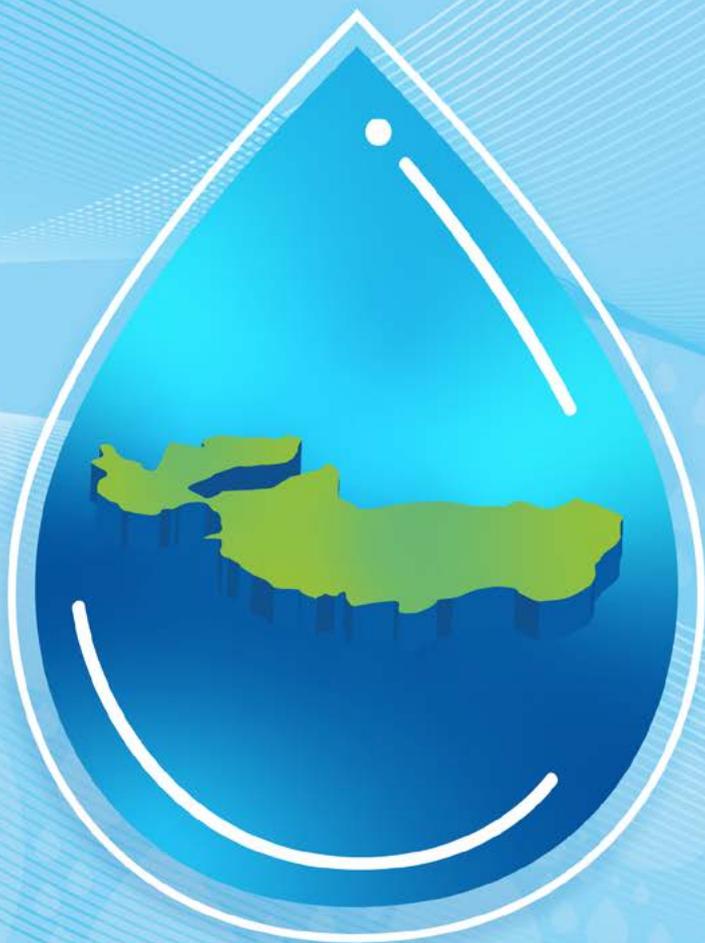
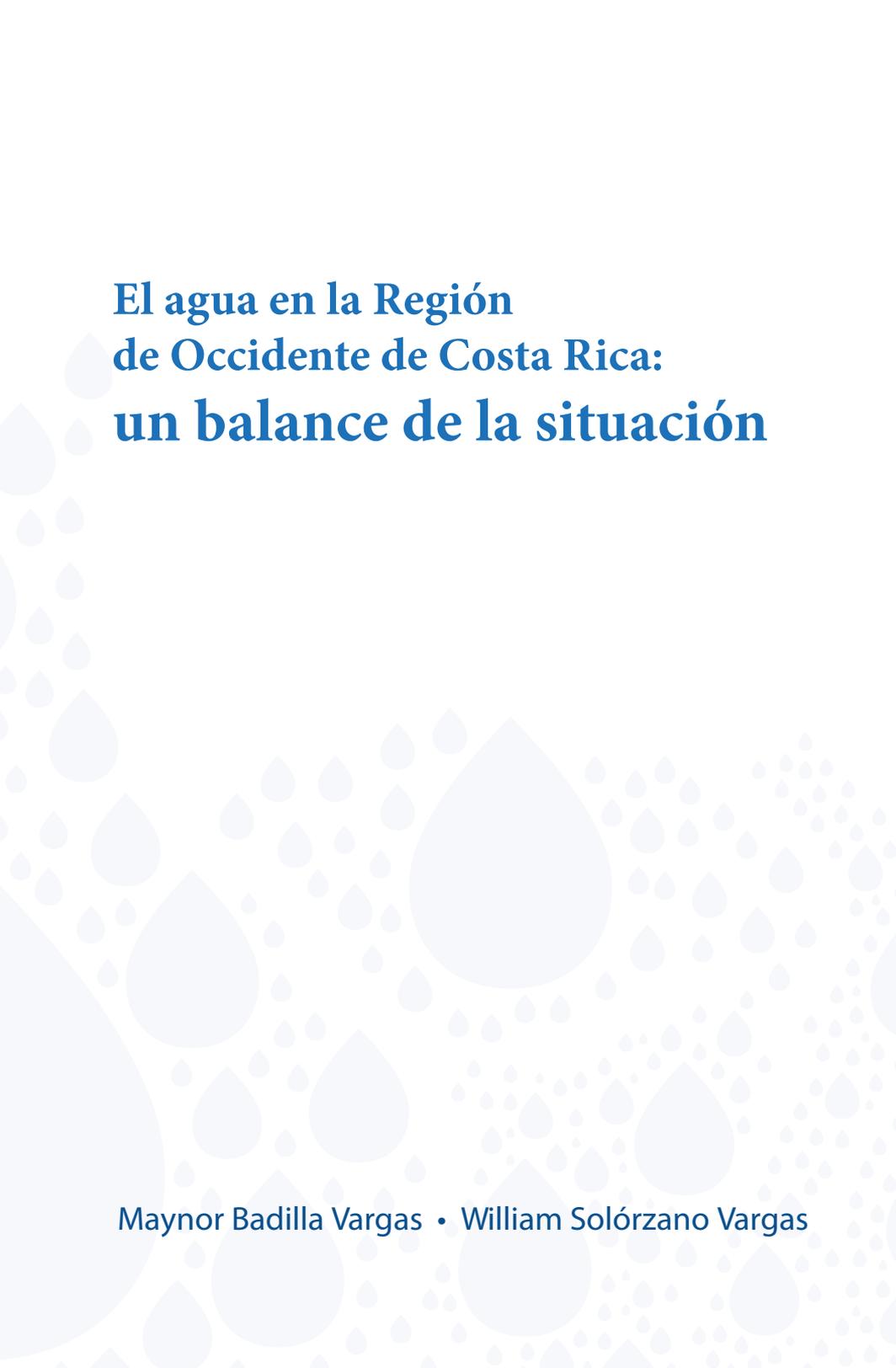


El agua en la Región de Occidente de Costa Rica: un balance de la situación



Maynor Badilla Vargas • William Solórzano Vargas



El agua en la Región de Occidente de Costa Rica: un balance de la situación

Maynor Badilla Vargas • William Solórzano Vargas

333.91

B136a

Badilla Vargas, Maynor

El agua en la Región de Occidente de Costa Rica: un balance de la situación/ Maynor Badilla Vargas; William Solórzano Vargas. -- 1. ed.-- San Ramón, Alajuela : Centro de Investigaciones sobre Diversidad Cultural y Estudios Regionales (CIDICER) Sede de Occidente, Universidad de Costa Rica, 2020.

99 páginas: ilustraciones a color

ISBN: 978-9930578018

1. RECURSOS HÍDRICOS-REGIÓN DE OCCIDENTE-COSTA RICA.

I. Solórzano Vargas, William. II. Título



Comisión Editorial. Centro de Investigaciones sobre Diversidad Cultural y Estudios Regionales (CIDICER)

Dra. Luz Marina Vásquez Carranza
Dra. Magdalena Vásquez Vargas
Dra. Esperanza Gómez Hernández
Dra. Francesca Randazzo Eisemann
Dr. David Figueroa Serrano
Dr. Mauricio Arley Fonseca
M.L. Minor Herrera Valenciano
Lic. Damián Herrera González

Corrección de estilo:

M.L. Minor Herrera Valenciano

Corrección de pruebas:

M.Ed. Maynor Badilla Vargas
M.Sc. William Solórzano Vargas

Diagramación:

Lic. Juan Gabriel Madrigal Cubero

Diseño de portada:

Lic. Robert Campos Chaves

Todos los derechos reservados. Esta publicación no puede ser reproducida, ni en todo ni en parte, ni puede ser registrada o transmitida por un sistema de recuperación de información en ninguna forma ni por ningún medio, sea mecánico, fotoquímico, magnético, electroscópico, por fotocopia o cualquier otro, sin el permiso previo por escrito de los autores o de la editorial.

AGRADECIMIENTOS

La obra que hoy vemos materializada en esta publicación es una realidad gracias al aporte de una serie de instituciones y personas que contribuyeron de diversas maneras en su conformación.

Manifestamos un profundo agradecimiento al Centro de Investigaciones sobre Diversidad Cultural y Estudios Regionales (CIDICER), a la Comisión Editorial del CIDICER, y muy especialmente a la Dra. Luz Marina Vásquez Carranza, Directora de este prestigioso centro de investigaciones, por su apoyo en la publicación de este libro.

Se extiende el agradecimiento al M.L. Minor Herrera Valenciano por su valioso aporte en la corrección de estilo.

Al Lic. Juan Gabriel Madrigal Cubero, por la diagramación de esta obra.

Al Lic. Robert Campos Chaves, por su creatividad e innovación en el diseño de la portada y su impecable contribución en el diseño interno del texto.

A la Licda. Marianela Hidalgo Matamoros, asistente administrativa del CIDICER, por su eficiente trabajo en la coordinación y logística para la publicación de esta obra.

A todas y todos, mil gracias.

Los autores.

CONTENIDO

Introducción	1
---------------------------	----------

Capítulo I

El recurso hídrico en la actualidad: algunas generalidades	3
---	----------

1.1 El recurso hídrico mundial en cifras	3
--	---

1.2. Situación del recurso hídrico en Costa Rica	4
--	---

Capítulo II

Estudios sobre el recurso hídrico en Costa Rica y en la Región de Occidente: un balance bibliográfico	9
--	----------

2.1. Estudios sobre el recurso hídrico en Costa Rica	9
--	---

2.2. Estudios sobre el recurso hídrico en la Región de Occidente	20
---	----

Capítulo III

Disponibilidad del recurso hídrico en la Región de Occidente	34
---	-----------

3.1. Microcuencas hidrográficas: una riqueza regional en riesgo	34
--	----

3.2. Consideraciones sobre el balance hídrico.....	41
--	----

3.3. Características hidrológicas de la Región de Occidente.....	46
--	----

3.3.1. Meteorología	46
---------------------------	----

3.3.2. Temperatura.....	48
-------------------------	----

3.3.3. Hidrografía	50
--------------------------	----

3.3.3.1. Naranjo.....	50
-----------------------	----

3.3.3.2. Zarcero	51
------------------------	----

3.3.3.3. San Ramón	52
--------------------------	----

3.3.3.4. Sarchí	53
-----------------------	----

3.3.3.5. Poás	54
---------------------	----

3.3.3.6. Palmares.....	54
------------------------	----

3.3.3.7. Atenas.....	55
----------------------	----

3.3.3.8. Grecia	55
-----------------------	----

3.4. La protección de las nacientes: un reto impostergable.....	56
---	----

Capítulo IV

Demanda del recurso hídrico en la Región de Occidente..... 61

- 4.1. Fuentes de extracción de agua
y demanda de los sectores.....61
- 4.2. Riego y actividades agropecuarias66
- 4.3. Industria y agroindustria69
- 4.4. Demanda de recurso hídrico en el sector terciario.....70

Capítulo V

Entes operadores del recurso hídrico 72

- 5.1. Conformación y generalidades de
la Región de Occidente73
- 5.2. Entes operadores y calidad del agua
que suministran a la población.....74
- 5.3. Las asadas y su papel en la administración
y protección del recurso hídrico en la región.....78

Conclusiones 83

Recomendaciones..... 88

Referencias bibliográficas 92

LISTA DE CUADROS

- Cuadro 1.** Microcuencas de la Región de Occidente de Costa Rica, según extensión y comunidades que abarcan, 2007
- Cuadro 2.** Extensión y porcentaje de las microcuencas, según cantones de la Región de Occidente de Costa Rica, 2007
- Cuadro 3.** Costa Rica, balance hídrico por cuencas hidrográficas, 2007
- Cuadro 4.** Valores de precipitación en mm en las siete estaciones meteorológicas del IMN y el ICE ubicadas en la Región de Occidente, 2015
- Cuadro 5.** Datos de temperatura, según estaciones meteorológicas de la Región de Occidente, 2015
- Cuadro 6.** Costa Rica: extracción anual de agua dulce según fuente y sector, años 2005-2015, (m^3 /año),2017
- Cuadro 7.** Área y tipo de riego por cantón de la Región de Occidente, 2018
- Cuadro 8.** Extensión geográfica y población de cada cantón de la Región de Occidente, 2019
- Cuadro 9.** Cantidad y porcentajes de acueductos por ente operador y población abastecida en la Región de Occidente, 2013
- Cuadro 10.** Cantidad de acueductos, población que abastecen y calidad del agua suministrada por las ASADAS en los cantones de la Región de Occidente, 2013

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Ubicación de las principales cuencas hidrográficas de Costa Rica
- Figura 2.** Crecimiento urbano dentro y fuera del anillo de contención de la Gran Área Metropolitana y su impacto en las zonas de recarga de acuífera (2008-2013)
- Figura 3.** Zonas de protección
- Figura 4.** Mapa de la Región de Occidente de Costa Rica

LISTA DE GRÁFICOS

- Gráfico 1.** Temperaturas mínimas y máximas registradas en la estación La Argentina, cantón de Grecia, 2015
- Gráfico 2.** Costa Rica: consumo de agua, según sectores, 2015
- Gráfico 3.** Porcentaje de acueductos en manos de cada ente operador en la Región de Occidente, 2013
- Gráfico 4.** Porcentaje de población abastecida por cada ente operador en la Región de Occidente, 2013

LISTA DE SIGLAS Y ABREVIATURAS

ABREVIATURA / SIGLA	SIGNIFICADO
ASADAS	Asociaciones Administradoras del Sistema de Acueductos y Alcantarillados
AyA	Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
CAAR's	Comités Administradores de Acueductos Rurales
CEOI	Centro de Documentación e Información
CGR	Contraloría General de la República
CICG	Centro de Investigaciones en Ciencias Geológicas
CIDICER	Centro de Investigaciones sobre Diversidad Cultural y Estudios Regionales
EPT	Evapotranspiración
EPT Real	Evapotranspiración real
ESPH	Empresa de Servicios Públicos de Heredia
ETR	Evapotranspiración real media temporal y espacial
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
GAM	Gran Área Metropolitana
GIRH	Gestión Integrada del Recurso Hídrico
Has	Hectáreas
ICE	Instituto Costarricense de Electricidad
ICT	Instituto Costarricense de Turismo
IGN	Instituto Geográfico Nacional
IMN	Instituto Meteorológico Nacional
IMTA	Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

ABREVIATURA / SIGLA	SIGNIFICADO
INEC	Instituto Nacional de Estadísticas y Censos
Km ²	Kilómetro cuadrado
Km ³	Kilómetro cúbico
l/s	Litros por segundo
LNA	Laboratorio Nacional de Aguas
MAG	Ministerio de Agricultura y Ganadería
MINAE	Ministerio de Ambiente y Energía
mm	Milímetros
m ³	Metro cúbico
OdD	Observatorio del Desarrollo
OMM	Organización Meteorológica Mundial
P	Precipitación media temporal y espacial
PHI	Programa Hidrológico Internacional
PIB	Producto Interno Bruto
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
PRAT	Proyecto de Riego Arenal-Tempisque
Q	Escorrentía media temporal y espacial
SENARA	Servicio Nacional de Aguas Subterráneas, Riego y Avenamiento
UCR	Universidad de Costa Rica
UNESCO	Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura
η	Error de medición
°C	Grado Celsius

PRESENTACIÓN

El acceso al agua es un derecho humano fundamental que se requiere para garantizar el goce de todos los demás derechos, como bien apunta la UNESCO; sin él, sería imposible la satisfacción de las necesidades básicas, tales como: la alimentación, la salud, la higiene, en fin, la supervivencia humana. No obstante, y a pesar de que hasta muy recientemente se consideraba un recurso renovable y, por ende, inagotable, hoy día sabemos que el recurso hídrico se encuentra seriamente amenazado por múltiples razones causadas directa o indirectamente por el ser humano: el cambio climático, resultado de la quema de combustibles fósiles y la deforestación; la contaminación de suelos, océanos, ríos, lagunas, lagos y otras fuentes de agua como consecuencia de malas prácticas agrícolas y manejo inapropiado de desechos sólidos; el crecimiento urbano desmedido y poco planificado; la falta de políticas públicas universales que garanticen lineamientos claros sobre su protección, distribución y calidad, entre otros. La vulnerabilidad del agua es tal que, según el último informe de las Naciones Unidas, al día de hoy, 3 de cada 10 personas en el planeta no tienen acceso a agua potable o a sistemas de saneamiento; si como naciones no implementamos medidas acertadas y expeditas para proteger nuestros mantos acuíferos, la situación empeorará año con año y los resultados serán catastróficos.

Costa Rica es un país privilegiado por poseer gran disponibilidad del recurso hídrico, al contar con una amplia red de cuencas hidrográficas a lo largo y ancho de su territorio. No obstante, se requieren acciones inmediatas a fin de garantizar su disponibilidad, accesibilidad y, sobre todo, su calidad para el con-

sumo humano; todo esto requiere de una serie de medidas que han de ser desarrolladas de manera conjunta y sostenida entre gobiernos locales, entes administradores del recurso y comunidades de personas usuarias. Subrayar estas realidades y retos constituye el principal aporte del libro “El agua en la Región de Occidente de Costa Rica: un balance de la situación”. En esta obra, los autores realizan una revisión bibliográfica amplia de estudios previos sobre disponibilidad, accesibilidad y calidad del agua en el país, con énfasis en la Región Occidental, y proporcionan una serie de recomendaciones oportunas para fortalecer nuestros mantos acuíferos y el sistema de distribución del agua de manera efectiva, a fin de fortalecer la accesibilidad al agua y de garantizar su calidad.

Como directora del Centro Investigaciones sobre Diversidad Cultural y Estudios Regionales (CIDICER) donde se desarrolló el proyecto de investigación que resultó en la publicación de este material, me complace haber sido elegida para escribir esta presentación. A pesar de conocer poco sobre el recurso hídrico desde el punto de vista académico, me es posible reconocer con facilidad el valor que este recurso tiene para la humanidad en general y, por ende, reconocer el aporte de los investigadores Badilla Vargas y Solórzano Vargas a través de este libro; esta presentación la escribo desde mi humilde apreciación como usuaria de este invaluable recurso.

El aporte de esta publicación es claro al señalar, por medio de una revisión general de estudios previos sobre el recurso hídrico a nivel mundial, pero principalmente a nivel nacional y regional, los principales retos que existen para garantizar la calidad y potabilidad del agua, a pesar de la disponibilidad del recurso en la

Región de Occidente. Se alerta sobre la creciente demanda del recurso hídrico, debido al acelerado crecimiento urbano, así como de las actividades agrícolas, industriales, la generación de energía y el comercio. También se apuntan de manera clara y concisa, acciones que se requiere implementar, con carácter de urgencia, para evitar la disminución al acceso del agua potable.

Los autores plantean una serie de problemas que afectan la disponibilidad, acceso y calidad del agua. A nivel ambiental, indican los siguientes: la contaminación de los cuerpos de agua; el mal uso de agroquímicos por parte de los productores agrícolas de la región; el crecimiento desmedido y la falta de control en los proyectos urbanísticos y la disminución de las precipitaciones, debido al cambio climático, entre otros.

Desde la perspectiva administrativa, señalan la necesidad de definir políticas públicas claras sobre explotación y sostenibilidad del recurso hídrico; se refieren a las deficiencias del marco jurídico y el escaso cumplimiento de la legislación existente en materia de protección y explotación del recurso en la región; subrayan la falta de crecimiento en inversión para infraestructura; describen la ausencia de sistemas de saneamiento, para garantizar la potabilidad del agua para el consumo humano, a fin de procurar que el 100% de la población de la región tenga acceso a agua potable de calidad.

A nivel social, resaltan el crecimiento poblacional en la Región de Occidente, lo cual ha provocado mayor demanda por el recurso hídrico. Además, argumentan que existen deficiencias en el sistema educativo que dificultan los procesos de sensibiliza-

ción de la población infantil y juvenil, acerca del valor que tiene el preciado líquido.

Finalmente, sugieren una serie de acciones concretas para robustecer el acceso y distribución del agua, entre ellas: la urgencia de diseñar un plan integrado de manejo de cuencas; mayores esfuerzos para la reducción y manejo de desechos sólidos que contaminan las fuentes de agua; optimización de las redes de distribución; mayor planificación coordinada del desarrollo urbanístico; mayores acciones para la protección de nacientes por parte de gobiernos locales y entes reguladores y administradores del recurso hídrico; estrategias claras de protección de nacientes; incorporación del estudio de la fragilidad e importancia del recurso en los planes de estudio de primaria y secundaria, para concientizar las poblaciones más jóvenes; creación e implementación de planes reguladores para garantizar el ordenamiento territorial y por ende, el acceso al agua; mayor inversión y voluntad política; mayor apoyo con recursos y asesoramientos a las Asociaciones Administradoras de los Sistemas de Acueductos y Alcantarillados rurales, ASADAS y el aumento en el nivel de potabilidad del agua.

Estoy segura de que este gran esfuerzo será apreciado por muchas personas, expertos y no expertos en el tema del recurso hídrico, quienes podrán utilizar el libro ya sea como punto de partida para aprender sobre esta trascendental temática, como yo, o para incrementar sus conocimientos sobre el tema y guiar futuros procesos de investigación y de toma de decisiones.

