAGUACOSTAS). Esta agrupación, está conformada por un grupo de ASADAS que se reúnen periódicamente, para sugerir e incentivar la mejora del recurso hídrico; lo que ayudó en gran medida, a la participación de un grupo más consolidado e interesado por los procesos de capacitación. Vale destacar que, seguidamente y previo a las capacitaciones, se determinó el interés de cada ASADA seleccionada, mediante reuniones personalizadas con cada una. Durante el proceso, se les aplicó el *Formulario unificado de información sobre organizaciones comunales prestadoras de servicios de agua potable y saneamiento* (ver anexo 1).

Este formulario consiste en una serie de preguntas acerca de la gestión administrativa, financiera, comercial y comunal, así como, el recurso hídrico, los sistemas de agua y los sistemas de aguas residuales; todo ello, con el fin de determinar las fortalezas y la vulnerabilidad que presenta cada ASADA. En este caso, la información recolectada se digitalizó, se tabuló y se analizó. No obstante, durante la realización de este formulario hubo algunas preguntas que los miembros presentes de la junta directiva y demás personal de la ASADA (si estaban durante la consulta) no tenían el conocimiento para contestar. Debido a esto, esas preguntas quedaron en blanco y, al final, eso dificultó el análisis del instrumento de medición, ya que, los valores se contabilizaban como cero, cuando en realidad, la información suministrada significaba que no se conocía el dato.

Un año después del desarrollo de los primeros talleres (2017), se llevó a cabo una serie de reuniones con las mismas ASADAS, con el fin de establecer si hubo alguna implementación de mejora en la gestión del recurso, luego del proyecto predecesor (2016). Para ello, se les aplicó un nuevo instrumento de consulta para la actualización y el seguimiento de su estado como ASADA. En estas reuniones se concluyó que, gracias a las capacitaciones, se han desarrollado avances para la adecuada gestión del recurso hídrico. Uno de esos casos fue el de la ASADA La

Y Griega, en la cual, se determinó la necesidad de construir una casetilla para cubrir y proteger el pozo de agua, pues estaba expuesto a factores ambientales y, a la fauna. Para solventar el problema, la ASADA se organizó y logró conseguir financiamiento, lo que les permitió realizar la debida estructura (ver figura 2).

Figura 2
Casetilla construida alrededor del pozo en ASADA, La Y Griega



Fuente: Elaboración propia, 2018.

Merece mencionar que, gracias a estas reuniones de actualización, se estableció una agenda de seguimiento participativa con aquellas ASADAS seleccionadas para continuar el proyecto en el año 2017 y, con ello, se establecieron los temas de interés para las nuevas capacitaciones y el fortalecimiento del talento humano, dirigido a los miembros de la Junta Directiva y al personal de la ASADA.

Fase 2. Diseño y ejecución de los temas de capacitación para la formulación de proyectos, con base en los PSA. En esta segunda fase, se logró generar y aplicar el material de los ocho

módulos de capacitación elaborados según las necesidades de las ASADAS que, a su vez, fueron congruentes con las demandas del ente rector del agua potable y saneamiento (AYA). Igualmente, se desarrollaron los módulos para la formulación de proyectos. En ambos casos, el objetivo fue lograr que las ASADAS identificaran sus vulnerabilidades y tomaran las medidas necesarias para solventarlas (ver figura 3).

Figura 3
 Capacitaciones realizadas en las ASADAS y material elaborado por ellas para determinar vulnerabilidades existentes en cada una



Fuente: Elaboración propia, 2018.

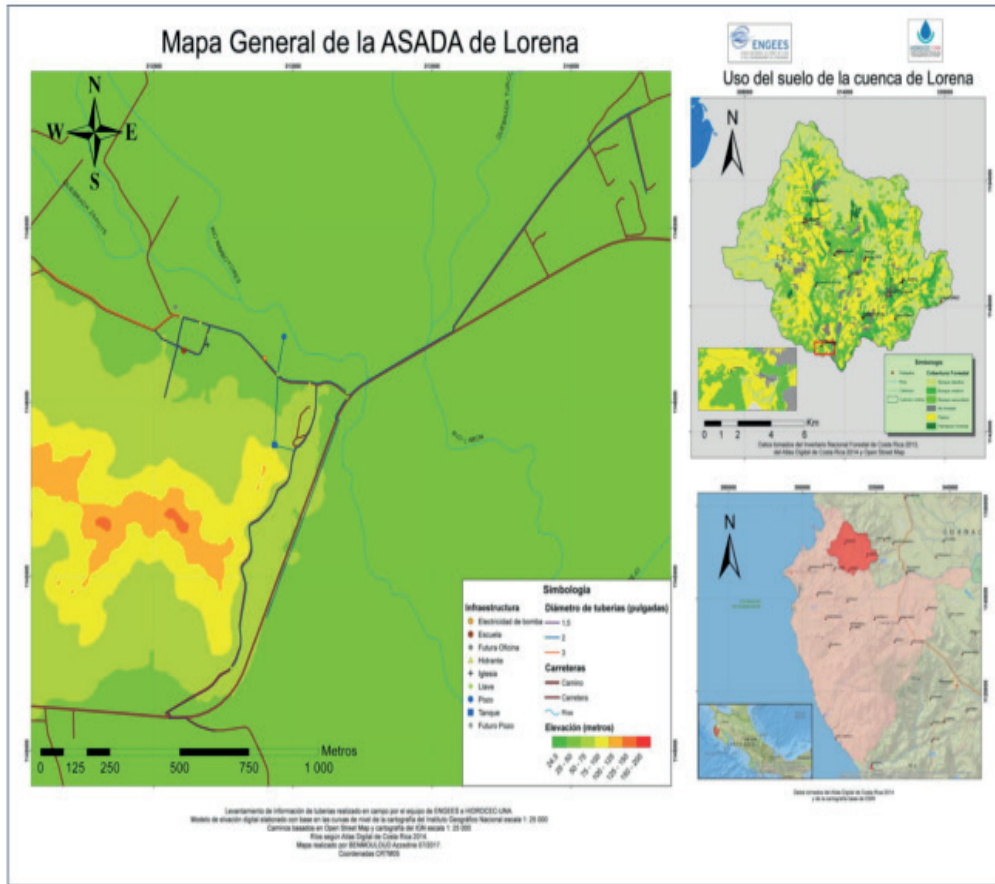
Ciertamente, lograr que las ASADAS pudieran solventar sus necesidades, fue debido a las primeras capacitaciones del año 2016, en las cuales se aplicaron las metodologías de PSA, que evaluaban y gestionaban los riesgos de forma sistemática por medio de talleres participativos, en los que se consideraron los siguientes aspectos:

- a. Medidas preliminares, incluida la formación del equipo del PSA.
- b. Descripción del sistema de suministro de agua.
- c. Determinación de los peligros y la evaluación de los riesgos.
- d. Determinación y validación de medidas de control y nueva evaluación y clasificación de los riesgos.
- e. Elaboración, ejecución y mantenimiento de un plan de mejora o modernización.
- f. Definición del monitoreo de las medidas de control.
- g. Verificación de la eficacia del PSA.
- h. Elaboración de procedimientos de gestión.
- i. Elaboración de programas complementarios.
- j. Planificación y realización de exámenes periódicos del PSA.
- k. Revisión del PSA tras un incidente.

Llevar a cabo estas medidas, dio como resultado, un listado y un plan de mejora con los entes participantes, en función de las fuentes de peligro y las medidas que se puedan implementar para continuar mejorando el acueducto comunitario, por medio del control y, un posterior evaluó del resultado. También, se hizo un acompañamiento en reuniones comunales para apoyar a los miembros de las ASADAS; en cuyo caso, se propició el empoderamiento de los pobladores hacia su comunidad, en especial, en lo relativo a las acciones relacionadas con el agua y su saneamiento.

En contraste, con el año 2017, las temáticas iban dirigidas a que las ASADAS plantearan un proyecto de mejora, al identificar sus vulnerabilidades, mediante la elaboración de una matriz del problema (ver figura 3), desarrollada a lo largo de los talleres. Otra herramienta que se realizó en esta nueva etapa fue la confección de un mapa de infraestructura y vulnerabilidad para las ASADAS de Caimital, La Y Griega, Brasilito y Lorena; esto, es un aporte al plan de seguridad del agua que deben establecer las ASADAS (ver ejemplo en figura 4).

Figura 4
 Mapa de infraestructura y vulnerabilidad
 entregado a la ASADA Lorena



Fuente: elaboración propia, 2017.

Cabe destacar que se les realizó el análisis N1 a todas las ASADAS participantes, como un incentivo por su cooperación. Este procedimiento, corresponde a un análisis fisicoquímico y microbiológico básico, el cual, de acuerdo con el *Reglamento para la calidad del agua potable para Costa Rica* (Decreto N° 32324-H), provee la información necesaria para desarrollar programas de vigilancia y control del agua para consumo humano, mejorando la calidad del servicio de abastecimiento (Rojas, 2002). Para ello, se contempló la colecta en los sitios de la fuente (naciente o pozo), el tanque de captación y tres puntos en la red de distribución. Una vez realizados los muestreos, fueron llevados al laboratorio para su análisis, y, a partir de los resultados, se generaron informes que fueron entregados a las ASADAS, junto con las explicaciones correspondientes, para que conjuntamente -el personal de la junta directiva y demás miembros de la ASADA- tomaran las medidas pertinentes con base en ellos.