Luz Marina Vásquez Carranza, Ph.D.

INTRODUCCIÓN

Este trabajo es resultado del proyecto de investigación titulado *Observatorio del Desarrollo Humano de la Región de Occidente: retos y perspectivas del recurso hídrico*, número: 836-B3-024, inscrito en el Centro de Investigaciones sobre Diversidad Cultural y Estudios Regionales de la Universidad de Costa Rica.

En la actualidad, el tema del recurso hídrico ocupa un rol protagónico en las agendas internacionales. La gestión y manejo de este preciado líquido constituye un reto inaplazable que demanda atención urgente y, ante todo, un genuino compromiso por parte de la sociedad civil y de la clase política encargada de ejecutar los procesos de toma de decisiones sobre este tópico de medular relevancia.

El objetivo fundamental de esta obra es ofrecer un balance sobre la disponibilidad, accesibilidad y calidad del recurso hídrico con que cuenta la Región de Occidente, así como evidenciar los retos y desafíos que de manera conjunta, gobiernos locales, instituciones administradoras del agua y comunidades, tienen para garantizar a las futuras generaciones el disfrute de este recurso vital.

El documento se ha estructurado en cinco capítulos; en el primero, se describe la situación del recurso hídrico a nivel mundial, con base en una serie de cifras emanadas por organismos internacionales; en el segundo, se ofrece un balance bibliográfico en el que se destacan los principales aportes de diversos estudios sobre el tema de recurso hídrico a nivel nacional y especialmente en la Región de Occidente. En el capítulo tercero, se ahonda en la

disponibilidad del recurso hídrico con que cuenta cada uno de los cantones que conforman esta región y se plantean algunas consideraciones sobre la protección del agua, sobre todo a nivel de las nacientes. El cuarto capítulo se refiere a la demanda del recurso hídrico para el desarrollo de actividades como el riego de cultivos, ganadería, industria, comercio, así como la demanda derivada del crecimiento poblacional. El quinto apartado describe los entes operadores del recurso hídrico en la Región de Occidente, haciendo énfasis en el papel de las ASADAS en cuanto al manejo del agua y la problemática en torno a la calidad del recurso que distribuyen. Por último, se plantean algunas conclusiones y recomendaciones derivadas del estudio.

CAPÍTULO I

EL RECURSO HÍDRICO EN LA ACTUALIDAD: ALGUNAS GENERALIDADES

Este capítulo describe, de manera general, la situación actual del recurso hídrico a nivel mundial y nacional, con base en estudios elaborados por entidades internacionales y por investigadores nacionales.

1.1 EL RECURSO HÍDRICO MUNDIAL EN CIFRAS

En relación con la disponibilidad de recurso hídrico, a nivel mundial, la Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) aporta datos sumamente valiosos, los cuales son necesarios conocer antes de abordar la situación del agua en el ámbito nacional y regional, por ejemplo, “existen unos 1400 millones de Km^3 de agua, de los cuales 35 millones (2,5 por ciento) son de agua dulce” (FAO, 2002, p. 1).

Las grandes concentraciones del preciado líquido, ubicadas en las zonas polares, en los glaciares y en los acuíferos profundos, no es utilizable. El agua dulce, que puede ser aprovechada para consumo humano, procede esencialmente de la escorrentía superficial del agua de lluvia, generada por el ciclo hidrológico (FAO, 2002, p.19).

El promedio anual de precipitación sobre la Tierra alcanza 119000 km^3 de los cuales alrededor del 62 por ciento (74000 km^3) se evapora a la atmósfera. El restante 38 por ciento (45000 km^3)

fluye hacia lagos, embalses y cursos de agua o se infiltran en el suelo alimentando a los acuíferos (FAO, 2002, p. 1).

Se estima que, de 9000 a 14000 km³ son económicamente utilizables por el ser humano, "nada" en comparación con la cantidad total de agua de la Tierra (FAO, 2002, p. 1). Sin embargo, la creciente demanda por parte de la población, así como para la industria, agroindustria y para la generación de energía, entre otras, implica una enorme presión sobre este recurso, de ahí que:

(...) se está generando un escenario cada vez más dramático para sustentar la vida de millones de seres humanos en nuestro planeta. Ya una sexta parte de la población mundial carece de acceso al agua y para el año 2025, 1,8 billones de habitantes vivirán en países o regiones en absoluta escasez hídrica (Valverde, 2010: 13).

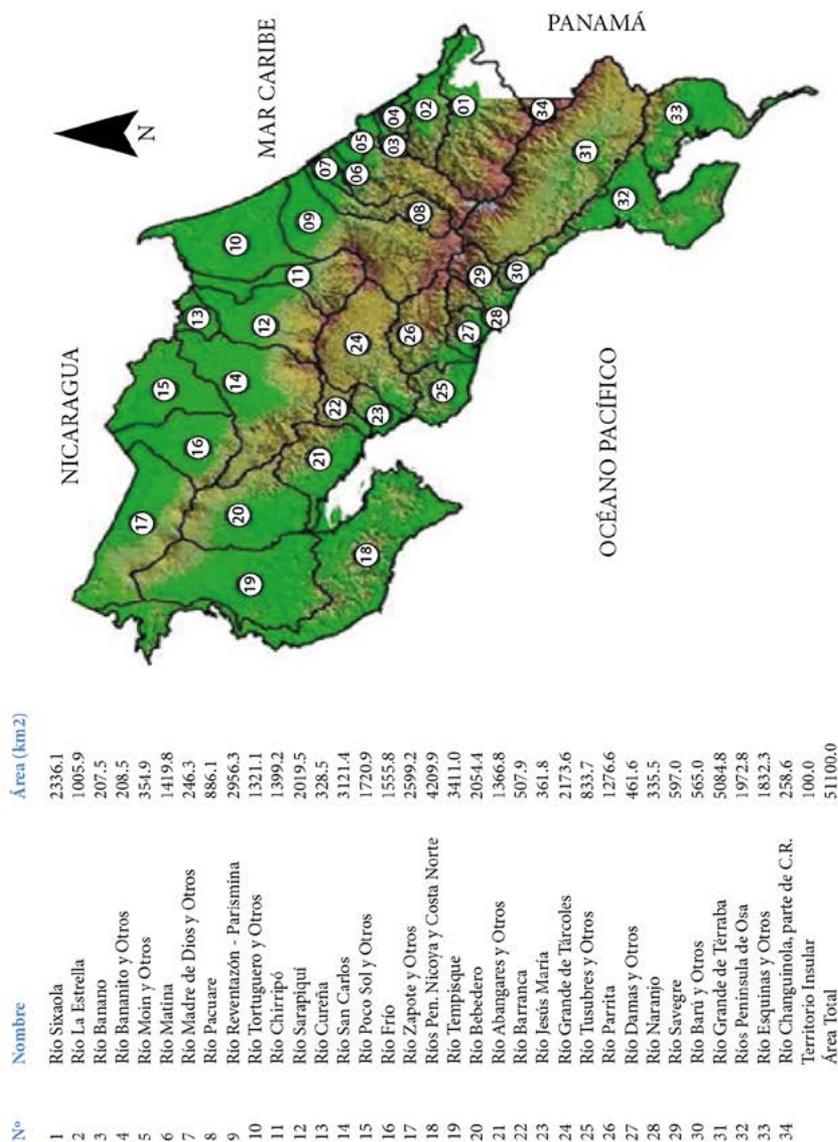
1.2. SITUACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO EN COSTA RICA

Costa Rica posee un enorme potencial hídrico, gracias a la amplia red de cuencas hidrográficas que cubren la totalidad del territorio nacional y que contribuyen con las altas tasas de biodiversidad con que cuenta.

Con 34 cuencas hidrográficas y precipitaciones que fluctúan desde los 1300 hasta los 7500 mm/anuales, es un país rico en agua, con una disponibilidad per cápita superior a los 31300 m³/ persona-año y con la tasa de extracción hídrica per cápita más elevada de Centroamérica (Valverde, 2010, p. 34).

Figura N° 1

Ubicación de las principales cuencas hidrográficas de Costa Rica



Fuente: Balance hídrico superficial de Costa Rica. Período 1970-2002, (2007, p.11).

A pesar de estas condiciones tan privilegiadas, la vulnerabilidad del recurso hídrico se ha incrementado de manera alarmante en el país en las últimas décadas, debido a causas de diversa índole, entre ellas:

(...) la ausencia de políticas hídricas integrales, claras y estables, un marco legal desactualizado, estático y de mínimo cumplimiento, que ha permitido el uso ineficiente del recurso hídrico y la contaminación de los cuerpos de agua y desde luego la cultura dominante de poca o ninguna valoración del agua como recurso vital para el desarrollo presente y futuro de todas las especies que poblamos el país (Segura, 2002, p 41).

Asimismo, debe mencionarse el impacto de los programas de ajuste estructural que se comenzaron a implementar en el país en la década de 1980 y su incidencia en las políticas sociales. En este sentido, la inversión pública en infraestructura relacionada con el recurso hídrico se redujo significativamente, repercutiendo en la calidad de vida y en el deterioro de la salud de la población, todo ello a pesar del aumento de la demanda por el preciado líquido en las postrimerías del siglo XX, de ahí que:

A partir de la década de los noventa ha habido un aumento considerable en la demanda del recurso hídrico. Así, por ejemplo, según datos del Observatorio del Desarrollo (2001), en los acuíferos de la Gran Área Metropolitana (GAM), la demanda en metros cúbicos por segundo sufrió un aumento que oscila entre 31 y 43%, de acuerdo con las estimaciones entre 1990 y 2001. Asimismo, la ex-

tracción del agua subterránea sobre el volumen disponible en la GAM pasó de un 16,3% en 1996 a un 62,5 en el 2000. Según los parámetros de la Organización Meteorológica Mundial (OMM), eso indica que en nuestro país la presión por el recurso hídrico pasó de un nivel moderado en 1996 (10- 20% de la extracción total sobre la disponibilidad) a un nivel alto en el 2000 (más del 40% de la disponibilidad), semejante a países como Egipto, Libia y los de la Península Árabe y el Medio Oriente (CGR, 2002, citado por Segura, 2002, p 41).

Además de estas problemáticas asociadas con el recurso hídrico, Segura (2002) plantea una situación que, a menudo, pasa inadvertida , la cual consiste en que:

Si bien es cierto que el 98% de los abonados de AyA y el 100% de los abonados de la Empresa de Servicios Públicos de Heredia (ESPH), tienen acceso a agua de calidad potable, también es cierto que el 40% está consumiendo agua de calidad no potable, suministrada por las Asociaciones Administradoras del Sistema de Acueductos y Alcantarillados (ASADAS) y algunos acueductos municipales. Asimismo, solamente el 18% de los acueductos utilizan la cloración continua como técnica de desinfección (pp. 42-43).

Estas problemáticas descritas, junto a la incapacidad de algunas instituciones públicas para dar respuesta a las demandas y necesidades de la sociedad civil con respecto al acceso al agua, han desencadenado múltiples conflictos en muchas comunidades del territorio nacional, por ejemplo, a nivel regional, la disputa

entre habitantes de los cantones de Atenas, Grecia y Poás. Al respecto, Francisco Angulo (2015), investigador del Programa del Estado de la Nación, indica que:

Durante más de tres meses las tensiones cantonales se reflejaron en manifestaciones en el sector de Tacaes. Entró también la disputa de la fuente Los Chorros y un desarrollo urbano en el cantón griego. Los ciudadanos se opusieron utilizando además de la Sala IV (Expediente: 14-015292-0007-CO Sentencia: 017639-2014), protestas en las calles durante más de tres semanas. Generó el choque de los cantones alajuelenses y conflicto entre los alcaldes de Grecia, Adrián Barquero y de Atenas, Querima Bermúdez. El cantón de Poás se vio involucrado en menor medida y el conflicto se resolvió en octubre. Los cantones de Atenas y Poás deberán pagar la protección de la fuente de agua, con programas de reforestación coordinados (p.20).

Como evidencian los datos anteriores, si bien Costa Rica en general, y la Región de Occidente en particular, poseen gran riqueza hídrica, en las últimas décadas este recurso está siendo seriamente comprometido.

CAPÍTULO II

ESTUDIOS SOBRE EL RECURSO HÍDRICO EN COSTA RICA Y EN LA REGIÓN DE OCCIDENTE: UN BALANCE BIBLIOGRÁFICO

En este apartado, se realiza un balance bibliográfico que incorpora estudios sobre el recurso hídrico a nivel nacional y a escala regional, con el propósito de tener mayor claridad con respecto al estado del conocimiento sobre el tema.

2.1. ESTUDIOS SOBRE EL RECURSO HÍDRICO EN COSTA RICA

Una de las publicaciones más significativas en términos de aportes para el conocimiento del recurso hídrico de Costa Rica, lo constituye el documento titulado: “Agenda Ambiental del Agua en Costa Rica”, elaborado por un equipo de ocho expertos, bajo la dirección de Olman Segura Bonilla y publicado por la Editorial Fundación Universidad Nacional (EFUNA), en el 2004.

Los autores plantean que, en Costa Rica, es evidente la crisis de gobernabilidad de los recursos hídricos, los cuales están en proceso de deterioro y peligrosamente amenazados. En tan solo cinco décadas, se pasó de la riqueza y abundancia de agua, a su vulnerabilidad y escasez.

Desde su perspectiva, los factores que han originado dicha crisis son: “la ausencia de políticas hídricas integrales claras y estables; un marco legal desactualizado, estático y de escaso cumpli-

miento, que ha provocado el uso ineficiente y la contaminación de los cuerpos de agua y desde luego la cultura dominante con poca o ninguna valoración al agua como recurso vital para el desarrollo presente y futuro del país de todas las especies que habitan el territorio” (Segura, 2004, p. 6).

Otros problemas que han favorecido la crisis de gobernabilidad del agua son: la débil y limitada experiencia en materia de administración y la escasa dotación de recursos financieros, humanos y de infraestructura para el ente rector y las organizaciones de apoyo. La planificación a corto plazo y el aumento explosivo de la población y, por tanto, del consumo del preciado líquido. A lo anterior debe agregarse la cultura del desperdicio del agua que ha caracterizado a los costarricenses.

Para estos autores, si bien Costa Rica ocupa lugares destacados a nivel mundial en los Índices de Desarrollo Humano Sostenible, y de que la reforma del sector salud es considerada como una de las de mayor avance en América Latina; la salud de una buena parte de la población costarricense está amenazada por la calidad del agua que llega a sus hogares y por la ausencia de sistemas adecuados de saneamiento ambiental (Segura, 2004, p. 7).

El libro ofrece variada información distribuida en cinco capítulos, que plantean diversas recomendaciones y propuestas de acción, necesarias para demarcar una ruta crítica de desarrollo y sostenibilidad a favor del recurso hídrico del país.

El capítulo I se refiere a los aspectos biofísicos del recurso hídrico en Costa Rica, a la demanda y calidad del agua y los elementos fundamentales para determinar el balance hídrico.

El capítulo II analiza la relación entre el agua y la salud pública costarricense. También, ilustra sobre el papel del agua en la incidencia de enfermedades de transmisión hídrica y su relación con la debilidad e inexistencia de políticas de saneamiento. El capítulo III abarca la gestión de los recursos hídricos; realiza un análisis general de los diversos actores sociales, públicos y no públicos, que intervienen en la gestión del agua a nivel local, nacional y regional.

En el capítulo IV se aborda la dimensión político-institucional del recurso hídrico. Se hace hincapié en el estado actual de las acciones emprendidas en el pasado y en los grandes vacíos que persisten. Se considera el marco legal e institucional conjuntamente con las políticas públicas y gestión del agua, su situación y retos futuros. Además, se evalúan los instrumentos de política ambiental utilizados en procura de una adecuada gestión del recurso hídrico. El capítulo V presenta la dimensión socio organizativa y cultural de los recursos hídricos. Analiza los roles y funciones de los actores sociales en la creación y ejecución de proyectos hidroeléctricos. El capítulo VI consiste en las principales conclusiones y recomendaciones que se derivan del estudio.

Otro documento por destacar se titula *Balance hídrico superficial de Costa Rica. Período: 1970-2002*, publicado en el 2007, por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) y el Programa Hidrológico Internacional (PHI) de la Oficina Regional de Ciencia para América Latina y el Caribe.

El objetivo de este estudio consiste en evaluar el recurso hídrico en las 34 principales cuencas de Costa Rica, mediante un balance hídrico superficial. Este análisis permite conocer el volumen de entrada de agua a cada una de las cuencas en forma de lluvia, el volumen que escurre superficialmente y las pérdidas de volumen por causa de la evaporación de los cuerpos de agua y la transpiración de la vegetación.

En el documento se presentan mapas sobre la ubicación de las cuencas hidrográficas y cuadros con datos estadísticos de la precipitación, escorrentía y evapotranspiración para cada una de las 34 cuencas seleccionadas.

El estudio concluye que, para el caso de Costa Rica, el componente del clima con mayor variación es la precipitación, debido principalmente a la interacción del viento y la pronunciada orografía. Se distinguen claramente dos regímenes de lluvia, uno en la vertiente del Caribe y otro en la vertiente del Pacífico.

La vertiente del Caribe se caracteriza por presentar lluvias durante todo el año. En esta vertiente, la distribución espacial de la precipitación muestra que las máximas se registran en las zonas intermedias, entre el nivel del mar y el punto más elevado de las cordilleras, y tiende a disminuir hacia las partes altas de las cordilleras.

La evapotranspiración de referencia no muestra grandes variaciones a lo largo del año y "en el nivel areal" los valores mínimos se registran en las partes más altas y húmedas de las cordilleras. Asociada con la variación temporal y espacial de la precipitación, la escorrentía máxima se registra en las cuencas y

subcuencas intermedias, tendiendo a disminuir hacia las regiones más altas y partes bajas de la zona norte; en general, esta vertiente, en cuanto a su nivel potencial, muestra una alta disponibilidad de recurso hídrico.

La vertiente del Pacífico, al contrario de la del Caribe, presenta grandes contrastes en relación con la disponibilidad de agua. En general, en la vertiente se distingue una época seca que comprende los meses de diciembre hasta abril, y una época lluviosa que comprende los meses de mayo a noviembre, con un mínimo secundario en el mes de julio.

La región Pacífico Norte es la que registra los valores mínimos de precipitación media areal y los máximos valores de evapotranspiración de referencia media areal; la escorrentía registrada en los meses de mayo a noviembre representa el 80 por ciento de la registrada a nivel anual.

En la región Pacífico Central, se registran las máximas de lluvia media areal, al igual que en el Caribe, en las regiones intermedias entre el nivel del mar y la parte más alta de la cordillera. Se distingue una época seca menos acentuada que en el resto de la vertiente, que comprende los meses de enero a marzo. En esta región, se registran los máximos valores de escorrentía y se observan valores relativamente bajos de evapotranspiración potencial de referencia.

Finalmente, en la región Pacífico Sur, la distribución temporal de la precipitación muestra una época seca que comprende los meses de diciembre hasta abril, y la época lluviosa se manifiesta entre los meses de mayo a noviembre con un mínimo rela-

tivo durante el mes de julio. En esta región, la zona localizada en el extremo suroeste presenta condiciones más altas de humedad con valores de evapotranspiración potencial de referencia relativamente bajos.

Otro de los documentos de lectura obligatoria se titula *Política Nacional de Agua Potable de Costa Rica, 2017- 2030*. El estudio fue elaborado de manera conjunta por un grupo de profesionales de AyA y la Comisión Interinstitucional de la administración Solís Rivera y publicado por el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, en el 2016.

El texto consta de cinco capítulos, pero sobre el tema que nos ocupa en este libro, los dos primeros son los que hacen aportes importantes. El primer capítulo aborda el marco normativo del subsector de agua potable en Costa Rica y el contexto situacional mediante un diagnóstico de los servicios de abastecimiento que brindan los operadores de agua potable (AyA, ASADAS, Municipalidades y ESPH), con el fin de conocer la realidad nacional del abastecimiento de agua potable.

Se determina que el sector requiere transformaciones impostergables, si realmente pretende atender las necesidades de abastecimiento de agua potable y de alcantarillado sanitario y si desea mantener los índices de salud, que hasta ahora ha gozado la población costarricense.

En el segundo capítulo, se describe el estado de la situación del recurso hídrico para la prestación del servicio de agua potable en el territorio nacional, a partir de las fuentes superficiales y subterráneas.

Además, se indica que el MINAE, SENARA y AyA están vinculados en el desarrollo de diversos sectores de la sociedad, donde se ha venido generando gran discusión sobre las prioridades de otorgamiento de permisos para la explotación del recurso hídrico, pues no se han definido estas prioridades territoriales para hacer uso y explotación del recurso; siendo la sostenibilidad del agua potable vital para la vida y considerando que el Estado debe asegurar su mantenimiento para el desarrollo de las comunidades y sus territorios, adicional a la sostenibilidad ecológica (AyA, 2016, p.13).

De manera similar a lo que otros autores plantean, en este documento, se concluye que el recurso hídrico en Costa Rica es abundante, pero la falta de gestión, protección y conservación, así como de inversión en infraestructura, entre otros aspectos, han provocado conflictos por el agua. Se hace referencia a la probabilidad de que las mismas zonas del país tengan sequías o racionamientos recurrentes, asociados a un progresivo deterioro de la calidad de los cuerpos de agua. Su menor disponibilidad para los diferentes tipos de usos, es lo que conduce, sin lugar a dudas, a los conflictos sociales, al generarse pugnas entre lo que corresponde a consumo humano y a las actividades económicas, que también son de gran importancia para el desarrollo y sostenibilidad socioeconómica y cultural de país (AyA, 2016, p. 32).

A continuación, se hace referencia a la *Revista de Ciencias Ambientales*, una publicación de la Universidad Nacional, y que en su número 45, de junio de 2013, se dedica a una serie de estudios relacionados con el recurso hídrico.

En primera instancia, destaca el trabajo de Ricardo Valverde, titulado *Disponibilidad, distribución, calidad y perspectivas del agua en Costa Rica*. El autor plantea que, la accesibilidad al agua potable cada vez es más escasa, a pesar de que el país cuenta con recursos hídricos en abundancia, lo cual constituye un reto para atender la demanda de agua para diferentes usos, teniendo en cuenta las especificidades de cada región del país, así como el impacto del cambio climático en la dinámica del recurso hídrico.

Este trabajo aporta datos que ilustran de muy buena forma la situación del país con respecto al recurso hídrico. Por ejemplo, se indica que Costa Rica dispone de poco más de 110000 millones de m³ de agua (Estado de la Nación, 2005; citado por Valverde, 2013, p. 5). Además, se afirma que, en el país, el 60 por ciento del agua para consumo humano y más del 36 por ciento de la requerida en la industria se obtiene de los acuíferos (Estado de la Nación, 2002 y Valverde, 2010, citados por Valverde, 2013).

La UNESCO (2007) coloca a Costa Rica como uno de los países con mejor acceso a fuentes de agua para la población, con un 99 por ciento de distribución en las zonas urbanas y un 92 por ciento en las zonas rurales, junto con Uruguay, el país que más ha reducido la brecha entre las poblaciones urbanas y rurales (Valverde, 2013, p. 7).

Otros datos, significativos y esclarecedores, se refieren a la potabilidad del agua, por ejemplo, solo el 48,33 por ciento de los acueductos de Costa Rica suministran agua de calidad potable, en su mayoría operados por AyA. Únicamente el 19 por ciento de los acueductos recibe agua tratada con cloro (Valverde, 2013, p. 8).

Además, este autor destaca que:

(...) las poblaciones más importantes del país son suplidas por los acueductos de AyA, que cuentan con mejores condiciones de potabilidad, se establece que un 81,2% de la población recibe agua de calidad potable (PNUMA, 2002, citado por Valverde, 2013, p. 8).

Otro eje temático, que el autor aborda en este artículo, consiste en las vulnerabilidades a las que está expuesto el recurso hídrico, entre ellas:

El aporte de nitratos por fertilizantes, la salinización en acuíferos costeros y la evacuación de excretas por tanques sépticos (Estado de la Nación, 2002; Ballesteros, et.al, 2002, citado por Valverde, 2013, p. 8).

Un aspecto medular por destacar, consiste en la problemática derivada de no contar con agua potable para consumo humano en un cien por ciento, ya que a cerca del 17 por ciento de la población no se le garantiza plenamente la potabilidad del preciado líquido.

Para concluir, Valverde (2013), también se refiere a las amenazas del cambio climático con respecto a la disponibilidad del recurso hídrico, debido a las alteraciones en los regímenes de precipitación y en las temperaturas, las sequías, que cada vez son más intensas y prolongadas, así como las tormentas tropicales y las inundaciones subsecuentes.

Jaime Echeverría y Bernal Cantillo, en su artículo denominado *Instrumentos económicos para la gestión del agua*, plan-

tean que, Costa Rica es un país con un recurso hídrico abundante, donde cada habitante dispone de cerca de 24000 metros cúbicos por año, en comparación con 97 metros cúbicos en Israel, 3500 metros cúbicos en México y 9000 metros cúbicos en Estados Unidos de América (2013, p. 13).

Estos autores indican que, si bien esa riqueza hídrica, ha permitido alcanzar buenos índices en agua potable y generación de energía renovable, cada día se ven más ejemplos del deterioro de los recursos hídricos. Entre las causas de esta problemática, destacan la contaminación de los ríos y acuíferos, la reducción de las áreas de infiltración y la falta de gobernabilidad del recurso, sumado a una mayor demanda por el crecimiento de la población. Todo lo anterior ocasiona que cada vez sea más evidente la escasez del agua, en cantidad y calidad, en el territorio nacional.

Según dichos criterios, todavía se estaría a tiempo de enderezar el rumbo, si se adopta una gestión moderna y eficiente de este recurso. Asimismo, proponen instrumentos económicos como cánones, tasas hídricas y cargos por contaminación, los cuales han sido utilizados con éxito en muchos países para resolver los problemas asociados con la gestión del agua (Echeverría y Cantillo, 2013, p. 18).

Estos autores concluyen indicando que:

(...) es necesario que todos reconozcamos que el agua no es gratis y que para asegurar su uso racional deberá pagarse un precio correcto por ella. Además, es pertinente admitir que al introducir herramientas económicas bien gestionadas es posible alcanzar metas ambientales a un menor costo para la sociedad (Echeverría y Cantillo, 2013, p. 22).

Las investigadoras, Élide Vargas y Anyerline Marín, en un interesante artículo, que lleva como título *Costa Rica demanda una gestión integral del recurso hídrico: escenario latinoamericano y la realidad país*, analizan una serie de datos comparativos sobre el uso del agua en la región latinoamericana y específicamente en Costa Rica, con el fin de aportar orientaciones para lograr una gestión integral de este recurso a nivel nacional, de manera tal que se logre un balance entre la conservación del recurso hídrico, las prioridades de alimentación, la disminución de la pobreza y el crecimiento económico.

Uno de los principales aportes de este trabajo consiste en plantear la gestión integrada de los recursos hídricos (GIRH) como la respuesta idónea a los problemas mundiales, regionales, nacionales y locales, de escasez, calidad y saneamiento, como la garantía para el acceso universal a este recurso.

Para las autoras, la GIRH debe fundamentarse desde una perspectiva eco sistémica, en la cual, el agua sea vista como parte integral del ecosistema natural y como un bien social y económico, cuya cantidad y calidad determinan la naturaleza de su utilización (Vargas y Marín, 2016, p.14). En este enfoque, se debe comprender la relación entre las necesidades humanas y el ecosistema dentro de la cuenca hidrográfica, así como su papel integrador entre los diversos usos y usuarios del agua y de los demás recursos naturales.

En síntesis, se trata de proteger los recursos, teniendo en cuenta el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos y terrestres y el carácter perenne del recurso, con miras a satisfacer y conciliar las necesidades de agua a partir de las actividades humanas.

Las investigadoras finalizan afirmando que, una adecuada GIRH es la única manera de garantizar sostenibilidad, ecosistemas saludables, mitigación contra los desastres inducidos por el clima y protección ambiental. Es una estrategia de adaptación para los sistemas hídricos expuestos a fuertes variaciones espaciales y temporales, como consecuencia del cambio climático, que hace que la oferta de agua sea cada vez más incierta, mientras la demanda crece (Vargas y Marín, 2016, pp.14-15).

2.2. ESTUDIOS SOBRE EL RECURSO HÍDRICO EN LA REGIÓN DE OCCIDENTE

El Centro de Investigaciones en Ciencias Geológicas de la Universidad de Costa Rica¹, desarrolló varios proyectos de investigación en la Región de Occidente con los objetivos de estudiar el potencial hidrológico; coadyuvar en la gestión del recurso hídrico y, además, contribuir en la divulgación del conocimiento en materia hidrológica. Estos trabajos estuvieron a cargo de Mario Enrique Arias Salguero, investigador de este Centro.

Los proyectos se titulan *Estudio hidrogeológico en el cantón de Atenas, provincia de Alajuela, Costa Rica* (N° 830-B1-404); *Estudio Hidrogeológico del cantón de Naranjo, provincia de Alajuela, Costa Rica* (N° 830-B2-403) y *Estudio Hidrogeológico del cantón de Palmares, provincia de Alajuela, Costa Rica* (N°830-B2-406) y el objetivo que se perseguía con cada una de estas investigaciones

¹ El Centro de Investigaciones en Ciencias Geológicas (CICG) es una unidad de investigación científica de carácter multidisciplinario, dedicada al estudio de los procesos geológicos que han dado origen al planeta y lo continúan modificando. Esto con el propósito de brindar a la sociedad los insumos necesarios para una gestión adecuada de los recursos geológicos, del territorio y del riesgo. Tomado de: <http://www.cicg.ucr.ac.cr>

consistía en determinar las características hidrogeológicas de los alrededores de estos cantones (Atenas, Palmares y Naranjo), para delimitar zonas de recarga y descarga, así como la vulnerabilidad intrínseca de los acuíferos presentes, con el fin de brindar recomendaciones sobre la zonificación de uso del suelo.

Marvin Quesada Quesada y Peter R. Waylen, en un artículo titulado *Diferencias hidrológicas anuales y estacionales en regiones adyacentes en las subcuencas de los ríos Virilla y Grande de San Ramón, Costa Rica*, publicado en Cuadernos de Geografía: *Revista Colombiana de Geografía*, volumen 21, número 2 del 2012, plantean que:

(...) conocer las diferencias en los caudales en una cuenca hidrográfica es imprescindible en la planificación del uso óptimo de los recursos hídricos. Lo que incluye una variedad de propósitos como son el consumo humano y animal, la irrigación, el uso industrial, la generación de electricidad, entre otros (Quesada y Waylen, 2012, p.2).

Los autores mencionan que la variación en los caudales de las cuencas hidrográficas está directamente relacionada con elementos meteorológicos, con la presencia de la época lluviosa y seca, con los tipos de uso del suelo, con las condiciones de almacenamiento de aguas subterráneas, con la geomorfología del terreno, así como con la frecuencia y duración de las precipitaciones.

También sostienen que, los cambios en el uso del suelo, de vocación forestal hacia actividades agropecuarias o usos como el urbano y el industrial, sin duda alguna, provocan transformaciones drásticas en las condiciones hidrológicas de los ríos; debido a

que, al eliminarse la cobertura forestal, el suelo queda expuesto, desnudo, lo cual, unido a precipitaciones intensas, da lugar a procesos erosivos severos y, con ello, la subsecuente escorrentía superficial que trae consigo la sedimentación en los cursos de agua.

A continuación, se hace referencia a un grupo de trabajos que forman parte de la Memoria del Foro Interinstitucional sobre el Recurso Hídrico en la Región de Occidente, editada por Maynor Badilla Vargas y William Solórzano Vargas y que fue publicada en el 2017.

Para comenzar, destaca el estudio de John Diego Bolaños, titulado *Calidad del agua potable en Grecia: Investigación y resultados, período 2012- 2014*. En este trabajo, el autor recalca que el acceso al agua potable es un derecho humano universal, de dominio público y de carácter inalienable; no obstante, su abastecimiento no necesariamente se cumple en calidad o cantidad y sostiene que tal situación tiene repercusiones en su función ecológica y de salud pública.

El siguiente trabajo es autoría del geógrafo Jarol Arias y se titula *Variaciones en el uso de la tierra y sus implicaciones en el recurso hídrico en la subcuenca del Río Grande de San Ramón*, y en él se plantea que el aumento urbano que ha experimentado la subcuenca del río Grande de San Ramón, en las últimas décadas, ha ejercido una enorme presión sobre los usos de la tierra, hasta el punto que están provocando daños en el recurso hídrico de la zona y en la población, debido a que las malas prácticas en asocio con otros factores de índole natural, han conllevado a problemas de inundaciones y deslizamientos. Lastimosamente, esta situación

va en aumento y la única alternativa para minimizar dichos impactos es llevar a cabo un plan integrado de manejo de cuencas, el cual no se vislumbra en un futuro próximo.

El investigador Marvin Quesada también presenta un valioso aporte en esta Memoria, con el trabajo *Factores intensificadores de las inundaciones en la quebrada el Estero, San Ramón, Costa Rica*. Quesada afirma que las inundaciones en la microcuenca Estero han sido provocadas por fenómenos de tipo meteorológico y sinóptico. Han intervenido situaciones que van desde lluvias muy fuertes de poca duración, hasta aquellas continuas por más de 24 horas de duración, inclusive por varios días, que por lo general son de intensidad moderada pero persistentes. Además, otros factores intensificadores que son comunes y que dan paso a la ocurrencia de inundaciones son: los factores hidrológicos, geomorfológicos y edáficos, así como la impermeabilización del suelo por la expansión urbana, construcciones sobre el cauce, en sus márgenes y las canalizaciones y alcantarillados de diámetros pequeños.

El siguiente trabajo que lleva como título *Alternativas técnicas y legales para la protección y manejo de las nacientes del acueducto de San Ramón- Palmares (Bajo Barrantes, río Barranca, Piedades Sur de San Ramón)*, del biólogo Jorge Rodríguez, analiza las condiciones técnicas y legales relacionadas con la protección y manejo de las nacientes del Bajo Barrantes y de las tomas de derivación del Río Barranca del Acueducto San Ramón- Palmares.

En el estudio se hace un recuento de las gestiones institucionales, los criterios técnicos y la categoría de manejo más adecuada para su protección y algunas recomendaciones para su eficiente administración. Se indica la urgencia de constituir un fideicomiso por ley para la compra de las tierras que protegen las nacientes; así como, la necesidad de elaborar los estudios hidrogeológicos para las zonas de recarga acuífera que garanticen la sostenibilidad del recurso hídrico y el suministro de agua potable a más de 113.306 habitantes para los próximos cincuenta años.

Ronald Sánchez, en coautoría con Marvin Quesada realizaron un trabajo titulado *La riqueza hídrica de la Reserva Biológica Alberto Manuel Brenes, San Ramón, Costa Rica*, el cual se incluye en la tercera parte de la Memoria que se denomina: *Propuestas para el manejo y protección del recurso hídrico*.

Los autores afirman que esta Reserva Biológica constituye un territorio privilegiado, debido a la disponibilidad de agua; con niveles de precipitación que oscilan entre los 3315,9 mm y los 3931,4 mm anuales, superiores al promedio nacional. Esta situación se explica principalmente por la posición altitudinal y las variaciones topográficas, que propician la existencia de ríos y quebradas con abundante cantidad de agua.

En la Memoria se incluye un artículo de Maynor Badilla y William Solórzano, que se titula *La Calidad del agua para el consumo humano en la Región de Occidente de Costa Rica: un análisis a partir del Informe Anual del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 2013*, y que le da sustento al capítulo quinto de este libro.

En la investigación se describen y analizan datos estadísticos relacionados con los distintos entes encargados de administrar los acueductos y de brindar el servicio de agua para consumo humano en cada uno de los cantones que conforman la Región de Occidente. En el estudio se proporcionan estadísticas sobre el número de acueductos que administran, la cantidad de personas que abastecen y la calidad del agua que le suministran a sus abonados.

Para concluir con los trabajos que contiene esta Memoria, es oportuno destacar aquellos que versan sobre la gestión jurídica del recurso hídrico. Uno de ellos es obra de Jorge Córdoba y se titula *El fundamento constitucional del recurso hídrico y el proyecto de ley para su gestión integrada: Su trámite legislativo*. En este artículo, el autor analiza el marco constitucional y legal del recurso hídrico en Costa Rica. Se revisa, además, el trámite del proyecto de “Ley para la gestión integrada del recurso hídrico”, Expediente No. 17.742, así como la consulta legislativa facultativa de constitucionalidad planteada a esta iniciativa.

El otro trabajo, titulado *Aplicación del principio: quien contamina paga, en el proyecto de ley para la gestión integrada del recurso hídrico*, de Marlenne Alfaro, se plantea la necesidad de utilizar el instrumento fiscal, en particular los tributos medioambientales, como un mecanismo efectivo para evitar la contaminación del recurso hídrico en Costa Rica.

Otra fuente relevante para el abordaje del recurso hídrico en la Región de Occidente, la constituyen los informes que publica periódicamente el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA). Para este trabajo, en particular, se utilizaron datos de tres informes:

En primera instancia, el Informe Anual 2013 denominado *Control de la calidad del agua para consumo humano en los acueductos operados por AyA* y su respectivo anexo, elaborado por la Dra. Ana Victoria Mata Solano y otros, publicado por AyA y el Laboratorio Nacional de Aguas, en junio del 2014. Contiene datos sobre la evaluación anual de la calidad del agua para consumo humano, generado a partir de la información de los 191 acueductos incluidos en el programa *Control de la calidad del agua para consumo humano en los acueductos operados por AyA*. Este programa tiene como objetivo principal evaluar la calidad del servicio de abastecimiento, con el propósito de determinar el cumplimiento del mandato de la ley para prevenir los riesgos de enfermedades transmitidas por el agua.

El segundo documento se titula *Programa de vigilancia de la calidad del agua para consumo humano suministrada en los acueductos rurales operados por comités administradores o asociaciones*; y su respectivo anexo. Este informe contiene datos sobre la calidad del agua que suministraron las ASADAS, durante el periodo 2011- 2013, elaborado por la Dra. Ana Victoria Mata Solano y otros, y fue publicado en agosto del 2014.

El informe se elaboró a partir de la evaluación anual de la calidad del agua para consumo humano, suministrada en el período 2011- 2013, en los 2013 acueductos incluidos en el programa *Vigilancia de la calidad del agua en los acueductos operados por Comités Administradores de Acueductos Rurales (CAAR's) o asociaciones*; (conocidas comúnmente en nuestro medio como ASADAS). Este programa lo ejecuta AyA, desde 1999, a través del

Laboratorio Nacional de Aguas (LNA) y tiene como objetivo principal evaluar la calidad del servicio de abastecimiento, con el propósito de determinar el cumplimiento del mandato de la ley para prevenir los riesgos de enfermedades transmitidas por el agua.

El tercer documento es el informe anual 2013 denominado *Vigilancia de la calidad del agua para consumo humano en los acueductos operados por las municipalidades y la E.S.P.H.*, y su respectivo anexo; publicado por AyA y el Laboratorio Nacional de Aguas, en julio del 2014. Este informe fue elaborado por la Dra. Ana Victoria Mata Solano y otros especialistas, con base en la evaluación anual de la calidad del agua para consumo humano, suministrada en el 2013, en los 253 acueductos incluidos en el programa *Vigilancia de la calidad del agua para consumo humano en los acueductos operados por las municipalidades y la Empresa de Servicios Públicos de Heredia (E.S.P.H.)*.

El Centro de Documentación e Información (CEDI) del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados dispone de una amplia gama de fuentes para el estudio del recurso hídrico en la Región de Occidente. A continuación, se realiza una descripción sintética de los trabajos que se ubicaron en esta base de datos.

En el caso de San Ramón, destaca el trabajo de Mayorga (1984), titulado *Evaluación del funcionamiento y de la capacidad de la red de distribución de agua potable de San Ramón*, que consiste en un Proyecto de Graduación de Licenciatura en Ingeniería Civil de la Universidad de Costa Rica, y en él se analiza el comportamiento hidráulico de la red de distribución de agua potable

del acueducto de San Ramón, con el fin de optimizarla y estimar su capacidad, para detectar las probables deficiencias.

El trabajo elaborado por Consultores Centroamericanos en Ingeniería (2005), denominado: *Estudio de la situación y propuestas de mejoras para el abastecimiento de agua potable en las zonas de San Ramón y Palmares*, es conocido como “Plan Maestro de San Ramón y Palmares” y tiene como propósito realizar un análisis detallado de la situación existente en el área, con respecto al abastecimiento de agua potable y con ello proveer al AyA de insumos para cubrir la demanda de agua potable para consumo humano de los pobladores de estas comunidades.

El siguiente trabajo fue elaborado por el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, específicamente por el Departamento de Optimización de Sistemas, en el 2002, y lleva por título *Estimación de los requerimientos de agua potable e infraestructura para el acueducto de San Ramón (Alajuela)*. El estudio evalúa la capacidad del sistema de conducción y distribución del acueducto de San Ramón de Alajuela desde el punto de vista del balance producción-demanda y almacenamiento requerido para un periodo de diseño de veinte años.

Ramírez (1993), en su estudio titulado *Diagnóstico y evaluación de la situación ambiental actual del área de recarga de las fuentes del Bajo Barrantes en Piedades Sur. San Ramón- Provincia de Alajuela: sistema de abastecimiento de agua potable para los centros urbanos de San Ramón y Palmares de la provincia de Alajuela*, analiza y evalúa las condiciones ambientales que se presentan en un área de recarga de aguas subterráneas, considerada

como estratégica y prioritaria por parte de AyA para la Región de Occidente, particularmente para los cantones de San Ramón y Palmares.

El siguiente estudio es de índole técnica y se titula *Aplicación del índice biológico BMWP-CR en tres estaciones de muestreo de los ríos Barranca y La Paz, Costa Rica* (Quirós, 2009), fue publicado en la Revista Hidrogénesis (Vol.7, núm.2, Jul. Dic, 2009). En este trabajo se aplicó el índice BMWP-CR (Biological Monitoring Party modificado para Costa Rica, por Astorga, Martínez, Springer y Flowers)², para determinar cuál de esos lugares de muestreo (río Barranca y río La Paz) presenta mejor calidad de agua, y de esta manera, definir el sitio para colocar la captación y poner en funcionamiento una planta de potabilización de agua.