Fase 3. Sistematización de las experiencias obtenidas en el período de estudio, para la socialización y su posible réplica en otras áreas del país. Durante el año 2017, se iniciaron los procesos de sistematización de las experiencias del proyecto. Esto consistió en realizar varias reuniones entre el personal actual y el que colaboró en los proyectos predecesores. Se obtuvo como resultado una matriz preliminar de sistematización del proyecto 2016. No obstante, dado que el proyecto concluirá en diciembre del año 2019, se contempló seguir con el tema hasta esa fecha, para terminarlo, una vez que haya finalizado completamente el proyecto. Sin embargo, también se han elaborado informes en relación con las experiencias adquiridas y generadas durante el proyecto, a partir de los primeros talleres, los cuales han sido expuestos en foros y presentaciones académicas, en los que se enfatizan los logros alcanzados. De igual forma, se está desarrollando un documento que contempla los diferentes hitos logrados, para la sistematización de las experiencias, a pesar de ello, no será posible ver reflejados los resultados, al finalizar este documento.

Fase 4. Incentivo de los estudiantes a participar en las diversas actividades relacionadas con el proyecto. Los estudiantes de la Universidad Nacional, así como los pasantes de la Universidad *Ecole Nationale du Génie de l'Eau et de l'Environnement, ubicada en Strasbourg (ENGEES)*, Francia, han formado parte de este proyecto. Cada uno de ellos colaboró en el desarrollo de varios de los objetivos, las actividades y los indicadores planteados. Por ello, se considera que el cumplimiento de esta fase en particular fue de un 100% durante su desarrollo, dado que no solo involucró la participación de estudiantes de la UNA, sino de estudiantes pasantes. En este particular, las actividades realizadas por los pasantes involucraron el acompañamiento de los estudiantes de la UNA, durante las giras, para la toma de muestras de agua, afín de realizar los análisis de potabilidad N1 en las ASADAS; además, colaboraron conjuntamente en el levantamiento de la información, la colaboración del diseño para generar los mapas de infraestructura y vulnerabilidad, así como, la participación en los talleres y las capacitaciones llevadas a cabo (ver figura 5).

Figura 5
Participación de estudiantes de la UNA y pasantes en las
diversas actividades del proyecto



Fuente: Elaboración propia, 2016-2018.

6. Conclusiones y recomendaciones

Mediante este proyecto, se llevaron a cabo diferentes actividades de comunicación, como los talleres y las capacitaciones del talento humano a diferentes miembros de la junta directiva y demás miembros pertenecientes a las diversas ASADAS seleccionadas. Por medio de estos talleres de gestión del agua, se analizaron las necesidades, las debilidades, las fortalezas y las oportunidades (FODA) identificadas a lo largo de todo el proyecto, lo que ha ayudado a que las ASADAS puedan determinar y desarrollar medidas para su mejoramiento.

No obstante, pese a las facilidades y oportunidades que se les trataba de brindar a los participantes (transporte, alimentación, materiales e, incluso, el incentivo de realizarles el análisis N1, entre otros aspectos), no se logró el 100% de asistencia de las ASADAS invitadas y, en algunos casos, estas personas no se presentaban en todas las capacitaciones realizadas. Por ello, se recomienda mejorar y comprender el motivo de su ausencia, para incentivar y ayudar a mejorar la gestión de su propio recurso, el cual, se hace más evidente en la actualidad, debido a la afectación que conlleva las condiciones del cambio climático, como son las sequías prolongadas.

7. Bibliografía

- Bartram, J., Corrales, L., Davison, A., Deere, D., Drury, D., Gordon, B., Howard, G., Rinehold, A., y Stevens, M. (2009). *Manual para el desarrollo de planes de seguridad del agua: metodología pormenorizada de gestión de riesgos para proveedores de agua de consumo*. Ginebra: Organización Mundial de la Salud. Recuperado de: http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/75142/9789243562636_spa.pdf;jsessionid=30DF56FE-3FE59F2CCE0FE4B6CFBB892D?sequence=1
- Costa Rica. Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica (MIDEPLAN). (2017). *Inventario de políticas públicas según los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2015-2016*. San José, CR : MIDEPLAN.
- Guerrero, E., De Keizer, O y Córdoba, R. (2006). *La aplicación del enfoque ecosistémico en la gestión de los recursos hídricos. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y de los Recursos Naturales*. Quito, Ecuador: UICN. Recuperado de: <https://portals.iucn.org/library/efiles/documents/2006-003.pdf>
- Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA). (2015). *Memoria Institucional 2014-2015*. San José, Costa Rica.
- Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA). (2018). *Formulario unificado*. Recuperado de: <https://www.aya.go.cr/ASADAS/documentacionAsadas/FORMULA-RIO%20UNIFICADO.pdf>

- Instituto de Desarrollo Rural. (2017). *Plan Nacional de Desarrollo Rural Territorial 2017 - 2022*/ Instituto de Desarrollo Rural. San José, Costa Rica. Recuperado de https://www.inder.go.cr/acerca_del_inder/politicas_publicas/documentos/PNDRT-2017-2022.pdf
- Mora, D. y Portuguez, C. (2003). Evolución de la cobertura y calidad del agua para consumo humano en Costa Rica período 1989–2002. *Revista Costarricense de Salud Pública*.12(22). Recuperado de: https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1409-14292003000200004
- Mora, D. y Portuguez, C. (2011). *Calidad del agua en sus diferentes usos en Guanacaste–Costa Rica*. San José, Costa Rica: Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA). Recuperado de: <https://www.aya.go.cr/Administracion/DocumentosBoletines/Docs/010411075751U ANACASTEACH2010-INFORME.pdf>
- ONU-Agua (2014). *Un Objetivo Global para el Agua Post-2015: síntesis de las principales conclusiones y recomendaciones de ONU-Agua*. Recuperado de http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/pdf/findings_and_recommendations_post2015_goal_water_spa.pdf
- Organización Mundial de la Salud. (2006). *Guías para la calidad del agua potable [recurso electrónico]: incluye el primer apéndice (3ª ed.)*. Vol. 1: Recomendaciones. Recuperado de: https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_full_lowres.pdf
- Rojas, R. (2002). *Guía para la vigilancia y control de la calidad de agua para consumo humano*. Lima, Perú: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente.

ANEXOS

Anexo 1. Fragmento del Formulario Unificado aplicado a las ASADAS durante el proyecto



FORMULARIO UNIFICADO DE INFORMACIÓN SOBRE ORGANIZACIONES COMUNALES PRESTADORAS DE SERVICIOS DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO

Nombre de la Organización Comunal Prestadora de Servicios		N° Identificación (Código SAGA)	
Encargado (a) de llenar el formulario:		Fecha de aplicación:	

Buenos días/tardes/noches. Mi nombre es _____. Estamos aplicando un instrumento para conocer el estado actual de las organizaciones comunales que brindan servicios de agua y saneamiento. La información será utilizada por diferentes instituciones nacionales y actores que están relacionados con la gestión comunitaria del agua para diagnosticar su situación e identificar necesidades de apoyo. GRACIAS POR SU COLABORACIÓN.

A. RESPONSABLES DE LA INFORMACIÓN

I Responsables de Brindar la Información

	Nombre de la persona	Puesto	Sexo	Correo electrónico	Edad años cumplidos	Teléfono	Firma
a.							
b.							
c.							
d.							
e.							
f.							
g.							
h.							
i.							

II Responsables de Recopilar la Información

Nombre del funcionario	Institución	Puesto/ocupación	Correo electrónico	Teléfono	Firma

B. IDENTIFICACIÓN DEL PRESTADOR DEL SERVICIO Y LA COMUNIDAD

I. Información General del Prestador del Servicio

Preguntas	a.	b.	c.	d.	e.	Selección	Evaluación
1. Nombre de la organización comunal prestadora del servicio:	Acueducto Rural de Barrio Nueva Laguna Ecológica de Panama de Nicoya						
2. Esta registrado en SIASAR	a. NO SIASAR – NS	b. SI SIASAR –SS					
3. Número de identificación de la Organización Prestadora del Servicio en el SAGA	0					0	
4. Tipo de prestador del servicio:	a. ASADA	b. Municipalidad	c. CAAR	d. Asociación	e. Otro		
5. Qué servicios presta:	a. Acueducto	b. Hidrantes	c. Saneamiento				
6. Puede darme la dirección exacta:	7.1 Región AyA		7.3 Cantón		7.5 Barrio		
7. Y la ubicación por:	7.2 Provincia		7.4 Distrito		7.6. Coordenadas CRTM05		
8. Tiene convenio de delegación:	a. No	b. Si	c. En proceso				
9. Tiene Permiso Sanitario para las instalaciones de la ASADA:	a. Si	b. No					
10. Tiene Personería jurídica:	a. No Cuenta	b. Desactualizado	c. Actualizado				
11. Tiene Estatutos al día:	a. No Cuenta	b. Desactualizado	c. Actualizado				
12. Tiene Cédula Jurídica:	a. Si	b. No	Si, N°	Emisión:	Vencimiento:		

Fuente: Acueductos y Alcantarillados (AyA), 2018.