La empresa Hidrogeotecnia (2015), desarrolló una investigación para AyA, titulada *Estudio integral del recurso hídrico subterráneo de la parte de la parte alta de la Cuenca del Río Barranca y la subcuenca del río La Paz, Alajuela*. El estudio se sustentó, en buena parte, en el trabajo que se realizó con pobladores de las comunidades de Piedades Norte y principalmente Bajo Zúñiga, Ángeles Sur y Volio, en donde se identificó la necesidad de proteger el recurso hídrico y dar apoyo a la gestión de las ASADAS de esta zona. Se diagnosticó la disponibilidad de agua a partir de

² El Índice BMWP-CR El BMWP-CR (Biological Monitoring Working Party modificado para Costa Rica por Astorga, Martínez, Springer y Flowers), es un índice que se calcula sumando las puntuaciones asignadas a los distintos taxones encontrados en las muestras de macro invertebrados. La puntuación se asigna en función del grado de sensibilidad a la contaminación. La clasificación de las aguas según este índice adquiere valores comprendidos entre 0 y un máximo indeterminado que, en la práctica no suele superar 200. En función de este puntaje se establecen 6 niveles de calidad para el agua (los dos primeros pertenecen al grupo de aguas no contaminadas).

Fuente:<https://www.aya.go.cr/centroDocumentacion/catalogoGeneral/Decreto%20N%C2%B0%2033903-MINAE-S%20Reglamento%20Evaluaci%C3%B3n%20y%20Clasificaci%C3%B3n%20de.pdf>

las condiciones actuales del terreno y la sostenibilidad del recurso hídrico subterráneo, para el consumo humano de las comunidades en la subcuenca del río La Paz y la parte alta del río Barranca.

Para el caso de Naranjo, el IFAM y el MINAE (1989), realizaron un estudio denominado *Protección de cuencas hidrográficas: diagnóstico, Municipalidad de Naranjo*, en el cual ambas instituciones analizan la situación de los acueductos, tanto a nivel del sitio de captación, como de la cuenca en sí. Además, se identifican los problemas más significativos y se proponen soluciones viables que conlleven al mejoramiento en cuanto a cantidad y calidad del agua para este cantón alajuelense.

El Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, junto con la Subgerencia de Ambiente, Investigación y Desarrollo, la Unidad de Gestión Ambiental del Recurso Hídrico y la Dirección de Cuencas Hidrográficas (2009), desarrollaron un estudio titulado *Resultados del proyecto georeferenciación de aprovechamientos administrados por los entes operadores de sistemas delegados, segunda fase Región Pacífico Central: cantón de Naranjo*. Con la información obtenida de este trabajo, se procura determinar la disponibilidad del recurso hídrico para esta localidad y asegurar la calidad de este recurso en el presente y en el futuro, controlando los usos divergentes del territorio, afín de evitar cualquier conflicto por el acceso al líquido vital.

La Asociación Administradora del Acueducto Comunal de Concepción de Naranjo (2009), elaboró un trabajo que lleva por nombre *Memoria histórica del acueducto de Concepción*. Este documento, en esencia, es una reseña histórica del Acueducto Co-

munal de Concepción de Naranjo en el cual se describen los hitos más relevantes de la Asociación, que tiene bajo su cargo la administración de este acueducto, así como el papel de una serie de personajes de la comunidad que tuvieron un rol preponderante en esta organización.

Para el caso de Sarchí, es pertinente hacer referencia al trabajo titulado *Estudio del alcantarillado sanitario en ciudades intermedias: Sarchí Norte*, elaborado por la firma Geotécnica (1998). En esta investigación se propone la estructura sanitaria para la ciudad de Sarchí Norte, con el fin de satisfacer las necesidades de recolección, tratamiento y disposición de los desechos líquidos domésticos e industriales que serán generados en la localidad en el periodo 2000- 2025 y con ello reducir el impacto de la contaminación en zonas de recarga acuífera.

En Grecia, el Instituto de Fomento y Asesoría Municipal y el Ministerio de Recursos Naturales, Energía y Minas (1992), elaboraron un trabajo denominado *Protección de cuencas hidrográficas. Diagnóstico: Municipalidad de Grecia*. El propósito fundamental de este estudio es contribuir con el mejoramiento del manejo de las cuencas hidrográficas del cantón y llamar la atención sobre el nexo inseparable entre la conservación y el desarrollo, para lograr la sostenibilidad prudente de los recursos naturales.

Ramírez (2007), con su trabajo *Estudio hidrogeológico integral y propuesta de zonificación de la vulnerabilidad intrínseca del sistema acuífero del cantón de Grecia, Alajuela, Costa Rica*, aporta un modelo conceptual del sistema acuífero del cantón de Grecia y

muestra la valoración de la vulnerabilidad intrínseca de los acuíferos a la contaminación, por medio de la metodología GOD³.

En el cantón de Atenas se implementó una interesante investigación titulada *Estudio de percepción social del Proyecto Mejoras al Sistema de Abastecimiento de Atenas*, a cargo de Angulo et. al (2017), que aborda las afectaciones que se originan por las características del sistema de agua potable que abastece algunas zonas del cantón de Atenas y los posibles beneficios que pueden obtenerse con la puesta en marcha de un proyecto de esta índole. El estudio aporta información sobre las características sociodemográficas de los pobladores de las zonas de influencia del proyecto y los resultados obtenidos de entrevistas aplicadas a grupos de diferentes sectores (salud, educación, agricultura, ganadería, turismo, comercio, entre otros). Se recopilan las percepciones y opiniones de la ciudadanía sobre la situación actual del sistema de abastecimiento de agua potable, es decir, las afectaciones identificadas sin el proyecto y los beneficios que se visualizan una vez, eventualmente, puesto en marcha.

³ La metodología GOD se utiliza cuando se cuenta con escasos datos, éstos no son fiables o no cubren la totalidad del territorio que se estudia. Por su estructura simple y pragmática, es el método utilizado en primer lugar para estimar la vulnerabilidad a la contaminación de un acuífero. Entre las desventajas es que toma simplificaciones muy grandes como no tener en cuenta el tipo de suelo, la infiltración efectiva ni la dispersión/dilución de contaminantes dentro del acuífero, por lo que se pierde definición y no es posible diferenciar un tipo de contaminante de otro. El método GOD se basa en la asignación de índices entre 0 y 1 a tres variables, que son las que nominan el acrónimo: G: ground water occurrence. Tipo de acuífero o modo de confinamiento u ocurrencia del agua subterránea. O: overall aquifer class. Litología de la zona no saturada. Se evalúa teniendo en cuenta el grado de consolidación y las características litológicas y como consecuencia, de forma indirecta y relativa, la porosidad, permeabilidad y contenido o retención específica de humedad de la zona no saturada. D: depth to groundwater. Profundidad del agua subterránea o del acuífero. Fuente: https://www.google.com/search?source=hp&ei=Kvo3W5yiN3A5gL4o4CoBQ&q=metodologia+GOD&oq=metodologia+GOD&gs_l=psyab.3..0j0i22i30k1l9.2566.7156.0.8383.17.16.0.0.0.187.1782.0j15.16.0..2..0...1..64.psy-ab..1.16.1931.6...35i39k1j0i131k1j0i10k1.151.2n9R4G0t0_U

Aguilar, E. *et. al* (2010) realizaron una investigación bajo el título: *Análisis desde la perspectiva de la salud ambiental de los riesgos potenciales de contaminación en la zona de recarga del sistema de acueducto de la localidad de Plancillo de Atenas*. El estudio pretende analizar, desde el enfoque de la salud ambiental, los riesgos potenciales de contaminación en la zona de recarga del sistema de acueducto, en su captación, conducción, sistemas de tratamiento, tanques de almacenamiento y la red de distribución, realizando además de un diagnóstico estructural del sistema, una caracterización de riesgos y puntos críticos con base en los fundamentos de planes de seguridad del agua.

Y para concluir con las fuentes disponibles en la base de datos del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, se hace referencia a un trabajo correspondiente al cantón de Palmares, elaborado por Alvarado (2000), que consiste en un estudio de optimización de sistemas relacionado con el acueducto de este cantón, en el cual se analiza el estado de la red de distribución de agua potable en esta localidad, que cubre los distritos de Palmares, Buenos Aires, La Granja, Esquipulas y parte de Zaragoza. En el estudio también se incluyen características generales de la zona, la proyección de la población, un diagnóstico del estado del sistema, así como una serie de conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO III

DISPONIBILIDAD DEL RECURSO HÍDRICO EN LA REGIÓN DE OCCIDENTE

En este capítulo, se describen las principales características meteorológicas e hidrográficas que presentan las subcuencas y cuencas que conforman la red hidrológica de la Región de Occidente.

También, se analiza el balance hídrico de las tres grandes cuencas hidrográficas de la región (río Barranca, río Grande de Tárcos y río Jesús María), a partir de variables como la precipitación, la escorrentía y la evapotranspiración que se evidencian en el territorio. Lo anterior con el fin de valorar diferencias espaciales y temporales que se manifiestan a lo interno de la región, sobre la cantidad y disponibilidad real de agua para la población. Se enfatiza, además, en la necesidad de implementar estrategias a nivel local para la protección y preservación del recurso hídrico de los cantones de la región.

3.1. MICROCUENCAS HIDROGRÁFICAS: UNA RIQUEZA REGIONAL EN RIESGO

En la Región de Occidente de Costa Rica se ubican varias subcuencas hidrográficas de gran importancia para el desarrollo socioeconómico y humano de los pobladores de estos cantones y de otros territorios aledaños. Estas microcuencas son tributarias

de las cuencas de los ríos Barranca, Jesús María y Grande de Tárcoles⁴, los principales sistemas fluviales de esta región.

Estas microcuencas y cuencas hidrográficas abastecen de agua potable a un elevado porcentaje de habitantes; también satisfacen las demandas correspondientes a actividades agropecuarias, industriales y las asociadas con el sector servicios.

Cuadro N° 1

Microcuencas de la Región de Occidente de Costa Rica, según extensión y comunidades que abarcan, 2007

Cantones	Microcuenca	Extensión en hectáreas	Nombre de las comunidades
Zarcero	Río El Espino	2400	Zarcero, San Luis, Anateri, Guadalupe.
	Río Tapezco	3165	Pueblo Nuevo, Palmira, Tapezco, Las Brisas, Zapote, La Peña.
	Río La Vieja	1600	San Juan de Lajas, La Legua.
Atenas	Río Cacao	3113	San Isidro - Mercedes - Barrio San José Sur- Santa Eulalia - Centro.
	Río Cajón	2300	Barrio Jesús- Mercedes- Centro.
	Río Grande	4000	Concepción - Santa Eulalia - San José Sur- Jesús- Escobal.

⁴ Es la cuenca más poblada y en la que se encuentra localizada la mayor cantidad de la industria del país. No dispone de infraestructura para el tratamiento de las aguas residuales de la población e industria razón por lo que la calidad del agua se ve disminuida. Existe todo tipo de usos del agua por lo que genera conflictos que se irán agudizando al paso de los años. Hay poca coordinación entre instituciones, operadores y municipios para la gestión del agua. Al ser la cuenca más poblada del país y haber múltiples usos de los recursos hídricos presenta alta vulnerabilidad al cambio climático (Astorga, 2008, p. 19).

Cantones	Microcuenca	Extensión en hectáreas	Nombre de las comunidades
Poás	Río Mastate	800	San Juan Sur, San Juan Norte, San Pedro.
		800	
	2500		
	Río Prendas	600	San Rafael.
	Río Poás	600	Chilamate, Carrillos, Sabana Redonda.
600			
1000			
Río Poasito	400	Fraijanes, Poasito	
		700	
Grecia	Río Sarchí	1.500	San Luis, Cajón.
	Río San Juan	1.500	San Luis y San Juan.
	Río Vigía	1.600	Agualote, San Roque y Los Ángeles.
	Río Chagüite	1.800	San Miguel.
	Río Rosales	3.952	La Argentina, Pilas, Mesón, Coopvictoria, Rincón de Salas y Puente Piedra.
	Río Achote	2.800	Calle Rodríguez, San Isidro, Santa Gertrudis Norte y Sur.
	Río Tacaes	1.800	Tacaes, Prendas, Bodegas, El Porvenir, Pilas, Cataluña.
Sarchí	Río Toro	7.500	Bajo Toro.
	Río Trojas	3.000	Sarchí Norte y Sur, Trojas, La Luisa y Rincón, Colorado.
	Río Sarchí	700	Pueblo Seco, San Pedro.
	Río Sabanilla	1.000	La Luisa, Los Ángeles, Sabanilla y San Juan.

Cantones	Microcuenca	Extensión en hectáreas	Nombre de las comunidades
Naranjo	Cuenca: parte alta del Río Barranca	2.800	San Antonio de Barranca, Barranca, Llano Bonito Cañuela.
	Cuenca: Río Colorado	2.000 aprox.	Quebrada Honda-Cirrí, S. Rafael, Naranjo Centro, Dulce Nombre, Rosario.
	Cuenca: Río Espino	600 aprox.	La Palmita, Barranca y San Antonio de Barranca.
	Cuenca: Río Molino	600 aprox.	Los Robles, San Jerónimo.
Palmares	Río Quebradas	365	Rincón de Zaragoza.
	Quebrada El Calabazo	320	La Granja.
	Quebrada Santiago	550	Santiago de Palmares.
	Quebrada Grande	625	Candelaria y Zaragoza.
San Ramón	Río La Paz	4.600	La Paz, Piedades Norte, Bajo Zúñiga.
	Río San Pedro	4.000	La Esperanza, San Pedro.
	Río Barranca	10.600	Alto Villegas, Volio, Ángeles.
	Río San Lorenzo	7.800	Bajo Rodríguez, Valle Azul.
	Río Grande	7.800	Berlín, San Rafael, Santiago, San Juan, San Isidro, Concepción, Esquipulas, Buenos Aires, Candelaria.
	Río Barranquilla	8.400	Carrera Buena, Zapotal, Socorro, El Salvador.

Fuente: Elaboración propia con base en estadísticas del INEC, 2019.

El cuadro precedente evidencia la riqueza hidrológica que posee la Región de Occidente; sin embargo, el impacto de las actividades humanas ha incidido de manera alarmante en la calidad del recurso, especialmente lo referente al agua potable para consumo humano. Esto se debe a factores diversos, entre ellos: el aumento de urbanizaciones, la terciarización de lo rural, la renta inmobiliaria, así como el decaimiento de actividades agropecuarias.

En el siguiente cuadro, se hace referencia a la extensión, en hectáreas, de las microcuencas, correspondientes a cada uno de los cantones y al porcentaje que representa esta extensión para cada cantón.

Cuadro N° 2

Extensión y porcentaje de las microcuencas, según cantones de la Región de Occidente de Costa Rica, 2007

Cantones	Extensión de las microcuencas (en hectáreas)	Porcentaje cantonal de microcuencas
Zarcero	7165	7,38%
Atenas	9413	9,70%
Poás	8000	8,24
Grecia	14952	15,41%
Sarchí	12200	12,57%
Naranjo	6000	6,18%
Palmares	685	0,70%
San Ramón	38600	39,78%
TOTAL	97015	100%

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del Cuadro N° 1.

Con base en los datos del cuadro anterior, se tiene que el cantón de San Ramón dispone de la mayor cantidad de hectáreas que abarcan las microcuencas, representan el 39.78 por ciento del total de hectáreas a nivel regional.

A este cantón le sigue Grecia, que posee 14952 hectáreas que conforman las microcuencas de este territorio y que constituye el 15,41 por ciento a nivel regional. Cabe destacar que estos cantones poseen el 55.19 por ciento del total de hectáreas que corresponden a microcuencas de la región. Además, son los más poblados (San Ramón con 92874 habitantes y Grecia con 77172 habitantes)⁵, lo que implica mayor presión por los recursos naturales, en particular la demanda de recurso hídrico.

En el otro extremo, se ubican los cantones de Naranjo y Palmares, que disponen de la menor cantidad de hectáreas que conforman las microcuencas, solamente el 6.88 por ciento. De estos cantones, el caso de Palmares llama poderosamente la atención, debido a que solo dispone de 685 hectáreas (0.70 por ciento) que forman parte de las microcuencas y, además, es el más densamente poblado de la Región de Occidente, con 1063 habitantes por km².

En síntesis, en el plano regional existen diferencias en relación con la cantidad de hectáreas que forman parte de las microcuencas, lo cual se refleja en las disparidades en materia de disponibilidad y acceso al agua. Por ejemplo, San Ramón y Grecia poseen gran riqueza hídrica, a diferencia de Palmares, que depende de San Ramón para suplir sus necesidades de abastecimiento de agua potable.

⁵ Fuente: inec.go.cr (Datos actualizados a junio de 2019).

Es importante aclarar que la disponibilidad y calidad del recurso hídrico no depende exclusivamente de la cantidad de hectáreas que abarquen las microcuencas, aun cuando este elemento es un factor estratégico. También, se debe tener en consideración las condiciones climatológicas, topográficas, edafológicas, geológicas, temperatura, humedad, presión, entre otros factores, que inciden de manera directa en la calidad y cantidad de agua de que dispone una cuenca hidrográfica.

Asimismo, no hay que olvidar que, a lo interno de la Región, además de las diferencias espaciales, existen también variaciones temporales (es decir, a lo largo del año) en cuanto a la cantidad y disponibilidad del recurso hídrico. Tal como se explicó en páginas anteriores, con respecto a la precipitación, la Región presenta una época seca (que inicia en diciembre y termina en abril), periodo en el cual las lluvias son mínimas o inexistentes, y por tanto, los caudales de los ríos disminuyen de manera considerable. Estos meses representan el periodo más crítico y de mayor presión sobre el recurso hídrico en las comunidades de la Región de Occidente.

En el mapa siguiente queda en clara evidencia la enorme vulnerabilidad a la que están expuestos los territorios que cuentan con recarga hídrica, debido al crecimiento urbano sin planificación. En el caso de la Región de Occidente, esta situación es notoria, con gran frecuencia se observan movimientos de tierra por parte de desarrolladores urbanísticos en zonas cuya vocación debería ser la conservación de recursos naturales, exponiendo de manera alarmante los mantos acuíferos y la biodiversidad.

Figura N°2

Crecimiento urbano dentro y fuera del anillo de contención de la Gran Área Metropolitana y su impacto en las zonas de recarga acuífera (2008- 2013)



Fuente: MINAE. (2017). Informe del Estado del Ambiente (p. 321).

3.2. CONSIDERACIONES SOBRE EL BALANCE HÍDRICO

Una de las categorías de análisis más importantes para conocer la verdadera disponibilidad de agua de una región es el balance hídrico.

El balance hídrico de una cuenca hidrográfica se puede obtener al analizar la relación entre tres variables: la cantidad de lluvia caída (precipitación), el volumen que escurre superficialmente (escorrentía) y la evapotranspiración (EPT). Los profesionales del

Programa Hidrológico Internacional de la UNESCO, procedieron a realizar un balance hídrico para cada una de las 34 cuencas hidrográficas de Costa Rica. El período estudiado para realizar el cálculo del balance hídrico fue de 33 años, de 1970 a 2002.

Este equipo de expertos utilizó la siguiente ecuación para calcular el balance hídrico:

$$P - Q - ETR + \eta = 0$$

Donde:

P = precipitación media temporal y espacial.

Q = escorrentía media temporal y espacial.

ETR = evapotranspiración real media temporal y espacial.

η = error de medición. (UNESCO, 2007, p.20).

En el cuadro siguiente se presentan los resultados obtenidos en el estudio. Para cada una de las cuencas se indica su área en Km²; y en milímetros (mm) se expresan: la precipitación media, la escorrentía media anual y la evapotranspiración media, así como el error o discrepancia.

Cuadro N° 3

Costa Rica, balance hídrico por cuencas hidrográficas, 2007

Cuenca	Área (km ²)	Precipitación	Esco-rrentía	ETP Real	Discrepancia
Río Sixaola	2336.1	3955	2573	1001	382
Río La Estrella	1005.9	3521	2242	1092	187
Río Banano	207.5	5720	4787	1071	-138
Río Bananito	208.5	4318	3620	1100	-402
Río Moín y otros	364.9	3883	2717	1042	124
Río Matina	1419.8	4109	2890	957	262
Río Madre de Dios	246.3	3793	2804	996	-7
Río Pacuare	886.1	4060	2705	965	390
Río Reventazón	2956.3	3568	2616	974	-22
Río Tortuguero	1321.1	4682	4153	934	-405
Río Chirripó	1399.2	5459	4113	982	364
Río Sarapiquí	2019.5	4785	3606	948	231
Río Cureña	328.5	3237	2438	978	-179
Río San Carlos	3121.4	3473	2485	1049	-61
Río Poco Sol y otros	1720.9	2415	1728	943	-256
Río Frío	1555.8	3054	2270	1035	-251
Río Zapote y otros	2599.2	3032	2253	1054	-275
Ríos Península Nicoya y otros	4209.9	1928	901	1108	-81
Río Tempisque	3411	1709	792	1043	-126
Río Bebedero	2054.4	1664	983	877	-196
Río Abangares	1366.8	2128	1169	848	111
Río Barranca	509.9	2710	1865	910	-65
Río Jesús María	361.8	2490	1717	975	-202
Río Grande de Tárcoles	2173.6	2500	1451	957	92
Río Tusubres y otros	833.7	3402	1721	1097	584
Río Parrita	1276.6	3257	1751	953	553
Río Damas y otros	461.6	4243	3530	959	-246
Río Naranjo	335.5	5282	4164	914	204
Río Savegre	597	4466	3698	875	-107
Río Barú	565	3982	3296	919	-233
Río Gde. de Terraba	5084.8	3292	2067	975	250
Ríos Pen. de Osa y otros	1972.8	4934	3130	1037	767
Río Esquinas y otros	1832.8	4300	2661	1046	594
Río Changuinola	258.6	3040	1761	808	472
Valores medios y valores totales	51000	3297	2215	996	86

Fuente: UNESCO. (2007). Balance hídrico superficial de Costa Rica.

Período 1970- 2002.p.32

Como se aprecia en el cuadro anterior, en las cuencas de los ríos de la vertiente del Caribe y Zona Norte la precipitación media varía entre 2415 y 5720 mm. Las cuencas de los ríos Banano y Chirripó son las de mayor precipitación con valores de 5720 y 5459 mm. Los caudales específicos (escorrentía) varían entre 4787 mm (que equivale a 152 l/s/km²) y 1728 mm (que equivale a 54.8 l/s/km²), siendo la cuenca del río Banano la de mayor producción específica de caudales y la cuenca del río Pocosol la de menor. La evapotranspiración media real en la vertiente del Caribe varía de 808 mm en la cuenca del río Changuinola, hasta los 1100 mm en la cuenca del río Bananito.

En el caso de la vertiente del Pacífico, el rango de variación de la precipitación media es entre 1664 y 5282 mm; la cuenca que registra la mayor precipitación media es la del río Naranjo, en la región Pacífico Central y la de menor es la cuenca del río Bebedero, en la región Pacífico Norte. Los caudales específicos varían entre 792 mm (que equivale a 25.1 l/s/km²) en la cuenca del río Tempisque, hasta los 4164 mm (que equivale a 126.1 l/s/km²) en la cuenca del río Naranjo. La evapotranspiración real media tiene una variación entre 848 mm en la cuenca del río Abangares, hasta los 1097 mm en la cuenca del río Tusubres.

Con respecto al error o discrepancia, que se evidencia en el balance hídrico de las cuencas, según los expertos que realizaron el estudio, los mayores puntajes de error “se obtuvieron en las cuencas con escasa o ninguna información hidrometeorológica” (UNESCO, 2007, p.33).

En resumen, el balance hídrico a nivel nacional, presenta los siguientes datos: la precipitación media anual es de 3297 mm, la escorrentía media anual es de 2215 mm y la evapotranspiración real media anual es de 996 mm.

Para el área geográfica específica de nuestro interés, que es la Región Occidental del Valle Central, la gran mayoría de las quebradas y ríos de los cantones que la conforman, vierten sus aguas en tres grandes cuencas hidrográficas, el río Barranca, el río Jesús María y el río Grande de Tárcoles. Estas tres cuencas poseen un balance hídrico similar; en promedio la precipitación media anual es de 2566 mm, (730 mm por debajo del promedio nacional); la escorrentía media anual es de 1667 mm (537 mm por debajo del promedio nacional) y la evapotranspiración media anual es de 947 mm (48 mm por debajo del promedio nacional).

Los datos del balance hídrico son de gran relevancia para determinar la disponibilidad de agua real en una cuenca. Dicha información se puede, posteriormente, contrastar con la demanda real del recurso hídrico requerida para suplir las diversas necesidades de la población (abastecimiento de agua potable, riego de cultivos, industria, generación de energía eléctrica, entre otras), y de esta forma conocer con mayor nivel de certeza índices de presión, escasez o vulnerabilidad del recurso hídrico en una determinada región o cuenca hidrográfica.

3.3. CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS DE LA REGIÓN DE OCCIDENTE

3.3.1. METEOROLOGÍA

Con base en los datos de precipitaciones, obtenidos en las estaciones meteorológicas que posee el Instituto Meteorológico Nacional (IMN) y el ICE en la región, específicamente en las estaciones de Zarcero, La Luisa, en Sarchí; Coopecafé y Beneficio Pilas, en Naranjo; subestación San Ramón; Atenas centro y La Argentina, en Grecia, se logró determinar que la Región presenta dos épocas bien definidas: una época seca, que va de diciembre hasta abril, con precipitaciones en promedio menores a 100 mm, siendo los meses de enero, febrero y marzo, los más secos. Y una época lluviosa, que inicia en mayo y termina en noviembre, con precipitaciones entre 120 y 580 mm mensuales, siendo los meses de setiembre y octubre los más lluviosos (Arias, 2015a, p.20).

Cuadro N° 4

Valores de precipitación en mm en las siete estaciones meteorológicas del IMN y el ICE ubicadas en la Región de Occidente, 2015

N° de Estación	Nombre de la Estación meteorológica	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Promedio anual
84016	Hacienda Pilas (1940-2006)	4.7	6.3	7.0	45.8	288.6	343.1	271.0	364.8	447.1	395.0	163.9	40.2	2377
84075	Coopnaranjo (1971-2002)	7.7	8.1	22.3	80.8	292.6	262.2	216.8	273.0	327.7	532.6	121.6	22.1	2167
84003	La Argentina (1937-2011)	6.3	5.7	10.3	50.3	276.2	295.6	231.1	280.4	372.0	377.9	155.8	31.9	2093
84059	La Luisa (1963-2011)	12.9	9.0	11.6	69.5	359.7	460.4	337.7	468.2	557.2	550.5	241.1	39.6	3117
69512	Zarcero (1949-2011)	21.0	12.4	7.5	26.4	217.4	287.6	229.4	261.6	349.2	349.2	140.4	60.2	1962
84027	Subestación San Ramón-ICE (1940-1986)	4.0	4.4	7.2	29.2	239.5	281.7	224.6	277.3	343.6	352.1	120.2	38.0	1921
	Atenas, Centro	8.9	9.8	17.4	66.7	285.7	267.1	207.7	268.1	364.2	328,5	128.1	26.1	1948

Nota: Entre paréntesis se indica el periodo con datos disponibles para cada estación meteorológica.

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de Arias (2015a, p.71) y Arias (2015b, p.45).

Si se observa el promedio anual de precipitaciones, registrado en estas estaciones meteorológicas, se percibe que hacia los sectores ubicados más al norte de esta región, las precipitaciones son más abundantes. Por ejemplo, en la estación La Luisa, ubicada en Sarchí, es donde se presentan las mayores precipitaciones, con 3117mm; el segundo lugar lo ocupa la estación de la Hacienda Pilas, ubicada en Naranjo, con 2377mm. Conforme se avanza hacia el sur y oeste de la región, las precipitaciones disminuyen, nótese como las estaciones que registran menos precipitaciones se ubican en el centro de Atenas, con 1948 mm y en el centro de San Ramón, con 1921 mm.

3.3.2. TEMPERATURA

Con base en las mediciones de la temperatura durante periodos bastante prolongados, en las tres estaciones meteorológicas indicadas en el cuadro siguiente; se puede ver que, en general, la temperatura en la región varía en un rango de 15°C las mínimas y 29,8°C las máximas (Arias, 2015a, pp. 20-21).

Cuadro N° 5

Datos de temperatura, según estaciones meteorológicas de la Región de Occidente, 2015

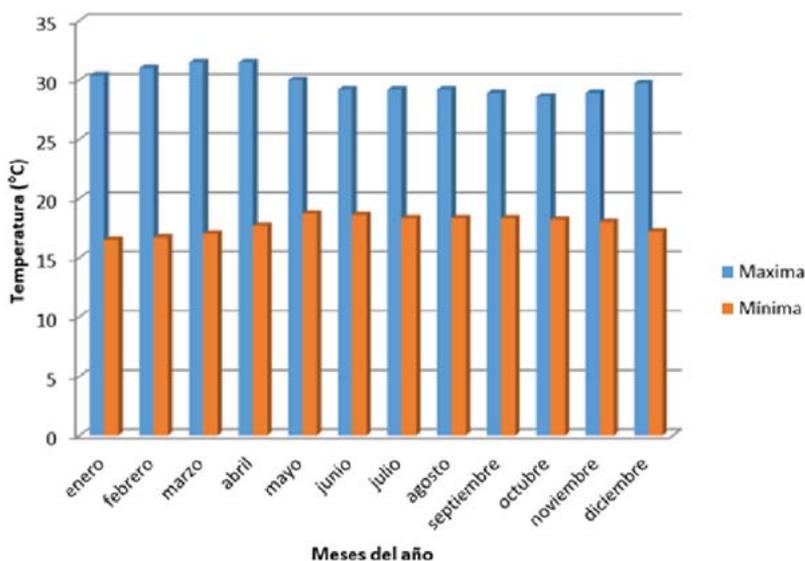
Estación	Periodo	Promedio de la temperatura mínima en (°C)	Promedio de la temperatura media en (°C)	Promedio de la temperatura máxima en (°C)
Hacienda Pilas	1940- 2013	15,01	21,43	27,82
Coopenaranjo	1971- 2002	15,24	20,78	26,25
La Argentina	1937-2011	17,79	23,85	29,84

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de Arias (2015a, pp. 20-21).

Estas temperaturas se mantienen en la región con muy pocas variaciones a lo largo del año. Tal y como se puede apreciar en el gráfico siguiente, que muestra las temperaturas mínimas y máximas registradas en la estación La Argentina, del Instituto Meteorológico Nacional (ubicada en el cantón de Grecia), los valores máximos se alcanzan en los meses de febrero, marzo y abril, donde se sobrepasa los 31°C; mientras que las temperaturas mínimas se presentan en los meses de enero y febrero en un valor aproximado a los 16°C.

Gráfico N° 1

Temperaturas mínimas y máximas registradas en la estación La Argentina, cantón de Grecia, 2015



Fuente: Arias (2015b, p. 22).

3.3.3. HIDROGRAFÍA

La mayor parte de los territorios, que conforman la Región de Occidente, se ubican en las cuencas hidrográficas de los ríos Barranca, Grande de Tárcoles y Jesús María, todos pertenecientes a la vertiente del Pacífico.

Solamente una pequeña porción de la Región (la parte norte y noreste de los cantones de Sarchí, Naranjo, Zarcero y San Ramón) llevan sus aguas hacia ríos de la Subvertiente Norte (ríos San Carlos y Sarapiquí) y desde allí a la Vertiente del Caribe de Costa Rica.

A continuación, se hace referencia a los principales sistemas fluviales de cada uno de los cantones de la Región de Occidente.

3.3.3.1. NARANJO

El sistema fluvial del cantón de Naranjo contribuye tanto a la vertiente del Caribe, como a la del Pacífico. A la primera vertiente, pertenece la cuenca del río Espino con su afluente la quebrada Palmita; que son tributarios del Río San Carlos. Ambos cursos de agua presentan un rumbo de noreste a suroeste. El río Espino es límite con el cantón de Zarcero.

A la vertiente del Pacífico pertenecen las cuencas de los ríos Grande de Tárcoles y Barranca, que es drenada por el río Grande, con sus afluentes, el río Colorado, que nace en la confluencia del río Zapote y la quebrada Honda, y se le unen los ríos Pilas, Molino y Cocora; así como las quebradas Arley; Hornos y Potrerillos. Estos cursos de agua nacen en el cantón y van en di-

rección de norte a sur. El río Grande, el Colorado y el Molino son límites cantonales, el primero con Atenas, Palmares y San Ramón, y los otros con Sarchí.

La cuenca del río Barranca comprende un pequeño sector al noroeste del cantón; drenada por el río Barranca y sus afluentes, los ríos Sifón y Barranquilla, los cuales nacen en el área y sus aguas fluyen con dirección noreste a suroeste. (IGN. Hojas Topográficas Naranjo y Quesada, Escala 1:50 000).

3.3.3.2. ZARCERO

El sistema fluvial del cantón, corresponde en su totalidad a la subvertiente Norte; a ella pertenecen las cuencas de los ríos San Carlos y Sarapiquí. La primera es drenada por los ríos Espino, Tapezco, La Vieja y sus afluentes; los dos primeros se unen posteriormente al río Balsa. Estos cursos de agua nacen en Zarcero y presentan una dirección de este a oeste. Los ríos Espino, Balsa y La Vieja son límites cantonales; el primero con Naranjo y San Ramón, el segundo con San Ramón y el último con San Carlos.

La cuenca del río Sarapiquí, comprende un pequeño sector del cantón, ubicada al este. El río que drena el área es el Toro con sus afluentes; los cuales nacen en la región en fila La Picada, cuyas aguas van con rumbo de suroeste a noreste. El río Toro es límite con el cantón de Sarchí (IGN. Hoja Topográfica Naranjo, Escala 1:50 000).

3.3.3.3. SAN RAMÓN

El sistema fluvial de San Ramón corresponde a las vertientes del Caribe y del Pacífico. A la vertiente del Caribe, (mediante la subvertiente Norte, a la que pertenece la cuenca del río San Carlos) contribuye el río Balsa con sus afluentes: Cataratas, Cataratitas y Espino; lo mismo que el río San Lorenzo y sus tributarios: San Lorencito, Jamaical y el río Peñas Blancas y sus afluentes: Agua Gata, Chachagua y Burro. También irrigan la zona el río Aguas Gatas y el Caño Negro, que desembocan en la laguna del Arenal. Estos cursos de agua nacen en el cantón, en las laderas de la “Sierra Minera” de Tilarán; los cuales van de sur a norte y de suroeste a noreste. Los ríos Espino, Balsa, Esperanza, Peñas Blancas, Burro, Aguas Gatas y el Caño Negro, son límites cantonales; todos los ríos limitan con San Carlos y el Caño Negro con Tilarán. Un pequeño sector de la laguna Arenal se encuentra en este cantón.

A la vertiente del Pacífico, pertenecen las cuencas de los ríos Barranca, Grande de Tárcoles, Jesús María y Abangares. La primera es drenada por el río Barranca, al que se le unen los ríos La Paz, Piedras, Potrerillos, Sifón, San Pedro y Jesús; lo mismo que por el río Barranquilla, con su afluente: Jabonal. Estos cursos de agua, excepto el río Barranca, nacen en la región y presentan una dirección de noreste a suroeste y de noroeste a sureste. Los ríos Jabonal y Barranquilla son límites cantonales; el primero, con Montes de Oro y Esparza y el segundo, con Esparza.

La cuenca del río Grande de Tárcoles es irrigada por dos ríos con rumbos noreste a suroeste y de suroeste a noreste, los cuales son límite con el cantón de Naranjo.

La cuenca del río Jesús María es drenada por este río y su afluente, el río Agua Agria; lo mismo que por el río Machuca y sus tributarios: las quebradas Calera y Robles. Estos cursos de agua nacen en la región y presentan un rumbo de norte a sur. Los ríos Jesús María, Agua Agria y la quebrada Calera, son límites cantonales, el primero con Esparza de la provincia de Puntarenas y los otros con San Mateo.

La cuenca del río Abangares es irrigada por el río Seco y sus aguas van de noreste a suroeste. Este río es límite con el cantón de Montes de Oro de la provincia de Puntarenas (IGN. Hojas Topográficas: Fortuna, Juntas, Miramar, Naranjo, Quesada, Río Grande, San Lorenzo y Tilarán. Escala 1:50 000).

3.3.3.4. SARCHÍ ⁶

El sistema fluvial de este cantón, corresponde a las vertientes del Caribe y del Pacífico. A la primera, mediante el río Sarapiquí de la subvertiente Norte, contribuye el río Toro con sus afluentes los ríos Segundo, Anonos, Desagüe, Agrio y Gorrión; lo mismo que las quebradas Gata, Grande y Quelital. Estas nacen en el cantón, en las laderas del volcán Poás, las filas Gorrión y los cerros Volcán Viejo y Pelón. Los ríos Segundo, Toro y la quebrada Gata, son límites cantonales, los dos primeros con San Carlos y un sector del río Toro con Zarceró.

A la vertiente del Pacífico, mediante la cuenca del río Grande de Tárcoles, fluyen los ríos Sarchí, Trojas, Cascajal, Molino, que se unen al río Colorado, los cuales nacen en Sarchí, en la fila

⁶ El 05 de julio de 2019 el presidente de Costa Rica, Carlos Alvarado Quesada, ratificó la Ley que modificó el nombre de este cantón, de Valverde Vega a Sarchí. Ley tramitada en la Asamblea Legislativa bajo el expediente N° 19469.

Palmichal y cerro El Tanque. Los ríos Molino, Colorado y Sarchí son límites cantonales, los dos primeros, con Naranjo y el último con Grecia.

3.3.3.5. POÁS

El sistema fluvial de Poás, corresponde a las vertientes del Caribe y del Pacífico. Hacia la vertiente del Caribe (como tributario del río Sarapiquí) fluyen las aguas del río Ángel, que nace en la laguna del Poás y presenta un rumbo sur a norte.

Hacia la vertiente del Pacífico, a través de la cuenca del río Grande de Tárcoles, la zona es drenada por el río Poás, al que se unen los ríos Poasito, Prendas, Tacares y Mastate. Con excepción del río Poás, los demás cursos de agua nacen en el cantón, en las laderas del volcán Poás y sus aguas llevan una dirección de norte a sur. Los ríos Poás, Tacares y Prendas son límites cantonales; el primero con Alajuela; y los otros con Grecia. (IGN. Hojas Topográficas: Naranjo, Barva y Poás. Escala 1:50 000).

3.3.3.6. PALMARES

El sistema fluvial de este cantón, corresponde a la vertiente del Pacífico, todos sus ríos son tributarios de la cuenca del río Grande de Tárcoles.

El área es drenada por las quebradas Fierro, Azul, Mora, Granja, El Peine, Tres Puentes, El Calabazo y Vásquez. Estas se originan en el cantón y se unen al río Grande. Presentan un rumbo de suroeste a noreste. El río Grande es límite con el cantón de Naranjo.

3.3.3.7. ATENAS

Este sistema fluvial corresponde a la vertiente del Pacífico. El cantón es drenado por el río Cacao, que nace de la confluencia de las quebradas Cacao y Pato de Agua y se le une el río Cajón y las quebradas Haya y Grande; el río Cacao es tributario del río Grande y este último al confluir con el Virilla, origina el río Grande de Tárcoles, al que se le unen las quebradas Zopilota, San Francisco, Lapas, Escobal, Vega y Concepción.

Los ríos Cacao, Cajón y sus afluentes y las quebradas indicadas, en los cerros de Atenas y del Aguacate y presentan un rumbo de norte a sur y de oeste a este. Los ríos Grande, Grande de Tárcoles y la quebrada Concepción, son límites cantonales. El primero con Naranjo, Grecia y Alajuela; el segundo, con Mora y Turrubares de la provincia de San José; y la última, con San Mateo y Orotina (IGN. Hojas Topográficas: Naranjo y Río Grande. Escala 1:50 000).

3.3.3.8 GRECIA

El sistema fluvial de este cantón corresponde a la vertiente del Pacífico, mediante la cuenca del río Grande de Tárcoles.

Los ríos que drenan el área son: Poás, Rosales y Colorado, afluentes del río Grande; al primero, se le unen los ríos Prendas y Tacares, el segundo recibe las aguas de los ríos Pilas, Poró y Achiotte, y al tercero se le juntan los ríos Aguacate y Sarchí. Estos cursos de agua, excepto Poás, Prendas y Colorado, nacen en el cantón, en las laderas del volcán Poás y en las filas Palmichal, Carbonera, Setillal y su dirección es de noreste a suroeste.

Los ríos Colorado, Sarchí, Grande, Poás, Prendas y Tacaes son límites cantonales; el primero con Naranjo, el segundo con Atenas, el tercero con Alajuela; y los últimos con Poás (IGN. Hojas Topográficas: Naranjo, Poás y Río Grande. Escala 1:50 000).

3.4 LA PROTECCIÓN DE LAS NACIENTES: UN RETO IMPOSTERGABLE

A criterio de Foster (2003), los acuíferos, a escala global, están experimentando una creciente amenaza de contaminación causada principalmente por las actividades agrícolas, la urbanización, el desarrollo industrial y la minería.

Ante esta situación, es necesario implementar una serie de estrategias de protección del agua subterránea y de los manantiales, por parte de los entes reguladores y administradores del recurso hídrico a nivel nacional, regional y local (Foster, 2003, p.2).

La delimitación de los perímetros de protección de los manantiales puede ser realizada utilizando una amplia variedad de métodos, cuya selección dependerá fundamentalmente del tipo de acuífero y de la disponibilidad de los datos hidrogeológicos con que se cuente, así como de la evaluación de las amenazas de contaminación existentes.