TRATAMIENTO, GESTIÓN Y REUSO DE LOS LODOS SÉPTICOS PARA EL FORTALECIMIENTO DE LAS ASADAS Y LAS COMUNIDADES DE LA REGIÓN CHOROTEGA

M.Sc. Álvaro Baldioceda Garro ¹
Licda. Daniela Rojas Cantillano ²
M.Sc. Johanna Rojas Conejo ²
PhD. Andrea Suárez Serrano ²
Christian Osegueda Meléndez ³
M.Sc. Anny Guillen Watson ²

¹ *Álvaro Baldioceda Garro* alvaro.baldioceda.garro@una.cr

² El Centro de Recursos Hídricos para Centroamérica y El Caribe de la Universidad Nacional (HIDROCEC-UNA)

³ Estudiante de la carrera de Lic. En Ingeniería hidrológica de la Sede Chorotega, campus Liberia, UNA

Resumen

Al ser Guanacaste una zona de auge turístico, se ha observado una transformación significativa en el uso del suelo por la implementación desmedida y, poco planificada, de los desarrollos inmobiliarios. Esta actividad conlleva un aumento en la demanda de los recursos hídricos, ejerciéndose así, una presión por las fuentes superficiales y subterráneas disponibles. Asimismo, se incrementa la grave problemática de la disposición y el tratamiento de las aguas residuales, en particular de los lodos sépticos. En el informe Estado de la Nación (2015), se estima que el 85 % de la población de la Región Chorotega utiliza el tanque séptico como solución de saneamiento y, que la disposición final de los lodos sépticos, se realiza con frecuencia en terrenos baldíos o directamente en quebradas y ríos, bajo ningún control, generando una fuente de contaminación en cauces, esteros y playas. Por esta razón, un grupo inicial de doce Asociaciones de Acueductos Comunales (ASADAS) de Guanacaste, la Asociación Confraternidad Guanacasteca y el Centro de Recursos Hídricos para Centroamérica y El Caribe de la Universidad Nacional (HIDROCEC-UNA) unieron esfuerzos para crear AGUASANA. Esta es una organización sin fines de lucro que busca desarrollar una estrategia conjunta, para la adecuada gestión de los lodos sépticos, desde la extracción en las casas de habitación, hasta el tratamiento y aprovechamiento de aguas y nutrientes en forma de abonos orgánicos mejoradores de suelos. De esta forma, se pretende reducir la vulnerabilidad hídrica de la zona, al tiempo que se fortalecen las estructuras sociales comunitarias, a fin de que sean ellas las que ofrezcan el servicio, generen sus ingresos y participen en los procesos de concientización en el uso sostenible de los recursos naturales.

Palabras clave: vulnerabilidad hídrica, aguas residuales, lodos sépticos, desarrollo local, abono.

Abstract

Guanacaste is the most important touristic area of Costa Rica. For that reason, in the last's years, a significant transformation in land use are made because the excessive and unplanned implementation of real estate developments. This development leads to an increase in the demand for water resources, thus exerting pressure on the available surface and underground water sources. Likewise, the serious problem of the disposal and treatment of wastewater, of septic sludge. In the Estado de La Nación report (2015) it is estimated that 85 % of the population of the Chorotega Region use the septic tank as a sanitation solution, and the final disposal of the septic sludge is often done in vacant lots or directly in streams and rivers, under no control, generating a source of contamination in estuaries and beaches. For this reason, a beginning group of 12 Associations of Communal Aqueducts (ASADAS) of Guanacaste, the Confraternidad Guanacasteca Association and the Center for Water Resources for Central America and the Caribbean of the Universidad Nacional (HIDROCEC-UNA) joined forces to create AGUASANA. This is a non-profit

organization that works to develop a joint strategy for the proper management of septic sludge, from the extraction in the houses, to the treatment and use of water and nutrients in the form of organic soil improvers. In this way, it works to reduce the water vulnerability of the area, while strengthening community social structures, so that they are those who offer the service, generate their income and participate in the processes of awareness in the sustainable use of the natural resources.

Key words: water stress, sewage, septic sludge, local development, soil improver.

1. Introducción

En la actualidad, las presiones ambientales producidas por el ser humano son significativas, así la deforestación, la erosión de los suelos, la contaminación del agua y del aire, y, la pérdida de biodiversidad del planeta son factores que repercuten en la calidad de vida de las poblaciones más vulnerables, las cuales, sufren las consecuencias de un modelo de desarrollo nacional (Estado de la Nación, 2005), del que Costa Rica no está exenta. Ahora, a pesar de estas problemáticas, el país dispone, aproximadamente, de 110.000 millones de metros cúbicos de agua (Estado de la Nación, 2005) distribuidos en una densa red hídrica repartida en dos vertientes (Caribe y Pacífico). De modo que, con 34 cuencas hidrográficas y precipitaciones que fluctúan entre 1.300 mm y 7.500 mm anuales, el país es relativamente rico en agua, con una disponibilidad per cápita superior a los 31.300 m³ por persona al año. Ante esta relativa riqueza, Costa Rica presenta la tasa de extracción hídrica per cápita más elevada de Centroamérica (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 2004).

Sin embargo, el incremento acelerado de los desarrollos agroindustriales e inmobiliarios han producido que esta extracción hídrica nacional, aumente considerablemente, en los últimos años, y, en consecuencia, casi el 75% de las fuentes de abastecimiento están clasificadas como altamente vulnerables al ser fuentes superficiales o manantiales. De ahí que, el aporte de nutrientes, la salinización de acuíferos costeros y la evacuación de excretas por tanques sépticos, se reportan como las principales amenazas (Valverde, 2010). Evidentemente, el deterioro de la calidad del agua superficial y subterránea, es un problema creciente, a pesar de los esfuerzos institucionales y dispositivos regulatorios del país. Durante las últimas décadas del siglo XX, los problemas ambientales relacionados con el agua aumentaron tanto en las zonas urbanas como en las rurales; ya que, se siguen construyendo desarrollos urbanísticos en áreas sensibles, e incluso, en zonas de protección de los cuerpos de agua, tal y como son definidas en la Ley de Aguas (Ley 276, 1942).

El tratamiento de las aguas residuales en Costa Rica es insuficiente. El 72 % de la población (cerca de 900 000 mil viviendas) utiliza como sistema de tratamiento básico el llamado “tanque séptico” (Estado de la Nación, 2007), el cual, ante un manejo inadecuado e insuficiente, termina por contaminar las fuentes de agua. De acuerdo con, los estudios recientes de las universidades públicas del país, así como, de otros entes gubernamentales, a saber: el Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR), la Universidad de Costa Rica (UCR), la Universidad Nacional (UNA), Acueductos y Alcantarillados (AyA), el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), la Compañía Nacional de Fuerza y Luz (CNFL), la Empresa de Servicios

Públicos de Heredia (ESPH) y organizaciones no gubernamentales han evidenciado la presencia de contaminantes orgánicos, químicos y microbiológicos en cuerpos receptores, principalmente en ríos (Segura, 2004).

En el caso de la provincia de Guanacaste, inclusive en las zonas costeras, hay presencia de contaminación orgánica por nutrientes y sólidos, además de plaguicidas, metales, productos farmacéuticos y de cuidado personal. La mayoría de estas aguas drenan en el Golfo de Nicoya, donde existe un problema significativo asociado a las mareas rojas (Programa de Gestión Ambiental Integral, 2017); a pesar de que, existe un marco regulatorio para prevenir los procesos de degradación de los cuerpos de agua. Entre estas leyes se encuentran: la *Ley de aguas* N° 276 (Asamblea Legislativa, 1942); la *Ley forestal* N° 7575 (Asamblea Legislativa, 1996); la *Ley Orgánica del Ambiente* N°7554 (Asamblea Legislativa, 1995), además, de los decretos referentes a la evaluación y clasificación de los cuerpos de agua superficial, y de vertidos y reúso de aguas residuales.

En este particular, cabe destacar que desde el año 2008, existe el *Reglamento del Canon de Vertidos* (Poder Ejecutivo, 2008), que es un instrumento económico de regulación ambiental y, sugiere que los fondos que se recaudan deberían tener un efecto directo y positivo sobre los cuerpos de agua. Además, en el Capítulo II, artículo 9, se establece que: “Un sesenta por ciento del monto recaudado, se usará para apoyar el financiamiento a inversiones de proyectos de alcantarillado sanitario y tratamiento de aguas residuales domésticas” (Decreto N°34431, 2008). No obstante, desde la creación de este canon, en Guanacaste, no se ha financiado ningún proyecto de alcantarillado sanitario ni sistemas de tratamiento de aguas residuales. Por ende, la problemática de contaminación por aguas residuales continúa en aumento, lo que genera una afectación en zonas costeras. Esto constituye una amenaza para el turismo, principal actividad económica de la región (van Noorloos, 2013).