Las zonas de protección de los manantiales deben evitar la exposición a contaminantes⁷ (pesticidas, agroquímicos, nitratos, arsénico, organismos fecales, hidrocarburos, metales pe-

⁷ “La contaminación de los acuíferos ocurre cuando la carga de contaminantes sobre el subsuelo, generados por descargas o lixiviados de actividades urbanas, industriales, agrícolas o mineras no es controlada adecuadamente, y en ciertos componentes excede la capacidad natural de atenuación del subsuelo y los estratos suprayacentes” (Foster, 2003, p.4).

sados, cianuro, cromo, plomo, hierro y sulfatos, entre otros) que representan un riesgo para el recurso. Para eliminar completamente el riesgo de contaminación de una fuente de agua potable, todas las actividades potencialmente contaminantes deberían ser prohibidas (o completamente controladas) dentro de toda el área de captura de la recarga del manantial. Sin embargo, esto es poco viable, debido a las actividades antrópicas existentes y a las presiones socio-económicas de la población, por lo tanto; se requiere contar con alguna división de la zona de captura de la recarga, de modo que las restricciones al uso del territorio sean aplicadas en aquellas áreas más próximas a la fuente (Arias, 2012, p.70).

La zona de protección puede ser definida, para una fuente individual, como el área de captura de la recarga; es el perímetro en el que toda la recarga del acuífero (proveniente de la precipitación y/o cursos de agua superficiales) será captada por el manantial de abastecimiento de agua en consideración. Las áreas de captura de la recarga son muy importantes, no solo para la protección de la calidad, sino también en términos de manejo del recurso.

A nivel de la legislación costarricense, se ha aplicado la metodología de “distancias arbitrarias de radio fijo”, la cual es muy útil en casos donde se requiera dar atención inmediata ante una contaminación inminente. En este sentido, el artículo 31 de la Ley de Aguas, declara como reserva a favor de la Nación, las tierras que circundan los sitios de captación o tomas surtidoras de agua potable, en un perímetro no menor de doscientos metros de radio. En el artículo 149, se establece la prohibición de destruir, tanto en los bosques nacionales como privados, los árboles situados a menos de setenta metros de los manantiales que nazcan en cerros o a

menos de cincuenta metros de los que nazcan en terrenos planos. Por su parte, la Ley Forestal, en el artículo 33, inciso a, establece como áreas de protección, aquellas que bordean nacientes permanentes, definidas en un radio de cien metros, medidos de modo horizontal, si el terreno es quebrado; y en el inciso b, una franja de cincuenta metros, medidos horizontalmente a ambos lados de las riberas de los ríos, quebradas o arroyos, si el terreno es quebrado.

En los estudios hidrogeológicos realizados en algunos cantones de la Región de Occidente, (específicamente Naranjo, Palmares y Atenas), los investigadores utilizaron metodologías variadas para la delimitación de la zona de captura y la demarcación de las zonas de protección alrededor de cada manantial, (principalmente la metodología hidro-geomorfológica y el método de isócronas), con base en estas metodologías definieron tres zonas de protección:

- ✓ La zona de protección definida como Z1, debe ser el área operacional o zona de protección interna de carácter absoluto, relacionada al control de contaminación microbiológica. Su forma debe ser circular aguas arriba del manantial y su extensión está limitada por la zona de captura definida previamente, pero debe ser de al menos 15 metros. En esta zona se debe prohibir todo tipo de actividad antrópica, debe ser protegida con una cerca perimetral para restringir el acceso de terceros y promover la reforestación con especies nativas de la zona, que vengán a favorecer la recarga potencial. Solamente se permiten las actividades propias para la operación de la naciente.

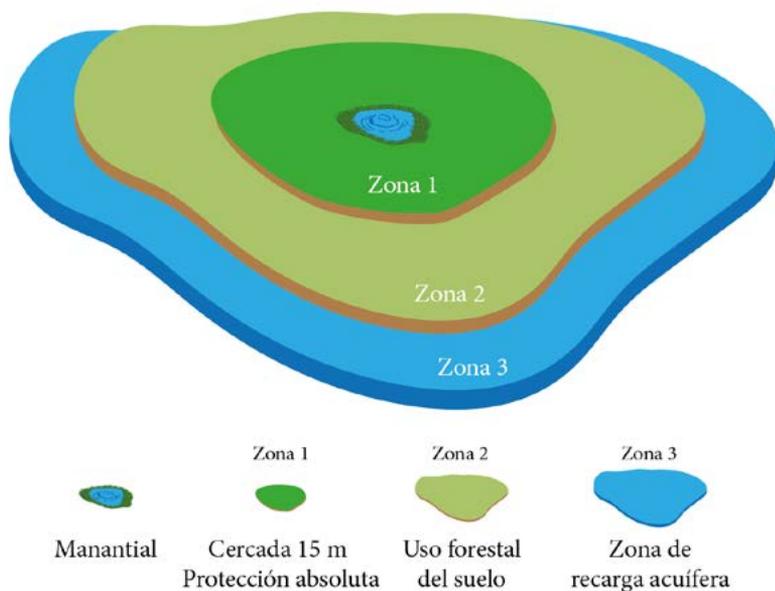
- ✓ La zona de protección Z2, se denomina también como zona de inspección sanitaria, que corresponde con el área de protección externa del manantial, en ella solamente se debe permitir el uso de suelo forestal.
- ✓ La zona de protección Z3, se debe considerar como el límite de la zona de captura del manantial, donde toda la recarga del acuífero, ya sea por infiltración de agua de lluvia o de flujos de escorrentía superficial, será captada por la naciente. En esta zona, se debe favorecer el uso forestal y restringir el tipo de actividades antrópicas. Posterior a un estudio técnico específico, se podría permitir solamente aquellas prácticas que no generen algún tipo de contaminación o impermeabilización del suelo, por ejemplo actividades recreativas o turísticas de muy bajo impacto (Arias, 2015b, p. 222 y Arias, 2012, p.104).

Se recomienda que en los sectores aledaños y por fuera de las zonas de captura de los manantiales, se deba restringir las actividades de desarrollo urbanístico futuro, en función de la densidad de población y el área de construcción, así como las actividades agrícolas, sobre todo por el uso de agroquímicos. Para ello, se debe tener en consideración el grado de vulnerabilidad del acuífero, así como el riesgo por diversas actividades potencialmente contaminantes. Así mismo, es necesario restringir la utilización de agroquímicos, permitiendo solamente aquellos de baja toxicidad, persistencia y movilidad e incentivar buenas prácticas para la conservación de suelos (Arias, 2012, p.105).

En la siguiente figura se representan las zonas de protección descritas.

Figura N° 3

Zonas de protección.



Fuente: Elaboración de los autores, 2020.

CAPÍTULO IV

DEMANDA DEL RECURSO HÍDRICO EN LA REGIÓN DE OCCIDENTE

En este apartado se analiza la situación de la demanda de agua en la Región de Occidente de Costa Rica, lo cual es un tema esencial y estratégico para el desarrollo de las diferentes actividades productivas de los sectores de la economía de esta región.

4.1. FUENTES DE EXTRACCIÓN DE AGUA Y DEMANDA DE LOS SECTORES

El recurso hídrico es objeto de una amplia gama de demandas, indispensables para el desarrollo de un sinnúmero de actividades humanas, desde las más elementales, hasta aquellas que implican procesos productivos complejos. Al respecto, es oportuno hacer referencia a los resultados del último balance hídrico nacional, realizado en el 2008 por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), el Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE) y el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), en el cual se indica que

(...) se dispone de un volumen de agua de 113,1 km³ al año, de los cuales 38 km³ se infiltran produciendo la recarga de acuíferos. Costa Rica dispone de 24.784 m³ per cápita de agua al año. Con respecto a las aguas subterráneas, existen 58 acuíferos, de los cuales, de acuerdo con su geología y localización, 34 son costeros, 9 volcánicos continentales y 15 sedimentarios continentales⁸.

⁸ Tomado de: https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-cam_files/srh_costarica_2016.pdf

A continuación, se analiza la demanda de agua de los sectores, con base en la información que proporciona el cuadro N° 6. En él se detalla la fuente de extracción de agua y el sector correspondiente, durante el período 2005- 2015, en millones de metros cúbicos por año.

En primera instancia, debe precisarse que la demanda de agua del país se suple a partir de tres fuentes principales de extracción, a saber: agua dulce, agua dulce superficial y agua dulce subterránea.

En el caso de agua dulce, se tiene que, para el 2015, la extracción total fue de 16251,10 m³ y la mayor cantidad de agua se destinó para fuerza hidráulica, con 14258,15 m³ (88 por ciento), seguido de la agricultura, la pesca y la silvicultura, con 1525, 62 m³ (9,3 por ciento), del riego, con 1260, 89 m³ (8 por ciento) y el agua para consumo humano, con 351,11 m³ (2 por ciento). El sector que demandó menor cantidad de agua fue el comercial, con 4,18 m³ (0,025 por ciento).

Este tipo de extracción constituye el 50 por ciento del total de fuentes de agua, de las cuales se obtiene este recurso para atender las diferentes necesidades de los sectores socioeconómicos.

En el caso de agua dulce superficial, se tiene que, para el 2015, la extracción total fue de 16001,58 m³ y la mayor cantidad de agua se destinó para fuerza hidráulica, con 14258,15 m³ (88 por ciento), -la misma cantidad que correspondió para el agua dulce- seguido de la agricultura, la pesca y la silvicultura, con 1389,59 m³ (8,5 por ciento), del riego, con 1175,49 m³ (7 por ciento) y el agua para consumo humano, con 291,18 m³ (2 por ciento).

El sector que demandó menor cantidad de agua fue el comercial, con $2,80 \text{ m}^3$ (0,017 por ciento).

Este tipo de extracción constituye el 49,23 por ciento del total de las fuentes de las cuales se obtiene agua para atender las diferentes necesidades de los sectores socioeconómicos.

En el caso de agua dulce subterránea, se tiene que, para el 2015, la extracción total fue de $249,51 \text{ m}^3$ y la mayor cantidad de agua se destinó para la agricultura, silvicultura y pesca, con $136,02 \text{ m}^3$ (54,5 por ciento), seguido del riego, con $85,41 \text{ m}^3$ (34 por ciento), y el agua para consumo humano, con $59,93 \text{ m}^3$ (24 por ciento). El sector que demandó menor cantidad de agua fue el comercial, con $1,38 \text{ m}^3$ (0,55 por ciento).

Este tipo de extracción constituye el 0,77 por ciento del total de las fuentes de las cuales se obtiene agua para atender las diferentes necesidades de los sectores socioeconómicos.

A continuación, se analiza el consumo de agua por sectores, lo cual evidencia la gran presión sobre el recurso hídrico en actividades esenciales para el desarrollo nacional y regional.

Cuadro N° 6 Costa Rica: Extracción anual de agua dulce, según fuente y sector, años 2005-2015, (en millones m³/año).

Fuente de extracción/Sector	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Extracción de Agua Dulce	2 802,39	2 963,09	4 260,87	4 770,27	4 860,21	6 718,27	10 076,29	12 390,13	13 168,19	15 190,41	16 251,10
Agua para consumo humano	139,97	181,13	207,58	248,45	273,47	294,65	308,29	313,84	322,78	345,96	351,11
Suministro público de agua*	135,26	175,05	200,51	230,78	240,27	240,27	240,38	241,08	240,42	240,46	240,78
Consumo privado	4,71	6,07	7,07	17,66	33,20	54,38	67,91	72,75	82,35	105,50	114,33
Agricultura, Silvicultura y Pesca	0,02	22,20	55,46	125,02	195,88	529,32	717,76	881,09	952,73	1 209,55	1 529,65
Agroindustrial	0,00	2,59	8,03	10,21	18,94	47,86	52,91	60,02	82,55	122,67	209,90
Agropecuuario	0,00	0,18	1,22	2,83	9,37	18,60	25,19	28,44	31,47	40,36	54,82
Riego	0,02	19,43	46,21	111,98	168,46	462,85	639,67	792,63	838,71	1 046,51	1 260,89
Industrial	0,00	0,21	2,09	4,81	8,16	16,24	20,54	26,01	42,81	65,91	77,12
Otras actividades económicas	0,00	0,69	3,45	6,19	8,16	13,13	19,62	25,08	29,10	34,91	39,10
Comercial	0,00	0,33	0,39	0,45	0,55	1,17	2,52	2,76	3,01	3,85	4,18
Turístico	0,03	0,36	3,07	5,74	7,61	11,57	17,10	22,32	26,09	31,06	34,92
Fuerza hidráulica	2 662,37	2 758,85	3 992,29	4 385,81	4 373,79	5 864,93	9 010,08	11 144,11	11 820,78	13 534,08	14 258,15
Extracción de Agua Dulce Superficial	2 796,90	2 947,62	4 232,69	4 723,01	4 798,26	6 636,32	9 975,48	12 264,88	13 015,66	14 973,94	16 001,58
Agua para consumo humano	134,53	169,80	192,69	225,16	245,40	264,41	274,79	277,76	280,25	290,31	291,18
Suministro público de agua*	130,98	165,03	187,41	209,81	215,91	215,91	215,91	216,50	215,91	215,95	212,27
Consumo privado	3,55	4,77	5,27	15,34	29,49	48,50	58,88	61,25	64,34	74,36	78,91
Agricultura, Silvicultura y Pesca	0,00	18,55	45,49	107,92	171,48	492,71	670,69	817,99	873,67	1 090,81	1 389,59
Agroindustrial	0,00	2,21	6,63	7,82	13,58	38,43	41,39	43,95	59,52	81,61	163,88
Agropecuuario	0,00	0,11	0,98	2,54	8,88	17,16	23,56	26,09	28,55	36,50	50,23
Riego	0,00	16,23	37,88	97,57	149,02	437,13	605,74	747,95	785,60	972,71	1 175,49
Industrial	0,00	0,00	0,99	1,94	4,80	8,08	8,85	11,23	16,20	18,99	21,30
Otras actividades económicas	0,00	0,41	1,22	2,18	2,80	6,19	11,06	13,79	16,20	18,99	21,30
Comercial	0,00	0,32	0,34	0,37	0,41	1,32	2,19	2,20	2,22	2,57	2,80
Turístico	0,00	0,09	0,88	1,81	2,39	4,86	8,87	11,60	13,98	16,42	18,50
Fuerza hidráulica	2 662,37	2 758,85	3 992,29	4 385,81	4 373,79	5 864,93	9 010,08	11 144,11	11 820,78	13 534,08	14 258,15
Extracción de Agua Dulce Subterránea	5,49	15,47	28,18	47,26	61,94	80,24	100,81	125,25	152,53	216,47	249,51
Agua para consumo humano	5,44	11,32	14,89	23,29	28,97	31,95	33,50	36,08	42,52	55,65	59,93
Suministro público de agua*	4,28	10,02	13,10	20,97	24,36	24,36	24,47	24,58	24,51	24,51	24,51
Consumo privado	1,16	1,30	1,79	2,32	3,71	5,88	9,03	11,50	18,01	31,14	35,42
Agricultura, Silvicultura y Pesca	0,02	3,65	9,96	17,10	24,40	36,60	47,07	63,10	79,06	118,73	136,02
Agroindustrial	0,00	0,38	1,40	2,40	4,46	9,44	11,52	16,07	23,03	41,06	46,02
Agropecuuario	0,00	0,07	0,23	0,29	0,49	1,44	1,62	2,35	2,92	3,86	4,60
Riego	0,02	3,20	8,33	14,41	19,44	25,73	33,95	44,68	53,11	73,81	85,41
Industrial	0,00	0,21	2,03	2,87	4,11	8,16	11,68	14,77	18,06	26,17	35,75
Otras actividades económicas	0,00	0,02	0,25	4,01	5,36	6,94	8,56	11,29	12,89	15,92	17,80
Comercial	0,00	0,02	0,05	0,08	0,14	0,24	0,34	0,53	0,79	1,29	1,38
Turístico	0,03	0,27	2,18	3,93	5,22	6,70	8,23	10,77	12,11	14,64	16,42
Fuerza hidráulica	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00						

* Corresponde al agua para consumo humano que está registrada legalmente a los principales operadores de agua como: AyA, ESPH, Acueductos Comunales y municipales.

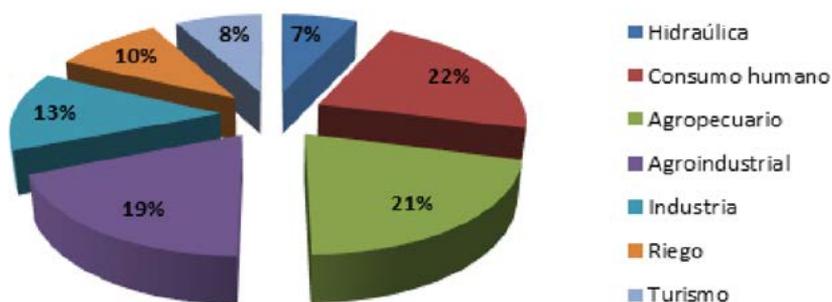
Fuente: Ministerio de Ambiente y Energía, Dirección de Aguas (2017); Registro Nacional de Concesiones. San José, Costa Rica.

En el gráfico siguiente se ilustra el consumo de agua por sectores. Como se observa, prevalece el agua para consumo humano, con el 22 por ciento, seguido del consumo para actividades agropecuarias, con el 21 por ciento. El sector agroindustrial representa el 19 por ciento y la industria, el 13 por ciento. Otras actividades que demandan del recurso hídrico son el riego, con el 10 por ciento, el turismo, con el 8 por ciento y la hidráulica con el 7 por ciento.

Con base en los porcentajes asignados para cada sector, se tiene que, el sector terciario de la economía (consumo humano, turismo e hidráulica), es el que demanda la mayor cantidad del recurso hídrico, con el 37 por ciento, seguido del sector secundario (agroindustria e industria), con el 32 por ciento; y por último, el sector primario (actividades agropecuarias y riego), el cual constituye el 31 por ciento.

Gráfico N° 2

Costa Rica: Consumo de agua, según sectores, 2015



Fuente: Angulo, F. (2015). Gestión del recurso hídrico y saneamiento en Costa Rica. Vigésimo primer Informe Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible. Programa Estado de la Nación.

4.2. RIEGO Y ACTIVIDADES AGROPECUARIAS

Históricamente, el riego ha sido una de las prácticas determinantes que ha posibilitado el desarrollo sociocultural y económico de los pueblos. Por ejemplo, las denominadas culturas de regadío, entre ellas Mesopotamia y Egipto, acentuaron su poder y progreso en torno al control estratégico del agua para atender sus actividades agrícolas y pecuarias.

En el caso de Costa Rica, la FAO indica que el riego se inició,

(...) principalmente para el arroz, la caña de azúcar y los pastos en el Pacífico Norte del país y la producción de granos básicos en la Meseta Central. El mayor impulso en el sector privado se dio a partir de 1950 incrementándose el riego en el Pacífico Norte y el drenaje en la costa Atlántica, existiendo un total de 21225 hectáreas bajo riego en 1955. El Estado inició actividades con fines de riego en 1975 con el Proyecto de Riego Arenal-Tempisque (PRAT). Las áreas regadas en el país en 1997 sumaban 103 084 hectáreas, constituidas por 61 700 hectáreas de riego privado y 41 384 hectáreas de riego público (FAO, 2002).

Y con respecto a la superficie con riego, esta misma entidad plantea que:

En 2013, la superficie equipada para el riego es de 101500 has, de las cuales 86 275 has o el 85 por ciento utiliza riego por superficie, 10150 has o el 10 por ciento utiliza riego por aspersión y 5 075 has o el 5 por ciento utiliza riego localizado. El riego por superficie se utiliza frecuentemente

para el arroz, pastos y caña de azúcar, mientras que el riego por aspersión o localizado se encuentra con café, papa, hortalizas y frutas⁹.

Y ahora bien, en un contexto espacial e histórico más inmediato, como el que nos ocupa en este estudio, el riego constituye uno de los usos fundamentales del agua en la Región de Occidente.

En el cuadro siguiente, se adjunta el nombre de los cantones, el área en hectáreas con riego, así como el tipo de gravedad que posibilita el riego, superficial o subterránea y el tipo de presión, superficial, o bien, subterránea.

⁹ http://www.fao.org/nr/water/aquastat/countries_regions/CRI/indexesp.stm

Cuadro N° 7

Área y tipo de riego por cantón de la Región de Occidente, 2018

Cantón	Área de riego (Has)	Tipo de riego			
		Gravedad (Has)		Presión (Has)	
		Superficial	Subterránea	Superficial	Subterránea
Zarcero	2234	2200	0	016	18
Atenas	10	0	10	0	0
Grecia	3200	1700	0	1500	0
Naranjo	1745	292	15	838	600
Palmares	77	0	0	75	2
Poás	120	0	0	120	0
San Ramón	262	80	0	182	0
Sarchí	232	200	0	32	0
TOTALES	7880	4472	25	2763	620

Fuente: http://www.mag.go.cr/regiones/centraloccidental.html#HERMES_TABS_1_0

Con base en el cuadro anterior, se tiene que los cantones de Grecia, Zarcero y Naranjo, respectivamente, son los que cuentan con mayor cantidad de hectáreas con riego; a diferencia de Sarchí, Palmares y Atenas, respectivamente, con las menores cantidades de hectáreas con riego.

Del total de hectáreas con riego, Grecia cuenta con el 40.6 por ciento y Atenas, solamente con 0,1 por ciento, esto eviden-

cia contrastes muy significativos en cuanto al uso del riego en los cantones de esta región del país.

Otro aspecto que se deriva de estos datos, es que en las tierras que se utiliza riego, prevalece el tipo de riego por gravedad, específicamente el superficial, excepto en los cantones de Naranjo, Palmares, Poás y San Ramón, en los cuales, las hectáreas regadas por presión superficial superan a las irrigadas por gravedad. En este sentido, cabe destacar que el riego por presión implica inversiones económicas elevadas en equipo de bombeo, combustible y otros requerimientos para efectuar estas labores, lo que repercute en los costos de producción, especialmente en épocas de sequía o en períodos cuando las precipitaciones experimentan mermas significativas.

En resumen, el recurso hídrico es vital para la producción de alimentos, más de 120000 hectáreas son irrigadas para cultivar arroz, melón, caña de azúcar, piña y hortalizas. Además, el agua se utiliza en los sectores pecuario y piscícola. Estas actividades que forman parte del sector primario de la economía, representan aproximadamente el 9 por ciento del PIB del país.

4.3. INDUSTRIA Y AGROINDUSTRIA

Las industrias utilizan el agua en sus procesos productivos, particularmente la agroindustria y la industria alimentaria, las cuales son numerosas y diversas en la Región de Occidente. En el caso de las primeras, destacan los beneficios de café, que trabajan con el proceso de beneficiado en húmedo, así como las

granjas avícolas, especialmente las incubadoras. En el caso de las industrias, las hay desde las más pequeñas, de índole familiar y poco tecnificadas, como las pequeñas panaderías de barrio, hasta aquellas con mayor equipamiento y medios de producción, como la empresa “Bizcocho Palmareño”, por ejemplo. Sin embargo, a pesar de las diferencias, tanto en productos como en capacidad de producción, las industrias alimenticias y las actividades agroindustriales se han diversificado y especializado para satisfacer la demanda de la población, lo que ha generado un mayor consumo del preciado líquido.

A nivel nacional, la industria y la agroindustria representan aproximadamente el 22 por ciento del PIB. Cabe destacar que el subsector industrial de mayor crecimiento y con mayor potencial en el corto y mediano plazo es la industria alimentaria.

4.4. DEMANDA DE RECURSO HÍDRICO EN EL SECTOR TERCIARIO

El sector terciario de la economía aglutina gran cantidad de actividades que requieren del recurso hídrico, en especial para suplir el consumo humano a nivel domiciliario. Además, el incremento de la construcción, debido al auge de proyectos urbanísticos en la Región de Occidente, ha provocado mayor presión por el agua. Este proceso de cambio del uso del suelo, viene gestándose desde la década de 1980, transformando el paisaje de la Región, sustituyendo los terrenos otrora ocupados de cafetos, por condominios y proyectos residenciales. Esta situación ha sido motiva-

da por la caída del precio de productos agrícolas, en particular el café, propiciando un mercado inmobiliario muy dinámico y especulativo en torno al precio de los terrenos.

Otras actividades que demandan del preciado líquido están muy vinculadas con el turismo¹⁰ y la recreación, por ejemplo, agua para las piscinas, para riego de zonas verdes y las necesidades del líquido por parte de la infraestructura hotelera en general.

¹⁰ Según el ICT, el turismo representa aproximadamente el 6% del PIB en el año 2010. Fuente: www.ict.go.cr

CAPÍTULO V

ENTES OPERADORES DEL RECURSO HÍDRICO

En este capítulo se analizan diversas estadísticas relacionadas con los entes que tienen bajo su responsabilidad la administración de los acueductos (especialmente ASADAS), así como el aprovisionamiento de agua potable que ofrecen a los pobladores de la Región de Occidente.

El tema del agua reviste un papel determinante en el desarrollo humano y en la calidad de vida de los pobladores de la Región de Occidente¹¹ de Costa Rica. Además, constituye un reto impostergable, que demanda la implementación de políticas públicas orientadas a asegurar la calidad, disponibilidad y protección de dicho recurso en el tiempo.

A continuación, se describe como está conformada la Región de Occidente y algunas de sus generalidades, además se analizan los entes operadores del recurso hídrico en cada uno de los cantones que integran la región, poniendo especial énfasis en el papel que desempeñan los acueductos rurales (ASADAS) en la administración y protección del recurso hídrico de las comunidades, así como la problemática que enfrentan en torno a la calidad del agua que distribuyen.

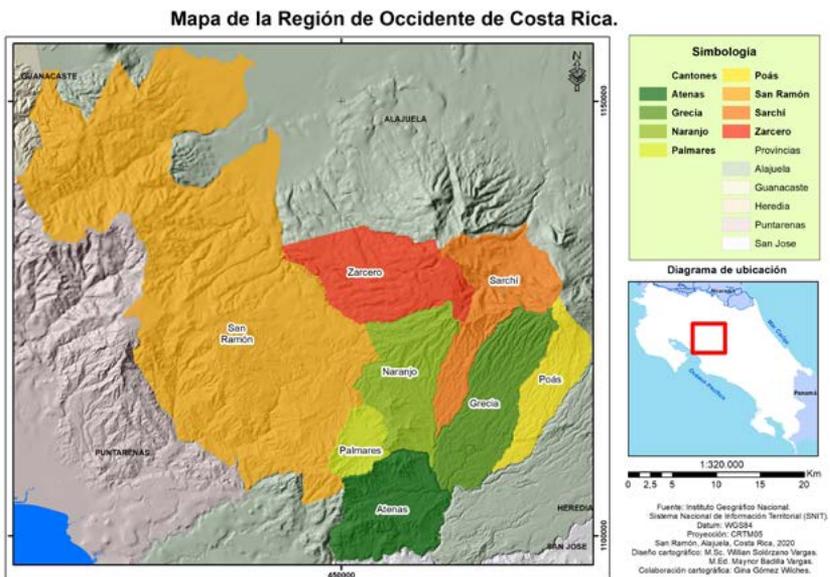
¹¹ “La región es una realidad cambiante, producto de la dinámica socioeconómica que integra espacios sociales y lugares vividos con una especificidad que le otorga una estructura propia, cuya construcción culmina con las representaciones que se construyen a partir de imágenes regionales, por parte de los y las habitantes, así como de los extranjeros” (Frémont, 1976; citado por Viales, 2010, p. 160, Revista Geopolítica(s)).

5.1. CONFORMACIÓN Y GENERALIDADES DE LA REGIÓN DE OCCIDENTE

La Región de Occidente de Costa Rica comprende los cantones siguientes: San Ramón, Palmares, Naranjo, Sarchí, Grecia, Poás, Zarcero y Atenas, los cuales suman un área de 1801,29 km², lo que representa el 3,52 por ciento del total del territorio nacional. Con respecto a la población, estos cantones cuentan con 357560 habitantes (7,06 por ciento del total de la población del país) y una densidad, en promedio, de 198 habitantes por km².

Figura N° 4

Mapa de la Región de Occidente de Costa Rica



Fuente: Badilla y Solórzano (2010).

En el cuadro siguiente, se indican los datos correspondientes a la extensión geográfica y población de cada uno de los cantones que conforman la Región de Occidente.

Cuadro N° 8

Extensión geográfica y población de cada cantón de la Región de Occidente, 2019

Cantones	Extensión en km ²	Población
San Ramón	1018,64	92 874
Grecia ¹²	141,52	77 172
Atenas	127,19	29 041
Naranjo	126,62	48 310
Palmares	38,06	40 473
Poás	73,84	33 541
Zarcero	155,13	14 204
Sarchí	120,25	21 945
Total	1801,29 km ²	357 560

Fuente: Elaboración propia con base en estadísticas del INEC, 2019.

5.2. ENTES OPERADORES Y CALIDAD DEL AGUA QUE SUMINISTRAN A LA POBLACIÓN

En esta Región existen tres entes operadores que tienen a su cargo la administración de acueductos y el suministro de agua para consumo humano.

¹² Grecia, disminuyó su extensión territorial y población debido a la formación de Río Cuarto como nuevo cantón de Costa Rica.

El AyA posee 15 acueductos, lo que representa tan solo el 5 por ciento del total de los acueductos de la Región y abastece a 105.941 personas, lo que constituye el 29 por ciento de la población total (de la Región).

Las municipalidades, que conforman otro ente operador, administran 36 acueductos, lo que representa el 13 por ciento del total de los acueductos de la región y abastecen a 65.108 habitantes, el 18 por ciento de la población total.

Los Sistemas Comunales, conocidas como ASADAS, tienen bajo su cargo 230 acueductos (82 por ciento del total de los acueductos de la región) y abastecen a 189123 personas, lo que equivale al 53 por ciento de la población.

Un elemento por destacar es el importante peso que tienen las ASADAS a lo interno de la Región de Occidente, no sólo en cuanto a la cantidad de acueductos que tienen bajo su administración (el 82 por ciento del total) sino también, en cuanto a la cantidad de población que es abastecida por estos sistemas comunales (53 por ciento) lo que representa más de la mitad del total de población de la región.

Este rol tan significativo que desempeñan las ASADAS, se hace más evidente si se tiene en consideración que, a nivel nacional, los acueductos operados por sistemas comunales (ASADAS), según los datos del AyA, en el 2013 abastecieron 1328139 personas, lo que representa el 28,1 por ciento de la población total del país, con acceso a agua intra-domiciliar (es decir, familias que reciben agua por algún operador directamente en su casa de habitación); mientras que en la Región de Occidente, las ASADAS

proporcionan agua a un porcentaje de población que es casi el doble del porcentaje nacional, en este caso, 53 por ciento de la población de la región (CAAR's, Informe anual 2011-2013, p. 3).

En el cuadro siguiente, se resume la información anterior, relacionada con los entes operadores, el número de acueductos que administran y la cantidad de población que abastecen en la Región de Occidente.

Cuadro N° 9

Cantidad y porcentajes de acueductos por ente operador y población abastecida en la Región de Occidente, 2013

Ente operador	Cantidad de acueductos	% de acueductos	Población abastecida	% de Población abastecida
A y A	15	5 %	105.941	29%
Municipalidad	36	13 %	65.108	18%
Sistemas Comunales (ASADAS)	230	82%	189.123	53%
TOTALES	281	100 %	360.172	100%

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del Informe anual AyA, 2013; Informe anual CAAR's, 2011-2013 e Informe anual municipalidades- E.S.P.H., 2013.

En los siguientes gráficos se puede observar cómo en la Región de Occidente, las ASADAS no solo controlan la gran mayoría de los acueductos existentes, sino que también cumplen una función fundamental en cuanto al tema de abastecimiento, pues proporcionan agua para el consumo humano a más de la mitad de la población.

Gráfico N° 3

Porcentaje de acueductos en manos de cada ente operador en la Región de Occidente, 2013

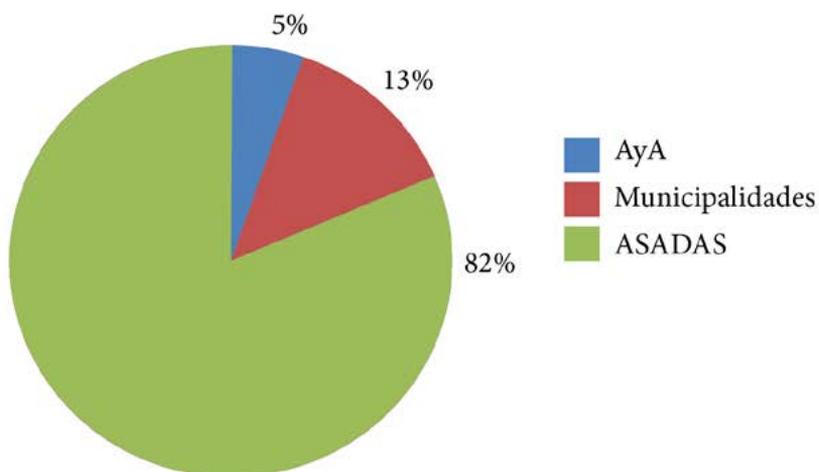
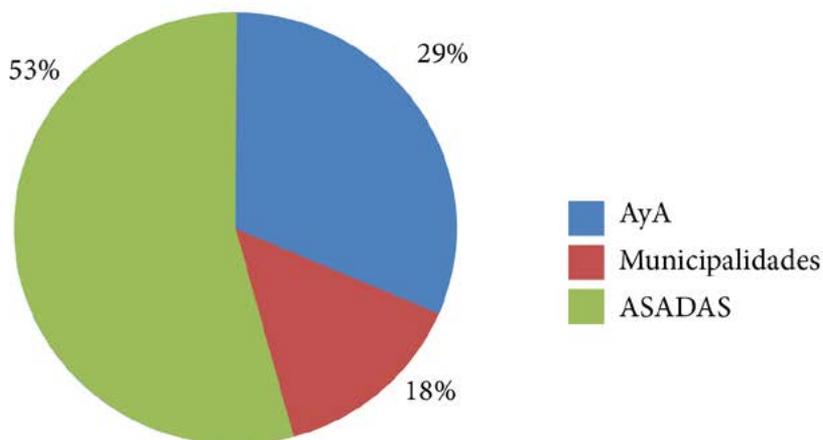


Gráfico N° 4

Porcentaje de población abastecida por cada ente operador en la Región de Occidente, 2013



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del Informe anual AyA, 2013; Informe anual CAARs, 2011-2013 e Informe anual municipalidades- E.S.P.H., 2013.

5.3. LAS ASADAS Y SU PAPEL EN LA ADMINISTRACIÓN Y PROTECCIÓN DEL RECURSO HÍDRICO EN LA REGIÓN

A continuación, se analiza el papel de las ASADAS en el manejo del recurso hídrico por cantón y su problemática en cuanto a la calidad del agua que distribuyen. Sobre el tema de la calidad del agua, de los tres entes operadores que brindan el servicio de agua para consumo humano en los cantones de la Región de Occidente: AyA, Municipalidades y ASADAS, estas últimas constituyen el grupo que mayores problemas presenta en cuanto a la calidad del agua que proporciona a las comunidades que abastecen.

Es importante indicar que se define como agua potable, a la que es tratada y cumple con las disposiciones de valores recomendables o máximos admisibles estéticos, organolépticos, físicos, químicos, biológicos y microbiológicos, establecidos en el Reglamento para la Calidad del Agua Potable y que al ser consumida por la población no causa daño a la salud (Informe AyA, 2013, p.1). El agua que incumple con alguna de las características anteriores es considerada agua no potable y por tanto no apta para el consumo humano, ya que podría tener altos riesgos para la salud de las personas que la consuman.

En el cuadro N°10 se presenta información relacionada con la cantidad de acueductos que administran las ASADAS en cada uno de los cantones de la Región de Occidente, también se indica la cantidad y porcentaje de habitantes que abastecen por cantón y la calidad del agua que suministran a esta población, es decir, si les proporcionan agua de calidad potable, no potable, o bien, agua sin evaluar.

Cuadro Nº 10

Cantidad de acueductos, población que abastecen y calidad del agua suministrada por las ASADAS en los cantones de la Región de Occidente, 2013

Cantones	Número de acueductos administrados por ASADAS	Población abastecida (estimado)	% de población abastecida con agua potable	% de población abastecida con agua NO potable	% de población abastecida con agua SIN evaluar
San Ramón	62 acueductos (94%)	46.122 habitantes (45%)	80 %	15%	5 %
Palmares	12 acueductos (80%)	10.062 habitantes (24%)	79 %	0 %	21 %
Naranjo	41 acueductos (80%)	28.772 habitantes (56%)	38.5%	1.2 %	60.3%
Zarzero	17 acueductos (89%)	8.021 habitantes (68%)	64.7 %	0.8 %	34.5 %
Sarchí	13 acueductos (59%)	8.442 (40%)	22 %	7 %	71 %
Grecia	52 acueductos (93%)	66.560 (83%)	46 %	3 %	51 %
Poás	13 acueductos (54%)	11.437 (48%)	56%	12%	32%
Atenas	20 acueductos (71%)	9.707 (35%)	26 %	5%	69 %
Totales	230	189.123			

Fuente: Construcción propia a partir del Informe AyA, 2013, p.154- 164; Anexo AyA, 2013, p. 719, 1053. Informe Munic-ESPH, 2013, p. 39-57; Anexo Munic-ESPH, 2013, p.9, 74 y 84 a 112; e Informe CAAR's, 2013, p.22- 90.

Como se puede apreciar en el cuadro anterior, en el caso de San Ramón, las ASADAS administraban 62 acueductos, lo que representa el 94 por ciento del total de acueductos del cantón. Estos sistemas comunales abastecieron el 45 por ciento del total de la población, lo cual equivale a más de cuarenta y seis mil personas, pero desgraciadamente el 15 por ciento de esta población (casi 7000 habitantes) recibieron agua de calidad no potable y el 5 por ciento de la población recibió agua sin evaluar.

En el caso de Palmares, la situación es bastante similar, en este cantón las ASADAS administraban 12 acueductos, lo que representa el 80 por ciento del total de acueductos. Se abastecía el 24 por ciento del total de la población, lo que equivale a un poco más de diez mil personas, ninguno de los acueductos comunales distribuyó agua de calidad no potable, pero el 21 por ciento de esta población recibió agua sin evaluar.

En de Naranjo, la situación es realmente preocupante. En el 2013 las ASADAS administraban 41 acueductos y abastecían a más de la mitad de la población de la localidad, casi veintinueve mil habitantes, pero únicamente el 38,5 por ciento de esta población recibió agua de calidad potable, y más del 60 por ciento fue abastecida con agua sin evaluar, por lo que no se tiene certeza de la calidad del agua que se consumió.

Las ASADAS en el cantón de Zarceró, administran la gran mayoría de los acueductos, el 89 por ciento de ellos están en manos de acueductos comunales; brindan el servicio a unos ocho mil habitantes, lo que representa el 68 por ciento de toda la población de este cantón. Pero aquí se repite el patrón que hemos visto en otros cantones: no todas están personas recibieron agua con

certificación de potabilidad durante el 2013, ya que casi el 35 por ciento recibió en sus hogares agua sin evaluar y casi 1 por ciento de agua no potable.

Sarchí es el cantón donde menor cantidad de ASADAS certifican la calidad del agua que distribuyen, en el 2013 tan solo el 22 por ciento, de los casi ocho mil quinientos habitantes abastecidos por los acueductos comunales, recibió agua potable, al 71 por ciento se le suministró agua sin evaluar y el 7 por ciento consumió agua no potable. En este cantón los trece acueductos comunales existentes le suministran agua al 40 por ciento de la población, por lo que más de ocho mil personas podrían estar en una situación de riesgo.

A nivel regional, Grecia constituye el cantón donde las ASADAS administran el mayor porcentaje de los acueductos existentes, pues tienen bajo su control el 93 por ciento del total de los acueductos. Igualmente, abastecen a la gran mayoría de sus habitantes, el 83 por ciento del total de la población, es decir, unos sesenta y seis mil quinientos griegos consumen agua de los acueductos comunales. Desgraciadamente, para el 2013, tan solo el 46 por ciento de esa población recibió agua certificada como potable, el 3 por ciento consumió agua no potable y el 51 por ciento fue abastecido con agua sin evaluar.

En el caso de Poás, las ASADAS administran más de la mitad de los acueductos y abastecen a más de once mil cuatrocientas personas, el 48 por ciento del total la población del cantón. Similar a los demás cantones, solo el 56 por ciento recibió agua potable; 12 por ciento consumió agua no potable y el 32 por ciento restante fue abastecido con agua sin evaluar.

Por último, en el cantón de Atenas, las ASADAS controlan veinte acueductos y brindan el servicio de agua a casi diez mil habitantes, el 35 por ciento del total de la población. Lamentablemente en el año 2013, solo el 26 por ciento de estas personas recibió agua potable, al 5 por ciento se le suministró agua no potable y el 69 por ciento restante consumió agua sin evaluar.

Tal y como se deduce de la información planteada, a lo interno de cada uno de los cantones de la Región de Occidente, existen diferencias importantes en lo que respecta a la calidad del agua que suministran las ASADAS. En los casos de Palmares, San Ramón y en menor medida Zarceró, la mayoría de los acueductos comunales realizan análisis o pruebas de potabilidad al agua que distribuyen. En estos tres cantones la mayor parte de la población que recibe el servicio de las ASADAS, obtiene agua de calidad potable. En los restantes cantones, la situación es bastante preocupante, debido a que en algunos de ellos, menos de la mitad de la población abastecida por las ASADAS, recibe agua certificada como potable, siendo los casos más graves los de Sarchí y Atenas en los cuales el porcentaje de población que recibe agua de calidad potable, apenas supera el 20 por ciento.

Asimismo, es fundamental destacar que las ASADAS cumplen un papel trascendental en la administración actual y futura del recurso hídrico en la Región de Occidente, debido a que controlan la mayoría de los acueductos en cada uno de los cantones de la región. En sus manos está la tarea de conservar y promover acciones tendientes a la sostenibilidad del recurso hídrico en la Región a mediano y largo plazo.

CONCLUSIONES

El tema del agua reviste un papel determinante en el desarrollo humano y en la calidad de vida de los pobladores de la Región de Occidente. Además, constituye un reto impostergable, que demanda la implementación de políticas públicas orientadas a asegurar la calidad, disponibilidad y protección de dicho recurso, a fin de garantizar su existencia futura.