Así las cosas y, en respuesta al poco avance en la zona respecto al tema de la agenda marrón (Rosales, 2017), las comunidades y las ASADAS comienzan a plantear soluciones endógenas orientadas a una mejor gestión ambiental: así nace la Asociación de Desarrollo Específica de Saneamiento y Protección de los Mantos Acuíferos de Guanacaste (AGUASANA), cuyos objetivos consisten en proteger, preservar y cuidar el recurso hídrico, así como, educar a las comunidades, con el afán de lograr mayor participación en los procesos de gestión ambiental. Por consiguiente, AGUASANA ha decidido desarrollar sistemas adecuados de tratamiento de lodos sépticos, para ser reutilizados como mejoradores de suelos. De este modo, se intenta prevenir que los lodos sean descargados de manera irregular y, a su vez, promover el reciclaje de los nutrientes disponibles en los lodos; sin embargo, esto requiere de soporte científico y técnico que permita su desarrollo de manera sostenible, de modo que, se minimicen los impactos ambientales que esta actividad podría generar en los distintos procesos del proyecto.

Para desarrollar este proyecto, la Universidad Nacional ha buscado contribuir mediante el análisis exhaustivo de las condiciones ambientales, sociales y económicas, para facilitar la determinación de las medidas de mitigación, las cuales, deben de aplicarse para que cada actividad o acción del proyecto, se desarrolle conforme a las mejores prácticas y al cumplimiento de las normas ambientales vigentes.

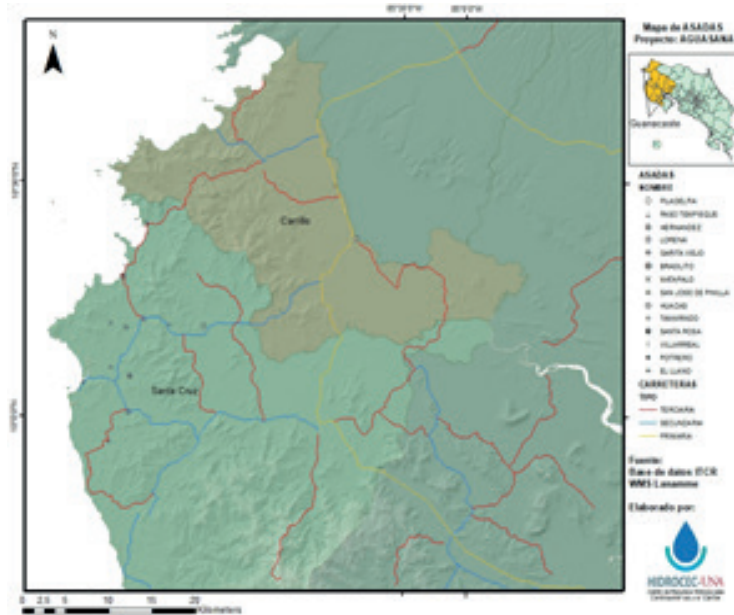
2. Ubicación geográfica

El objeto de estudio de esta investigación, se contextualiza en dos niveles: una macro localización referida a la Región Chorotega y, una micro localización asociada al cantón de Carrillo, que es la jurisdicción administrativa del lugar, en donde, se proyecta construir la primera planta de tratamiento de los lodos sépticos.

La Región Chorotega corresponde administrativamente a la provincia de Guanacaste y está integrada por once cantones. Comprende la porción Noroeste del territorio costarricense, por lo que es la segunda región más grande del país, con una extensión de 10.165 km² (20% del territorio nacional) y cuenta con una población de 326.821 habitantes (7,6 % de la población nacional) (Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2011). La región presenta un importante patrimonio natural, y contribuye, sustancialmente al desarrollo socioeconómico y cultural del país (Informes y Proyectos S.A. INYPSA, 2010).

El cantón de Carrillo, por su parte, comprende la porción Norte de la Península de Nicoya y, se sitúa, en la parte baja de la cuenca del río Tempisque, sobre su margen derecho. Se caracteriza por ser un territorio costero, en el cual, se ha dado un importante desarrollo turístico e inmobiliario que trae consigo no solo un crecimiento en infraestructura y oferta de bienes y servicios, sino una generación de residuos, elementos contaminantes y mayor consumo de recursos naturales.

Figura 1
mapa de ubicación del proyecto, incluyendo
las ASADAS participantes



Fuente: Directorio Cartográfico (2017).

3. Manejo de lodos sépticos

Históricamente, los asentamientos humanos han favorecido la desinfección del agua para consumo humano, y, se sabía que la ingesta de agua contaminada podía acarrear serios problemas, en la salud de la población. Los acueductos romanos, por ejemplo, se extendían por cientos de kilómetros para distribuir el agua desde fuentes abundantes y de buena calidad, hasta las ciudades (García-Bueno, 2011). Sin embargo, el cuidado y el tratamiento de las aguas, después de su uso ha sido tradicionalmente limitado a la conducción, es decir, hacia cuerpos de agua receptores, dígase río, laguna o directamente al mar. Conforme han crecido las poblaciones, estas se aglutinan en ciudades, por lo que los procesos de degradación natural de las aguas residuales, en los cuerpos de agua, resultan insuficientes para la eliminación de los contaminantes. Esto se debe, a que, cada vez la cantidad de agua contaminada es mayor y la variedad de contaminantes aumenta, según los usos del agua. (García, 2006).

Esta afectación, por descarga de agua contaminada a los cuerpos de agua, quedó en evidencia en Europa del siglo XIX, cuando el epidemiólogo Dr. John Snow comprobó que, en la ciudad de Londres, Inglaterra, un brote epidémico de la enfermedad del cólera estaba relacionado a la contaminación por aguas negras de un pozo público (McLeod, 2000). Desde entonces, las miradas de las oficinas de sanidad y especialistas en medicina han comprobado el estrecho vínculo que existe entre las enfermedades gastrointestinales, la ingesta de agua contaminada y las excretas. En efecto, las aguas negras suelen contener agentes patógenos, como bacterias y materia orgánica, que puede causar mal olor y molestias. Además, albergan nutrientes capaces de contaminar las aguas de consumo, de uso recreativo y turístico (Luna, *et al.* 2002).

En Costa Rica, el tratamiento de aguas residuales ha sido desatendido. Se ha priorizado la potabilización del agua, especialmente por medio de la cloración y la remoción de contaminantes de las aguas de consumo; de modo que, el saneamiento ha sido dejado en segundo plano, razón por la cual, es frecuente el vertido de aguas contaminadas en ríos, acequias, quebradas, esteros y mares del país. Ciertamente, para reducir este problema, en el año 2015 se inauguró la planta de tratamiento de aguas residuales “Los tajos”, ubicada en la gran área metropolitana (GAM) que le permitió al país reducir los índices de contaminación de los ríos del Valle Central, en especial del río Virilla; cuerpo de agua, que ha sido receptor histórico de las aguas residuales producto de la aglomeración urbana.

Sin embargo, en el 2016 apenas fue posible incrementar la cobertura nacional de saneamiento del 4,2 % al 8,5 %. No obstante, se esperaba que aumente al 26,8% al finalizar el 2019 (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 2016). Con respecto al resto del país, tanto en la zona urbana como en la residencial, existen sistemas de tratamiento lagunares en las cabeceras de provincia de Guanacaste (Liberia, Cañas, Santa Cruz y Nicoya). Empero, estas no cumplen con los requisitos básicos y los parámetros de descarga. Por el contrario, vierten las aguas prácticamente crudas a los ríos o cuerpos receptores (Abarca, 2000).

En relación con la cobertura del saneamiento en el resto de la población del país, es todavía más insuficiente, ya que, solo se cuenta con “tanques sépticos” (Estado de la Nación, 2015). Estos son sistemas de tratamiento anaerobio del agua residual que permiten una estabilización de los sedimentos presentes en el agua. Estos sedimentos, ricos en materia

orgánica, sufren procesos de degradación y descomposición (Rosales, 2005). En este sentido, la poca fiscalización y capacitación, con respecto a estos sistemas, implica que la mayoría sean construidos sin diseños adecuados, en terrenos o tipos de suelos que no son acordes al tipo de tratamiento, lo que puede provocar contaminación por lixiviación hacia las aguas subterráneas subyacentes, al sitio de construcción del tanque (Rosales, 2005). Además, estos tanques sépticos requieren un adecuado mantenimiento, debido a que, dada su función, se producen lodos que se acumulan en el fondo; esto implica que, cada tres años, ese material debe ser removido para prevenir la saturación y favorecer la descomposición de la materia fecal (Rosales, 2005). Sin embargo, tal procedimiento séptico no se realiza sistemáticamente y, pueden pasar décadas almacenando los lodos. Véase en el siguiente cuadro, los diferentes tipos de tratamiento de aguas residuales, utilizados en la provincia de Guanacaste.