En cuanto a la disponibilidad del recurso hídrico, se debe destacar que existen una serie de subcuencas hidrográficas de gran importancia para el desarrollo socioeconómico y humano de los pobladores de esta región y de otros territorios aledaños, las cuales son tributarias de tres importantes cuencas hidrográficas de la vertiente Pacífica: Barranca, Jesús María y Grande de Tárcos. Las microcuencas y cuencas abastecen de agua potable a un elevado porcentaje de habitantes; también, satisfacen las demandas correspondientes a actividades agropecuarias, industriales y del sector servicios.

En el plano regional, existen diferencias, a lo interno de los cantones, en relación con la cantidad, disponibilidad y acceso a los recursos hídricos. Por ejemplo, las precipitaciones son más abundantes en el sector norte de la región y disminuyen hacia la parte sur. Otro ejemplo es que San Ramón y Grecia poseen gran riqueza hídrica, en comparación con Palmares, que depende de San Ramón para suplir sus necesidades de abastecimiento de agua potable.

A nivel regional, existen variaciones temporales, a lo largo del año en cuanto a la cantidad y, por tanto, disponibilidad del recurso hídrico. Esto por cuanto la región presenta una época seca (que inicia en diciembre y termina en abril), periodo en el cual las lluvias son mínimas o inexistentes, lo que ocasiona la disminución considerable en los caudales de las quebradas y ríos. Dichos meses representan el periodo más crítico y de mayor presión sobre el recurso hídrico en las comunidades de la Región de Occidente.

Los acuíferos están experimentando una creciente amenaza de contaminación, causada principalmente por las actividades agrícolas, el crecimiento poblacional, la urbanización y el sector agroindustrial. Ante esta situación es necesario implementar una serie de estrategias de protección del agua subterránea y de los manantiales, acciones que deben ser desarrolladas por parte de los entes reguladores y administradores del recurso hídrico a nivel regional y local.

Los estudios técnicos sobre hidrología realizados por expertos, en algunos cantones de la región, recomiendan establecer medidas de protección en las zonas de recarga acuífera de los manantiales, que los protejan de los diferentes tipos de contaminantes (pesticidas, agroquímicos, nitratos, arsénico, organismos fecales, hidrocarburos, metales pesados, cianuro, cromo, plomo, hierro y sulfatos, entre otros) que representan un riesgo para el recurso.

Además, proponen que en los territorios aledaños y por fuera de las zonas de captura de los manantiales, se debe restringir las actividades de desarrollo urbanístico futuro, en función de la densidad de población y el área de construcción, así como las actividades agrícolas, sobre todo por el uso de agroquímicos. Para

ello, se debe tener en consideración el grado de vulnerabilidad del acuífero, así como el riesgo por diversas actividades potencialmente contaminantes. En ese sentido, es necesario restringir la utilización de agroquímicos, permitiendo solamente aquellos de baja toxicidad, persistencia y movilidad e incentivar buenas prácticas para la conservación de suelos.

En relación con la demanda de recurso hídrico, es amplia y diversa, según los requerimientos de los sectores de la economía, los cuales obedecen a las demandas que presenta la ciudadanía.

Como se indicó en el cuarto capítulo, la demanda de agua del país se suple a partir de tres fuentes principales de extracción: agua dulce, agua dulce superficial y agua dulce subterránea. De estas fuentes, las dos primeras son las más significativas, ambas representan el 99,23 por ciento y el agua dulce subterránea, menos del uno por ciento.

La mayor parte de agua dulce y agua dulce superficial extraída se destina para fuerza hidráulica y para actividades agrícolas, tanto para cultivos permanentes, como para cultivos temporales, mediante la utilización de riego.

En cuanto a la demanda de agua por sectores, prevalece el agua para consumo humano, seguido de las actividades agropecuarias y agroindustriales, sin dejar de lado la demanda del recurso hídrico para el riego, el turismo y la hidráulica.

El sector terciario de la economía (consumo humano, turismo e hidráulica), es el que demanda la mayor cantidad del recurso hídrico, seguido del sector secundario (agroindus-

tria e industria), y por último, el sector primario (actividades agropecuarias y riego).

El sector terciario de la economía abarca una amplia gama de actividades que demandan del recurso hídrico, particularmente para satisfacer el consumo humano. También, el auge de la construcción de proyectos urbanísticos aumenta la demanda del preciado líquido, junto a actividades relacionadas con el turismo y la recreación.

En cuanto a los entes operadores, que tienen a su cargo la administración de acueductos y la estratégica función de proporcionar el servicio de agua para consumo humano en muchas comunidades de Occidente, se debe destacar que las ASADAS no solo controlan la mayoría de los acueductos existentes (y por tanto tienen en sus manos la fundamental tarea de conservar y promover acciones tendientes a la sostenibilidad del recurso hídrico a mediano y largo plazo); sino que también cumplen una función fundamental en cuanto al tema de abastecimiento, pues proporcionan agua para el consumo humano a más de la mitad de la población de la región.

En algunos cantones, el porcentaje de población abastecida por las ASADAS es bajo, como el caso de Palmares, con un 24 por ciento y Atenas con un 35 por ciento; pero existen cantones donde el peso de los acueductos comunales es determinante como Zarcero, con un 68 por ciento y Grecia con un 83 por ciento de su población abastecida por las ASADAS.

Desgraciadamente, sobre el tema de la calidad del agua distribuida, de los tres entes operadores que brindan el servicio

de agua para consumo humano en los cantones de la Región de Occidente: AyA, Municipalidades y ASADAS, estas últimas constituyen el grupo que mayores problemas presenta en cuanto a la calidad del agua que proporcionan a las comunidades que abastecen.

A lo interno de la región, existen diferencias significativas en lo que respecta a la calidad del agua que suministran las ASADAS. En cantones como Palmares, San Ramón y en menor medida Zarceró, donde la mayoría de los acueductos comunales realizan análisis o pruebas de potabilidad al agua que distribuyen. En estos tres cantones, la mayor parte de la población que recibe el servicio de las ASADAS, obtiene agua de calidad potable. En los restantes cantones, la situación es bastante preocupante, ya que en algunos de ellos, menos de la mitad de la población abastecida por las ASADAS, recibe agua certificada como potable.

Es urgente concienciar y capacitar aún más a las personas que administran los acueductos comunales sobre el adecuado manejo y tratamiento que se debe realizar al agua que se va a distribuir para el consumo humano, así como apoyo económico y financiero que les permita mejorar el servicio y hacerlo más eficiente, pues la salud de casi ciento noventa mil habitantes de los cantones de la Región de Occidente, está en manos de las ASADAS.

RECOMENDACIONES

Sin duda alguna, el tema del recurso hídrico abre una amplia gama de objetos de estudio de gran relevancia, los cuales vendrían a aportar insumos valiosos sobre el estado actual de la gestión integral de este recurso. A continuación, se sugieren una serie de temas que desde nuestra perspectiva sería pertinente abordar mediante otras investigaciones, por ejemplo:

- Cartografiar, de manera digital, las zonas de recarga acuífera de la región y desarrollar iniciativas de trabajo conjunto con las comunidades, para la preservación y el adecuado manejo de estas zonas.
- Desarrollar estudios hidrogeológicos, orientados a determinar el potencial hídrico de la región, en particular la disponibilidad de mantos acuíferos.
- Implementar estudios relacionados con la historia ambiental, por ejemplo, el consumo de leña para uso doméstico, para actividades agroindustriales, entre otras, y su impacto en la degradación de los recursos naturales.
- Promover estudios agroecológicos y sus vínculos con las propiedades físicas y químicas del suelo y el uso que de ellos se hace por parte de la población.
- Realizar Investigaciones sobre el impacto de la actividad ganadera en la transformación del paisaje natural.

Además de la posibilidad de desarrollar nuevos temas de investigación, como los sugeridos en líneas precedentes, es

oportuno plantear otras recomendaciones, en el plano educativo, tales como:

- Incorporar el tema del recurso hídrico como un eje transversal en los programas de estudio de todos los niveles educativos y en todas las asignaturas, desde la educación inicial hasta la diversificada.
- Diseñar materiales y recursos didácticos (posters, manuales, juegos, entre otros), relacionados con el manejo adecuado de las ASADAS y del recurso hídrico, así como recomendaciones para el uso racional y responsable del agua potable a lo interno de las viviendas.
- Fomentar procesos de alfabetización en la población abastecida por las ASADAS, dirigidos a la concienciación sobre el uso racional del agua para consumo humano.

Actualmente, la disponibilidad, acceso y calidad del recurso hídrico está condicionada, en gran medida, por los efectos que el cambio climático ha generado en todo el territorio nacional, sin excepción, pero en particular en aquellas comunidades con mayor vulnerabilidad, producto de la desatención gubernamental, o bien, por condiciones naturales e históricas que han acelerado este proceso.

En la Región de Occidente los niveles de vulnerabilidad se han incrementado, debido al crecimiento de la mancha urbana y al dinamismo de los procesos de conurbación, legitimados por la ausencia de planes reguladores, los cuales, son indispensables para el ordenamiento territorial y para desarrollar procesos de

zonificación agroecológica, que respondan a las necesidades y especificidades de la Región.

Ante este escenario, es recomendable promover acciones tendientes a minimizar los efectos del cambio climático y en particular su impacto en la disponibilidad y calidad del recurso hídrico. En este sentido, se podría desarrollar proyectos tendientes a promover la diversificación de la producción agrícola, junto a procesos de investigación y extensionismo, a raíz de que el sector agrícola es uno de los más vulnerables a los cambios en los patrones de precipitación que se han registrado en los últimos años, generando gran inestabilidad y crisis en los productores.

Es necesario interconectar los sistemas de agua y con ello mantener el abastecimiento del líquido a la población, especialmente en situaciones complejas y de emergencia, por ejemplo, inundaciones. Esta interconexión implica importantes inversiones, y ante todo, voluntad política por parte de los entes y autoridades involucradas en los procesos de toma de decisiones.

Además de lo expresado en el párrafo precedente, se requiere aumentar la cantidad de fuentes de agua; así como la capacidad de almacenamiento. La oferta de agua varía frecuentemente, el régimen de precipitaciones es muy cambiante, de ahí que el almacenamiento se convierte en una acción preventiva, no en una solución.

Estas medidas, que se han sugerido, son válidas y pueden mitigar la vulnerabilidad en materia de disponibilidad del recurso hídrico; sin embargo, es medular que la ciudadanía asuma un mayor compromiso y responsabilidad con el ambiente, es vital

reducir la contaminación de las fuentes de agua y para ello, deben darse mejoras sustantivas en los sistemas de alcantarillado sanitario y promover el adecuado tratamiento de las aguas residuales, tanto domésticas como industriales.

Otra acción consiste en fortalecer la protección de los recursos forestales, mediante el pago por servicios ambientales a propietarios de tierras privadas. Esta iniciativa contribuye a mantener los bosques y además aumenta la infiltración de agua, reduciendo la vulnerabilidad.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, E., Quesada, R. y Rodríguez, H. (2010). *Análisis desde la perspectiva de la salud ambiental de los riesgos potenciales de contaminación en la zona de recarga del sistema de acueducto de la localidad de Plancillo de Atenas*. Tesis Grado de Licenciatura en Salud Ambiental. Universidad de Costa Rica.
- Angulo, F. (2015). *Gestión del recurso hídrico y saneamiento en Costa Rica*. Vigésimoprimer Informe Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible. Programa Estado de la Nación.
- Angulo, A., Soto, J., Flores, Y., y Juárez, X. (2017). *Estudio de percepción social del Proyecto Mejoras al Sistema de Abastecimiento de Atenas*. San José, Costa Rica: AyA. Unidad de Gestión Social y Participación Ciudadana.
- Arias, Mario. (2012). *Estudio hidrogeológico en el cantón de Atenas, provincia de Alajuela, Costa Rica*. (N° 830-B1-404). Centro de Investigaciones en Ciencias Geológicas. Universidad de Costa Rica
- _____. (2015a). *Estudio Hidrogeológico del cantón de Naranjo, provincia de Alajuela, Costa Rica*. (N° 830-B2-403). Centro de Investigaciones en Ciencias Geológicas. Universidad de Costa Rica
- _____. (2015b). *Estudio Hidrogeológico del cantón de Palmares, provincia de Alajuela, Costa Rica*. (N° 830-B2-406). Centro de Investigaciones en Ciencias Geológicas. Universidad de Costa Rica

- Asociación Administradora del Acueducto Comunal de Concepción de Naranjo. (2009). *Memoria histórica del acueducto de Concepción de Naranjo*. Alajuela, Costa Rica.
- Asociación Mundial para el Agua (GWP). *Situación de los Recursos Hídricos en Centroamérica*. Obtenido en Junio 2018, de: https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-cam_files/srh_costarica_2016.pdf
- Astorga, Y. (2008). *Situación del Recurso Hídrico*. Decimocuarto Informe Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible. Programa estado de la Nación.
- Badilla, M. y Solórzano, W. (2010). *De Territorio a Región. Bases estructurales para la creación de las regiones Occidente y Norte de Costa Rica (1821- 1955)*. San José, Costa Rica: Sociedad Editora Alquimia 2000.
- Badilla, M. y Solórzano, W. (editores). (2017). *Memoria del Foro Interinstitucional sobre el Recurso Hídrico en la Región de Occidente*. San José, Costa Rica: Editorial de Universidad de Costa Rica.
- Consultores Centroamericanos en Ingeniería. (2005). *Estudio de la situación y propuestas de mejoras para el abastecimiento de agua potable en las zonas de San Ramón y Palmares*. San José: AyA.
- CGR. (2002). *Auditoría Operativa sobre el Uso, Manejo y Explotación del Recurso Hídrico en Términos de Cantidad*. División de fiscalización operativa y evaluativa. Áreas de servicios

agropecuarios y de medio ambiente y de servicios públicos remunerados. Informe DFOE-AM-4 1/2002

Echeverría, J. y Cantillo, B. (junio 2013). Instrumentos económicos para la gestión del agua. *Revista de Ciencias Ambientales*, No. 45, 13-22. Universidad Nacional. Costa Rica.

FAO. (2002). Agua y cultivos. Logrando el uso óptimo del agua en la agricultura. Roma.

Geotécnica. (1998). *Estudio de alcantarillado sanitario en ciudades intermedias: Sarchí Norte*. San José, Costa Rica.

Gidahatari. (junio 2018). Métodos de determinación de la vulnerabilidad en acuíferos. Recuperado en junio 2018, de: https://www.google.com/search?source=hp&ei=Kvo3W5yiN3A5gL4o4CoBQ&q=metodologia+GOD&oq=metodologia+GOD&gs_l=psyab.3..0j0i22i30k1l9.2566.7156.0.8383.17.16.0.0.0.187.178.2.0j15.16.0..2..0...1..64.psyab..1.16.1931.6..35i39k1j0i-131k1j0i10k1.151.2n9R4GOt0_U

Foster, Stephen; Hirata, Ricardo y otros. (2003). *Protección de la Calidad del Agua Subterránea: guía para empresas de agua, autoridades municipales y agencias ambientales*. Madrid, Primera edición en Español, Ediciones Mundi-Prensa. Julio 2003, 115 p.

Hidrogeotecnia. (2015). *Estudio integral del recurso hídrico subterráneo de la parte de la parte alta de la Cuenca del Río Barranca y la subcuenca del Río La Paz, Alajuela*. San José, Costa Rica: AyA.

Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. Departamento de Optimización de Sistemas. (2002). *Estimación de los requerimientos de agua potable e infraestructura para el acueducto de San Ramón (Alajuela)*. San José, Costa Rica: AyA.

Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados; Laboratorio Nacional de Aguas. *Informe anual (AyA 2013): control de la calidad del agua para consumo humano en los acueductos operados por AyA*. Publicado en Junio- 2014. Documento Digital. pp. 170.

Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados; Laboratorio Nacional de Aguas. *Anexo informe anual (AyA 2013): control de la calidad del agua para consumo humano en los acueductos operados por AyA*. Publicado en Mayo- 2014. Documento Digital. pp. 1135.

Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados; Laboratorio Nacional de Aguas. *Informe anual (munic. ESPH- 2013): vigilancia de la calidad del agua para consumo humano en los acueductos operados por las municipalidades y la ESPH*. Publicado en Julio- 2014. Documento Digital. pp. 95.

Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados; Laboratorio Nacional de Aguas. *Anexo informe anual (munic. ESPH- 2013): vigilancia de la calidad del agua para consumo humano en los acueductos operados por las municipalidades y la ESPH*. Publicado en Junio- 2014. Documento Digital. pp. 465.

Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados; Laboratorio Nacional de Aguas. *Informe anual (CAAR's 2011-2013): programa de vigilancia de la calidad del agua para consumo humano suministrada en los acueductos rurales operados por comités administradores o asociaciones*. Publicado en Agosto- 2014. Documento Digital. pp. 212.

Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados; Laboratorio Nacional de Aguas. *Anexo informe anual (CAAR's 2011-2013): vigilancia de la calidad del agua para consumo humano en los acueductos operados por comités administradores y asociaciones*. Publicado en Junio- 2014. Documento Digital. pp. 1476.

Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. Subgerencia de Ambiente, Investigación y Desarrollo. Unidad de Gestión Ambiental del Recurso Hídrico. Dirección de Cuencas Hidrográficas. (2009). *Resultados del proyecto georeferenciación de aprovechamientos administrados por los entes operadores de sistemas delegados, 2a. fase Región Pacífico Central: cantón de Naranjo*. Costa Rica: AyA.

Instituto de Fomento y Asesoría Municipal, Ministerio de Recursos Naturales, Energía y Minas. (1992). *Protección de cuencas hidrográficas. Diagnóstico: Municipalidad de Grecia*. San José, Costa Rica

Instituto Geográfico Nacional (IGN). Hojas Topográficas: Fortuna, Juntas, Miramar, Naranjo, Quesada, Río Grande, San Lorenzo y Tilarán. Escala 1:50 000.

- Ley 276. Ley de Aguas. Diario Oficial La Gaceta. San José, Costa Rica, 27 de agosto de 1942.
- Ley 7575. Ley Forestal. Diario Oficial La Gaceta. San José, Costa Rica, 16 de abril de 1996.
- Mayorga, A. (1984). *Evaluación del funcionamiento y de la capacidad de la red de distribución de agua potable de San Ramón*. (Proyecto de Graduación Licenciatura en Ingeniería Civil). Universidad de Costa Rica. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Civil.
- MINAE (2017). *Informe Estado del Ambiente Costa Rica*. Informe desarrollado con el apoyo del Observatorio del Desarrollo de la Universidad de Costa Rica, con el soporte del PNUD y la Agencia de Cooperación Española.
- Mora, I. (2000). *Informe estudio de optimización de sistemas: acueducto Palmares, Alajuela*. San José, Costa Rica: AyA.
- Quesada, M. y Peter R. Waylen (2012). Diferencias hidrológicas anuales y estacionales en regiones adyacentes en las subcuencas de los ríos Virilla y Grande de San Ramón, Costa Rica. En: *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, volumen 21, número 2.
- Quirós, J. (Jul.-Dic, 2009). Aplicación del índice biológico BMWP'-CR en tres estaciones de muestreo de los Ríos Barranca y la Paz, Costa Rica. Costa Rica: AyA. En Revista *Hidrogénesis* (R 020) Vol.7, núm.2

Ramírez, G. (1993). *Diagnóstico y evaluación de la situación ambiental actual del área de recarga de las fuentes del Bajo Barrantes en Piedades Sur. San Ramón - Provincia de Alajuela*: sistema de abastecimiento de agua potable para los centros urbanos de San Ramón y Palmares de la provincia de Alajuela. San José, Costa Rica: AyA.

Segura, Olman. (2002). Agenda ambiental del agua en Costa Rica. En: *Revista Geográfica de América Central*. N° 40. I y II Semestres 2002. Pp. 39-49.

UNESCO. (2007). *Balance hídrico superficial de Costa Rica. Periodo: 1970-2002*. Documentos Técnicos del PHI-LAC, N° 10.

Valverde, Ricardo. (2010). *La problemática del agua en Costa Rica*. San José, Costa Rica: EUCR.

Valverde, Ricardo. (junio 2013). Disponibilidad, distribución, calidad y perspectivas del agua en Costa Rica. *Revista de Ciencias Ambientales*. No. 45, 5-12. Universidad Nacional, Costa Rica.

Vargas-Barrantes, Élide; Marín-Alfaro, Anyerline. (2016). Costa Rica demanda una gestión integral del recurso hídrico: escenario latinoamericano y la realidad país. *InterSedes: Revista de las Sedes Regionales*, vol. XVII, núm. 35, pp. 1-18 Universidad de Costa Rica. ISSN: 2215-2458. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=66646380005>

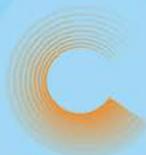
Viales, Ronny. (2010). La región como construcción social, espacial, política, histórica y subjetiva. Hacia un modelo conceptual/relacional de historia regional en América Latina. En *Geopolítica(s)*. Vol. 1, núm. 1, 152- 172.





UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA

SO Sede de
Occidente



CIDICER

Centro de Investigaciones
sobre Diversidad Cultural
y Estudios Regionales

ISBN: 978-9930-578-01-8



9 789930 578018