Cuadro 1
Tratamiento de las aguas residuales para la provincia de Guanacaste

Detalle	Total, provincia	%
Guanacaste	92.584	100,0
Red de alcantarillado sanitario	6.111	6,6
Tanque séptico	78.786	85,1
Con salida a acequia, zanja, río o estero	129	0,1
No tiene servicio sanitario	877	1,0

Fuente: Estado de la Nación, 2015.

Vale mencionar que, el dato de las playas ganadoras y perdedoras del galardón “Bandera Azul Ecológica” (PBAE) ha sido utilizado por el documento anual *Estado de la Nación*, como indicador ambiental del país. Esta distinción busca instaurar organizaciones comunales que vigilen integralmente la calidad sanitaria de las playas, mediante el establecimiento de sistemas de suministro de agua, la correcta disposición de residuos y la educación ambiental (Instituto Costarricense de Turismo, 2016). Los organizadores, evalúan la calidad microbiológica del agua del mar, la calidad del agua de consumo humano, la calidad de las costas en basura y basureros, los vertidos industriales y las aguas residuales tratadas, así como, la capacitación en educación ambiental y la seguridad en los distintos sectores de la playa (Instituto Costarricense de Turismo, 2016).

Un ejemplo de estos procesos de degradación ambiental y de la calidad del agua del mar, es el caso de la playa de Tamarindo; esta rivera, perdió la distinción del PBAE, debido a la presencia de contaminación microbiológica del agua de mar y, a una disminución en la calidad del agua de consumo humano. En playa Tamarindo, no existe un alcantarillado sanitario, esto significa que cada uno de los residentes y comerciantes son responsables del tratamiento de

sus aguas residuales: en la mayoría de los casos, se utilizan tanques sépticos (Mora, 2004). Además, existe un incremento en la construcción de plantas de tratamiento de tipo lodos activados y otras tecnologías convencionales, para solventar las necesidades de los centros comerciales y los complejos hoteleros y urbanísticos (García, 2006).

No obstante, y a pesar de esta situación, no hay un debido control, respecto al correcto funcionamiento de estas plantas de tratamiento. Ante esto, se han denunciado descargas ilegales de las aguas en el mar y el estero durante la noche (Alfaro, 2017); y, dada la forma en que se manejan estas aguas residuales, hay un porcentaje elevado de contaminación en los pozos de agua para consumo humano. Aunado a esto, hay que enfrentar la presencia de otros factores externos, como la sequía y los eventos de precipitación de gran magnitud, los cuales, han agudizado la sensación de problema que sufre la comunidad, generándose conflictos, entre la población nativa, y los desarrolladores residenciales, así como los dueños de hoteles (Picón, 2006).

De esta manera, los procesos endógenos y constructivos en búsqueda de soluciones integrales que promueve AGUASANA, pueden contribuir en la mitigación del problema en cuestión. En este caso, la construcción de procesos metodológicos socio-participativos y, de agendas de trabajo permite que la población, se sume a los esfuerzos y al trabajo que desempeñan las distintas instituciones del Estado, como DINADECO, la Dirección de Aguas y el SENARA, entre otros organismos, que participan con el afán de lograr que estos procesos sean exitosos.

4. Metodología

El proyecto en mención se ha desarrollado desde un punto de vista metodológico que consta de dos aristas integradas, para la búsqueda de las soluciones ideales y, su materialización, mediante los procesos de construcción socio-participativos. En este caso, se planteó el trabajo a partir de dos fases, las cuales se explican a continuación.

4.1. La primera fase consistió en consolidar el proyecto desde el punto de vista social para promover siempre la participación de los actores en las comunidades, pues resulta de gran interés para los objetivos planteados. De modo que, a partir de la información existente y de los contactos de AGUASANA, se realizó un mapeo de los actores sociales; para esto, se aplicó la técnica de bola de nieve; de esta manera, se hicieron partícipes aquellos actores sociales involucrados en el manejo actual de las aguas residuales y, en la búsqueda de potenciales soluciones integrales. En primer lugar, se efectuaron encuentros y talleres con ellos, junto a los representantes de instituciones y de organizaciones vinculadas al manejo y la conservación del agua, así como, con la promoción de la salud; esto se realizó, con el afán de dar a conocer los objetivos del proyecto y, en segundo lugar, se identificaron de forma preliminar los problemas y las necesidades en relación con el tema de las aguas residuales.

Otro aspecto que se abordó, consiste en la capacitación de la comunidad en torno a la gestión integrada del recurso hídrico. Estos talleres tomaron en cuenta los principios básicos de la gestión de agua, el ahorro del recurso, la participación comunitaria y el manejo del agua

residual. Antes de la realización de los talleres, se elaboró un material didáctico que fortaleció el proceso de enseñanza-aprendizaje del recurso hídrico, además, es importante recalcar que tanto los talleres como el material didáctico utilizado, se elaboraron tomando en consideración la edad del grupo de los asistentes.

También, se invitó a los actores claves (líderes natos o representantes de grupos locales) de la comunidad, a los talleres y a las charlas, mediante las cuales se consolidan estilos de vida acordes a los principios de sostenibilidad del recurso hídrico. Así mismo, se realizaron talleres con funcionarios de instituciones públicas acerca de la educación y la concientización ambiental y, la caracterización de aguas, entre otros temas puntuales identificados durante el proceso. Conviene considerar que, estos talleres, se dieron bajo el marco del reconocimiento de los resultados técnicos obtenidos, y, como un espacio, para la reflexión, el diálogo, la retroalimentación, así como la toma de acciones.

El resultado de los talleres y las reuniones fue una agenda de trabajo que permitió la integración y el avance del proyecto, gracias a la participación conjunta de AGUASANA, representantes de las ASADAS y miembros de diferentes comunidades. Esto genera actores sociales y comunidades no solo más fortalecidas, sino más conscientes de sus vulnerabilidades, lo que conlleva, a la búsqueda de soluciones sostenibles, ante los problemas de recurso hídrico.

4.2 La segunda etapa del proceso metodológico consistió en la parte técnica y de investigación cuantitativa. Para esto, se realizó un muestreo aleatorio simple no probabilístico, y, se estudiaron los parámetros universales de análisis obligatorio en aguas residuales de tipo ordinario, de acuerdo con el *Reglamento de vertido y reúso de aguas residuales* y, los parámetros microbiológicos complementarios de coliformes totales y de coliformes fecales, según dicho Reglamento (Poder Ejecutivo, 2006).

Para realizar los análisis, se hicieron dos muestreos durante el año: uno en época seca y otro en época lluviosa. Los muestreadores siguieron los protocolos de toma de muestra del HIDROCEC-UNA y del *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, para lo cual, las muestras se trasladaron en hieleras con ambientes de 4 °C como temperaturas máximas para, posteriormente, realizar los análisis de los parámetros *supra* citados en los laboratorios de las instalaciones del HIDROCEC-UNA.

Con base en los resultados anteriores, se diseñó una planta piloto para determinar variables de operatividad como carga microbiana, tiempo de residencia, horas sol y caudal, que permitan, escalar el diseño del sistema de tratamiento, para su posterior construcción. Estos diseños preliminares fueron generados en programas computacionales de dibujo arquitectónico y, se presentaron, ante los miembros de junta directiva y los asambleístas de la asociación AGUASANA, además, se invitó a expertos de la temática para que analizaran los diseños y datos obtenidos. Cabe destacar que, actualmente, toda esta información se está sistematizando y, será compartida, con los actores identificados en el proyecto, así como, con la comunidad en general y con las instituciones de gobierno vinculadas al tema.

5. Desarrollo del proyecto

a. Primera fase: consolidación y firma de acuerdos.

La primera fase del proyecto consistió en la explicación del proyecto y firma de acuerdos; para ello, se realizaron visitas a las ASADAS de la Región Chorotega, en especial a las zonas costeras de los cantones de Carrillo y Santa Cruz, junto a Nicoya y La Cruz, con el fin de presentar la situación actual de manejo de aguas residuales, y saber, qué es lo que se espera como parte de los impactos del cambio climático. Se dio énfasis, al hecho de que las ASADAS son corresponsables del problema y de la solución; para luego negociar acuerdos de colaboración con el proyecto.

Se visitaron 25 ASADAS y se expuso el proyecto a sus juntas directivas, donde se visualizaron los alcances, las limitaciones y se mostró extensamente la problemática que genera la contaminación de cuerpos de agua, el impacto del cambio climático y, la concientización que se debe tomar al respecto, así como, las posibles repercusiones de los problemas, en caso de no tomar las medidas correctivas. Esto se hizo, con la idea de fomentar las capacidades de adaptación y crear sensibilización ante el cambio climático, pues el desarrollo y la consolidación del proyecto, en conjunto, permitirá disminuir el riesgo de contaminación y, por ende, la protección de los acuíferos, los ríos, las playas, los arrecifes, los manglares, los humedales y los mares.

En la provincia de Guanacaste, al igual que en el resto del país, muchas de las aguas residuales son tratadas mediante el uso de tanques sépticos *in situ*; es decir, en las propias casas de habitación (Estado de la Nación, 2007). De ahí que, el tratamiento de las aguas residuales mediante esta técnica es considerado como aceptable, siempre y cuando, los terrenos donde se ubiquen los tanques cuenten con las características necesarias de infiltración, y, se cumpla, con los requisitos elementales de construcción y operación, tanto de los tanques como de los drenajes (Rosales, 2005). Como parte de la operación básica de los tanques sépticos, se generan lodos sépticos que los usuarios deben recolectar y disponer.

Nótese que, según la legislación costarricense, las ASADAS, como entes administradores del agua, deben brindar el servicio tanto de distribución de agua potable como la prestación de tratamiento y disposición de las aguas residuales, sin embargo, este servicio es prácticamente nulo en todo el país; por ende, la disposición de los lodos sépticos depende por completo de los usuarios de los tanques sépticos, quienes suelen contratar a empresas privadas para que realicen la gestión, y, estas posteriormente, se encargan de disponer los lodos al final. Debido a la poca fiscalización por parte del Ministerio de Salud y, a la escasa oferta en sistemas de tratamiento de los lodos sépticos, la mayoría de estos terminan desechados en los cuerpos de agua.

Lo anterior provoca un impacto negativo en todas las fuentes de agua, pues las descargas realizadas se extienden desde donde son vertidos hasta las playas, los humedales, los arrecifes, los acuíferos y los mares, afectando directamente la flora y la fauna de los sitios, además, de aumentar el riesgo de contaminar las fuentes de agua potable. Esto, en un contexto de cambio climático, es aún más preocupante a nivel ambiental y de salud pública, pues, esta situación podría provocar un aumento en la incidencia de enfermedades a causa de la contaminación

del agua, y, una disminución del turismo en la zona, por la pérdida de ecosistemas acuáticos debido al mal manejo de las aguas residuales.

Estos procesos de capacitación y de consolidación del proyecto iniciaron desde el origen de AGUASANA, en agosto del 2013 y, desde entonces, ya se ha gestionado la firma de acuerdos para la participación de 12 ASADAS (Paso Tempisque, Huacas, Playa Potrero, Brasilito, Tamarindo, Santa Rosa, Villarreal, El llano, Matapalo, Garita, Lorena y Hernández), además, en los talleres se ha tenido la participación de más de 150 personas de las diferentes comunidades visitadas.

Figura 2
Reunión de presentación del proyecto.
ASADA Paso Tempisque



Fuente: elaboración propia.

Las capacitaciones y los talleres realizados, durante la exposición del proyecto, promueven la generación de capacidades y la concientización de los participantes, para que estos y sus ASADAS lleguen a realizar un uso eficaz y eficiente de los recursos naturales, así como, una mayor protección de sus fuentes y cuerpos de agua. Además, se fomenta la aplicación del enfoque ganar-ganar, como elemento de motivación, para aplicar la reducción de las tarifas debido a la eficiencia y la planificación en comparación, con lo que actualmente, pagan los hogares por el servicio de limpieza de tanque séptico que realizan los empresarios privados.

En el 2017, el proyecto en conjunto con las municipalidades, el AyA, el Ministerio de Salud y la dirección de aguas, ha puesto en marcha una agenda de actividades, orientadas al mejoramiento ambiental de las comunidades beneficiadas en la zona de impacto del proyecto. De igual forma, en la Asamblea General de AGUASANA, se elaboró y se aprobó la agenda de actividades, y, el plan de trabajo para los años 2017 y 2018, donde se manifestó la importancia de llevar a cabo reuniones con los actores sociales de la comunidad, con el propósito, de identificar de manera más integral y humana las necesidades y los conocimientos de los actores, a fin de potenciarlos. Además, se elaboró material didáctico, para facilitar e impulsar el interés de las comunidades con el proyecto.

b. Segunda fase: investigación y diseño del sistema de tratamiento

La fase de investigación del proyecto AGUASANA consiste en determinar la viabilidad operativa y de diseño del proyecto, en este caso, se analizaron parámetros físicos y químicos de los lodos sépticos y, se desarrollaron las dimensiones requeridas, para construir la planta de tratamiento de lodos sépticos. La primera etapa de este proceso fue analizar, exhaustivamente, las fases o etapas operativas, calificadas como: extracción de lodos de los tanques sépticos de los usuarios en su casa de habitación. Esta operación, se realiza, mediante una conexión por tubería, que va, desde el tanque séptico hasta el camión recolector, impulsando el lodo por bomba de achique o bomba de lodos (llamada comúnmente bomba “sapo”). En la figura 3 se observa cómo se realiza el proceso en un tanque séptico de la zona de Paraíso, Santa Cruz.

Figura 3
Extracción de lodos de un tanque séptico



Fuente: elaboración propia.

La segunda etapa consiste en el traslado de los lodos sépticos desde su extracción hasta la planta de tratamiento. Las rutas por seguir se realizan previa planificación, dependiendo de los usuarios y las horas del traslado y, se lleva a cabo, por medio de un camión cisterna, debidamente rotulado y, sin ninguna clase de fuga, como se aprecia en la figura 4. Este camión es de la empresa sépticos de Santa Cruz y traslada los lodos a la planta de tratamiento.

Figura 4
Camión cisterna recolector de lodos séptico

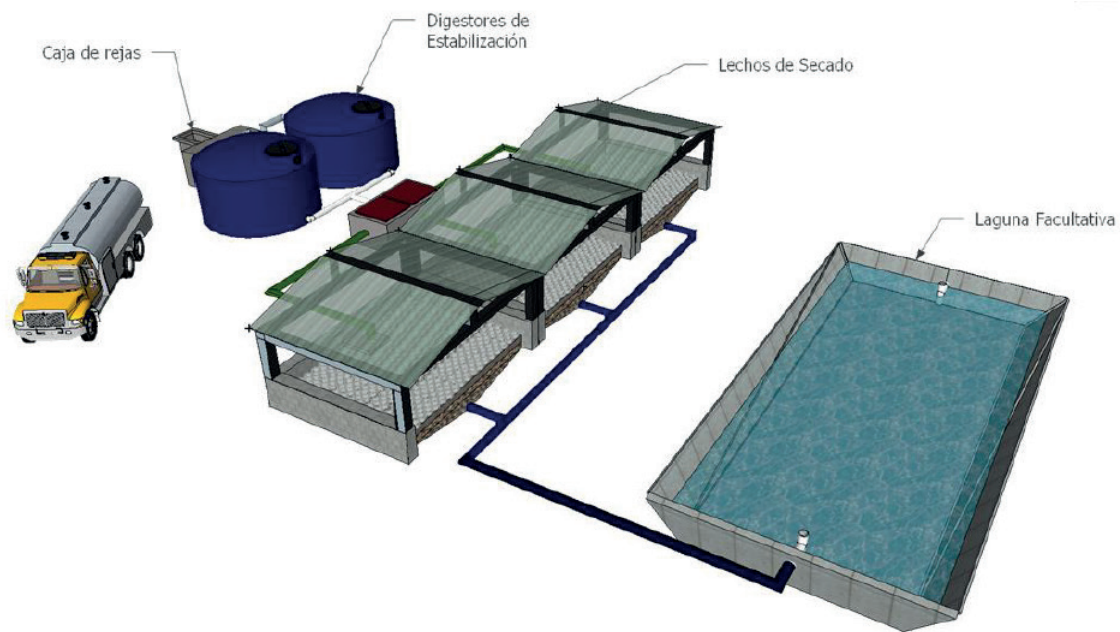


Fuente: elaboración propia.

La tercera etapa del proceso será la construcción y operación del sistema de tratamiento de lodos sépticos para degradarlos, con el fin de recuperar parte del lodo como mejorador de suelos y utilizar los lixiviados en riego de zonas verdes. Para determinar los criterios de diseño del sistema de tratamiento, se realizaron dos análisis de lodos residuales de tanques sépticos domésticos en el año 2017: uno en la época seca y otro en la época lluviosa. Las muestras se tomaron en las casas de habitación del cantón de Carrillo, en octubre, mediante un muestreo aleatorio simple no probabilístico y, se analizaron parámetros como: la acidez (pH), los Sólidos Sedimentables Totales (SST), las Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM), la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), la Demanda Química de Oxígeno (DQO), las grasas y los aceites, la temperatura, los coliformes fecales totales, entre otros, con la aplicación de los métodos del *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (American Public Health Association, American Water Works Association, Water Pollution Control Federation & Water Environment Federation, 2017)

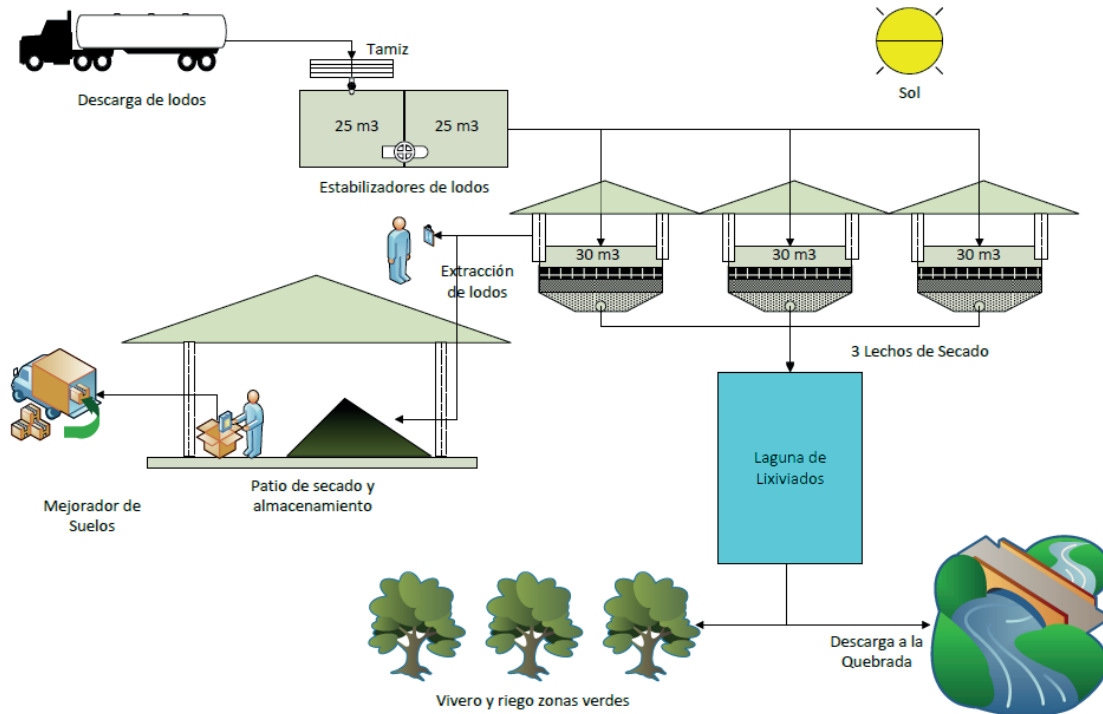
Siguiendo este mismo objetivo, se realizó la construcción de una planta piloto en la Sede Regional Chorotega, campus Liberia, para determinar y comprobar los criterios de diseño establecidos y la operatividad del sistema de tratamiento. El resultado es el siguiente diseño preliminar para la construcción de la planta de tratamiento de lodos sépticos:

Figura 5
Diseño del sistema de tratamiento de lodos sépticos



Fuente: elaboración propia.

Figura 6
Esquema del proceso de tratamiento
de los lodos sépticos



Fuente: elaboración propia.

Para el año 2018 y el 2019, como parte del impacto que AGUASANA quiere tener con el proyecto del manejo sostenible y, para las buenas prácticas agrícolas en la región, se estableció que la planta de tratamiento debe generar fertilizantes y mejoradores de suelos que permitan el reciclaje de estos nutrientes, como uno de sus subproductos, a partir de los lodos sépticos recuperados de las casas de habitación. Razón por la cual, se experimentará y se analizará la función del lodo recuperado de la planta de tratamiento piloto, en plantas de vivero, permitiendo el remplazo de los fertilizantes químicos, por el uso de abonos orgánicos. Estas ideas creativas que nacen de la capacitación comunal, no solo mejoran la sostenibilidad ambiental, sino que se convierten en procesos de aprendizaje no formal, para todos los miembros del grupo comunal, además, por medio de la observación y la experimentación, se impulsa el uso de abonos que se adapten a la zona y a los diferentes tipos de suelo.

c. Tercera fase: proceso de recolección de información y datos

Los procesos de recolección de datos y de sistematización de la información son de vital importancia, para el éxito de los proyectos. La sistematización pretende ordenar pasos, resumir, recopilar y presentar de manera sencilla y breve los principales resultados del proyecto, para orientarlos hacia la definición de lecciones aprendidas e iniciativas de políticas, ya sean, de desarrollo rural o de seguridad hídrica. En este sentido, se considera que se debe tener claro que los procesos de sistematización nacen en la etapa de planificación, y que, cuando se hace de esta manera, la extracción de prácticas y lecciones aprendidas, se facilita.

Dado el alto impacto que el recurso hídrico tiene en la región, la sistematización y divulgación de los resultados de este proyecto son muy importantes; además, debe tomarse en consideración, que se ha llevado a cabo, gracias a un grupo interdisciplinario de investigadores que participan en el proyecto, mediante el uso de bases de datos y demás técnicas de sistematización de experiencias como la que sugiere Brenes (2015), en su *Manual para sistematizar experiencias de manejo participativo en la conservación de la biodiversidad*.

Conviene señalar que el grupo de investigación realiza reuniones trimestrales con los académicos participantes, para informar acerca de los avances logrados, los obstáculos y las estrategias a seguir. Durante estos encuentros, se analiza la información generada y su concordancia con los objetivos planteados, además, se han realizado diferentes actividades de comunicación, con el fin de que los diferentes sectores involucrados en la gestión de los recursos hídricos, se informen de los procesos realizados. En este particular, algunas de las principales herramientas empleadas y, que serán utilizadas, para el proceso de socialización son las siguientes:

- a. Comunicación con organizaciones de base (conversatorios, foros, conferencias): por ejemplo, mediante la Comisión para el Manejo del Acuífero Nimboyores y zona costera de Santa Cruz (CONIMBOCO), Cámara de Turismo y Comercio de Santa Cruz y Guanacaste, Asociaciones de Desarrollo de la zona (ADI), CATURGUA, ASADAS, AYA, municipalidades, instituciones de gobierno, sociedad civil que puedan estar informados de sus alcances.
- b. Solicitud de espacios en la televisión regional: el proyecto se presentó en el espacio *Cédula cinco* de canal 36, medio de información local en Guanacaste.
- c. Folletos, informes y boletines informativos.
- d. Páginas web (HIDROCEC).
- e. Participación en congresos científicos: Congreso Internacional Clima, Agua y Energía: Pilares para el Desarrollo Sostenible; CEMEDE Nicoya, octubre de 2014, Foro Trinacional La gestión integral del recurso hídrico en Costa Rica, Colombia y Panamá: avances, alcances, retos, políticas y prácticas innovadoras; CATIE en Turrialba, agosto del 2018.

6. Conclusiones y recomendaciones

La elaboración de este proyecto, permite plantear algunas conclusiones y recomendaciones, con el afán, de contribuir y solventar las necesidades relacionadas con el manejo de las aguas residuales en la provincia de Guanacaste. Sin embargo, para continuar es necesario persistir en la coparticipación de todos los entes, tanto gubernamentales como no gubernamentales, ya que, esta es la única manera de enfrentar las vicisitudes que acompañan el cambio climático. Así las cosas, se sugiere que:

- El desarrollo del proyecto constituye una oportunidad de negocios mediante la generación de nuevos ingresos, para las ASADAS, ya que, usualmente, estas organizaciones trabajan con presupuestos limitados, lo que genera nuevas fuentes de empleo y desarrollo social de forma local.
- Que la imagen social y cultural, así como, la filosofía ambiental de las comunidades se vea beneficiada con un proyecto, mediante el cual, convergerán diferentes actores sociales comunales, de manera que, los habitantes de dicha región se verán favorecidos en el tema de la educación ambiental y de las buenas prácticas para la comunidad.
- Que el éxito del proyecto de AGUASANA tiene como fortalezas el potencializarse y repetirse en el plano macrorregional en un mediano plazo. Esto se convertiría en un impulso muy importante en la lucha a favor del medioambiente y de la protección del recurso hídrico.
- Es importante promover el proyecto AGUASANA en distintos foros académicos y darlo a conocer a las autoridades gubernamentales, para que sea tomado en cuenta en reglamentos institucionales del AYA, SETENA y MINAE, entre otros, como una solución importante y determinante, para el futuro, en virtud de la obsolescencia del sistema de alcantarillados y del colapso que este experimenta.
- Proponer e impulsar a AGUASANA para que se gestione un estudio de factibilidad económica, financiera y de sostenibilidad de todo el proyecto, tomando en cuenta la fase constructiva y operativa, con el objetivo de valorar la rentabilidad del proyecto y la determinación de las tarifas.
- Promover y fortalecer mecanismos de planificación participativa en los gobiernos locales, vigorizando las ASADAS, las redes nacionales y regionales con información referente a los procesos de sensibilización en el manejo y tratamiento de las aguas, mediante los sistemas de tanques sépticos, con el afán, de dar soporte a los procesos de mejoramiento de la gestión ambiental local.
- Asesorar a la asociación acerca de todas las instituciones que por ley deben otorgar recursos a este tipo de proyectos de enfoque ambiental en el plano nacional, como, por ejemplo, las municipalidades, el AYA, el IFAM y el MINAE, entre otras; de manera que, se logre ampliar las posibilidades de financiamiento.

- El proyecto debe contar con una planificación financiera adecuada y, un plan de autofinanciamiento, por medio del cobro de los recibos de agua a los usuarios, para consolidar su establecimiento a lo largo del tiempo.

7. Referencias bibliográficas

- Aguilar, A. (12 de Marzo de 2017). Conozca por qué el cantón de Carrillo se llama así. *AMPRENSA.COM*. Recuperado de: <http://www.amprensa.com/2017/03/conozca-canton-carrillo-se-llama-asi/>.
- American Public Health Association, American Water Works Association, Water Pollution Control Federation, & Water Environment Federation. (2017). En R.B. Baird, A.D. Eaton y E.W. Rice (Eds), *Standard methods for the examination of water and wastewater (23ª ed)*. USA: American Water Works Association.
- Asamblea Legislativa. (27 de agosto de 1942). *Ley de Aguas* [Ley nº 276 de 1942]. Publicada en La Gaceta No. 190 del 28 de agosto. San José, Costa Rica: Imprenta Nacional.
- Asamblea Legislativa. (4 de octubre de 1995). *Ley Orgánica del Ambiente* [Ley nº 7554 de 1995]. Publicada en La Gaceta No. 215 del 13 noviembre. San José, Costa Rica: Imprenta Nacional.
- Asamblea Legislativa. (16 de febrero de 1996). *Ley Forestal* [Ley nº 7575 de 1996]. Publicada en La Gaceta No. 72 del 16 de abril . San José, Costa Rica: Imprenta Nacional.
- Astorga, Y. (2007). *Recurso aguas superficiales y subterráneas con énfasis en las principales cuencas hidrográficas*. (Décimotercer Informe Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible). San José, Costa Rica: Estado de la Nación.
- Barnechea, M. (1994). La sistematización como producción de conocimientos. *Revista La Piragua* 9, 122-128. Lima, Perú.
- Brenes, C. y Soto, V. (2015). *Manual para sistematizar experiencias de manejo participativo en la conservación de la biodiversidad*. Santo Domingo, Heredia: Proyecto MAPCO-BIO-SINAC-JICA.
- Calvo-Brenes, G. y Mora, J. (2012). Análisis de la calidad de varios cuerpos de agua superficiales en el GAM y la Península de Osa utilizando el Índice Holandés. *Revista Tecnología en Marcha*, 25(5), 37- 44.
- Directorio Cartográfico. (Diciembre de 2017). *Mapa de Comunidad, Guanacaste, Carrillo*. Obtenido de: <http://mapasamerica.dices.net/costarica/mapa.php?nombre=Comunidad&id=2974>

- Estado de la Nación. (2005). *Programa Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible*. (Undécimo Informe Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible). San José, Costa Rica: Programa Estado de la Nación.
- Estado de la Nación. (2015). *Programa Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible* (Resumen Vigésimoprimer Informe Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible). San José, Costa Rica: Programa Estado de la Nación.
- García, V., Acuña, J., Vargas, J. A. y García, J. (2006). Calidad bacteriológica y desechos sólidos en cinco ambientes costeros de Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, (54), 35-48.
- García-Bueno, C. (2011). Uso y disfrute del agua en la Villa Romana de Puente de La Olmilla (Albaladejo, Ciudad Real): el aprovechamiento hídrico en el mundo romano. *Espacio, Tiempo y Forma, Serie II, Historia Antigua*, 24, 491-514. Madrid, España.
- Herrera, J., Rodríguez, S., Rojas, J., Herrera, E. y Chaves, M. (2013). Variación temporal y espacial de la calidad de las aguas superficiales en la subcuenca del río Virilla (Costa Rica) entre 2006 y 2010. *Revista de Ciencias Ambientales*, (45), 51-62.
- Informes y Proyectos S.A. INYPSA. (2010). *Plan estratégico regional de ordenamiento territorial de la Región Chorotega. Programa de regularización de catastro y registro*. San José, Costa Rica.
- Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. (2004). En Lockwood, H. *Estudio de aspectos institucionales de desarrollo de los acueductos rurales en Costa Rica*. Informe Final AguaConsult. San José, Costa Rica.
- Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. (2010). *Memoria Institucional 2010-2014*. San José, Costa Rica.
- Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. (2011). En D. Mora, A. Mata, y C.F. Portuguese, (Coords.). *Acceso a agua para consumo humano y saneamiento. Evolución en el periodo 1990-2010 en Costa Rica*. San José, Costa Rica.
- Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. (2012). En D. Mora, y C.F. Portuguese, (Coords.). *Calidad del agua en sus diferentes usos en Guanacaste-Costa Rica al año 2011*. San José, Costa Rica.
- Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. (Junio de 2016). *Programa Bandera Azul Ecológica*. Obtenido de <https://banderaazulecologica.org/>
- Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. (Octubre de 2016). *Proyecto AyA 2010-2017*. Obtenido de: <https://www.aya.go.cr/proyectos/SitePages/Detalle%20del%20proyecto.aspx?spidProyecto=22>
- Instituto Costarricense de Turismo. (Julio de 2016). *Bandera Azul Ecológica Playas*. Obtenido de <http://banderaazulecologica.org/landing-de-categorias/playas>

- Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2011). *X Censo Nacional de Población y VI de Vivienda*. San José, Costa Rica.
- Luche, N. (2004). *Análisis de la intervención del plan de mejoramiento ambiental de la parte alta de la cuenca del río Virilla, Costa Rica. Intervention analysis of the environmental management plan in the Rio Virilla Basin*. (Tesis de maestría). Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica.
- Luna, S., Reyes, L., Chinchilla, M. y Catarinella, G. (2002). Presencia de ooquistes de *Cryptosporidium spp* en aguas superficiales en Costa Rica. *Parasitología latinoamericana*, 57, 63-65.
- McLeod, K. S. (2000). Our sense of Snow: the myth of John Snow in medical geography. *Social science & medicine*, 50, 923-935.
- Mora, D. (1991). Situación actual del agua de consumo humano y las aguas residuales en Costa Rica. *Revista Biocenosis*, 2, 50-62.
- Mora, D. (2004). Calidad microbiológica de las aguas superficiales en Costa Rica. *Revista Costarricense de Salud Pública*, 13,(24), 15-31.
- Municipalidad de Carrillo. (Septiembre del 2017). Datos demográficos. En *Entorno y demografía*. Carrillo, Guanacaste. Recuperado de: <https://www.municarrillo.go.cr/index.php/nuestro-canton/entorno-y-demografia>
- OMS. (2004). *Guías para la calidad del agua potable. Volumen 1*.
- Picón, J. C. y Baltodano, V. (2006). Planificación turística en zonas costeras de Costa Rica. Algunas referencias a playa Tamarindo (Santa Cruz, Guanacaste). *InterSedes: Revista de las Sedes Regionales*, VII(13), 149-170.
- Poder Ejecutivo. (9 de agosto del 2006). *Reglamento de Vertido y Reuso de Aguas Residuales* [Decreto n.º 33601-MINAE-S. del 2007]. Publicada en La Gaceta N° 55 del 19 de marzo. San José, Costa Rica: Imprenta Nacional.
- Poder Ejecutivo. (4 de marzo del 2008). *Reglamento del Canon Ambiental por Vertidos* [Decreto N° 34431-MINAE-SALUD del 2008]. Publicada en La Gaceta No.74 del 17 de abril. San José, Costa Rica: Imprenta Nacional.
- Poder Ejecutivo. (12 de enero del 2015). *Reglamento para la Calidad del Agua Potable* [Decreto N° 38924-S del 2015]. Publicada en La Gaceta N°170 del 1 de setiembre. San José, Costa Rica: Imprenta Nacional.
- Porras, D. (2017). Conflictos territoriales y presiones turísticas urbanísticas sobre el recurso hídrico del sector costero de Tamarindo. En J.R. Rodríguez (Editor), *Centroamérica: Agua, cultura y territorio. Actas del Primer Congreso Internacional* (pp. 242-257). Heredia, Costa Rica.

- Programa de Gestión Ambiental Integral *PROGAI*. (20 de marzo de 2017). Recuperado de <https://www.ucr.ac.cr/noticias/buscar/programa-gestion-ambiental-integral-progai.html>
- Rojas, R. (2002). Guía para la vigilancia y control de la calidad de agua para consumo humano. Lima, Perú.
- Rosales, E. (2017). Agua limpia para Costa Rica en 2050. En *Investiga. TEC*, (30) 12-15.
- Rosales-Escalante, E. (2005). Tanques sépticos. Conceptos teóricos base y aplicaciones. *Revista Tecnología en Marcha*, 26-30.
- Segura, O. (2004). Agenda ambiental del agua en Costa Rica. *Revista Geográfica de América Central*, 1(40), 39-50.
- Springer, M. (2010). Biomonitorio acuático. *Revista de Biología Tropical*, 58(4), 53-59.
- Valverde, R. (2010). *La Problemática del agua en Costa Rica*. Montes de Oca, Costa Rica: Editorial Universidad de Costa Rica.
- van Noorloos, F. (2013). ¿Un lugar en el sol para quién? El turismo residencial y sus consecuencias para el desarrollo equitativo y sostenible en Guanacaste, Costa Rica. *AlbaSud*, (15).

