



## GESTIÓN SUSTENTABLE DE RECURSOS HÍDRICOS

**Estimación del uso consuntivo de los productos agrícolas en Santa Cecilia, Guanacaste, Costa Rica.**

*Estimation of the consumptive use of agricultural products in Santa Cecilia, Guanacaste, Costa Rica.*

*Estimativa do uso consuntivo de produtos agrícolas em Santa Cecília, Guanacaste, Costa Rica.*

**Heriberto Ruíz Aguilar, Ronald Sánchez Brenes, Esteban Arboleada Julio**

Universidad Nacional, Costa Rica

[heriberto.ruiz.aguilar@est.una.ac.cr](mailto:heriberto.ruiz.aguilar@est.una.ac.cr)

Artículo científico

Enviado: 17/10/2025

Aprobado: 9/5/2026

Publicado: 12/5/2026

### RESUMEN

El presente estudio determinó el uso consuntivo de agua en los principales cultivos agrícolas para la gestión eficiente del recurso hídrico en el distrito de Santa Cecilia, cantón de La Cruz, Guanacaste. Se planteó la problemática del incremento en la demanda de agua para la agricultura, la presión ejercida por la variabilidad climática y la necesidad de fortalecer prácticas sostenibles de riego. La metodología combinó un enfoque mixto, con análisis de datos meteorológicos, revisión bibliográfica y entrevistas semiestructuradas a 165 productores agrícolas. Se calcularon las demandas hídricas a partir de coeficientes de cultivo y la evapotranspiración de referencia de la zona. Los resultados mostraron que el frijol (*Phaseolus vulgaris* (L)), maíz (*Zea mays* (L)) y tiquisque (*Xanthosoma sagittifolium* (L)) son los cultivos de mayor extensión y consumo de agua, mientras que el arroz (*Oryza sativa*), aunque más demandante por hectárea, se cultiva en menor escala. El análisis comparativo evidenció que el riego por goteo y microaspersión son los sistemas más eficientes. Se concluye que la sostenibilidad agrícola en Santa Cecilia requiere adoptar tecnologías de riego eficientes, seleccionar cultivos estratégicos y planificar con base en la disponibilidad hídrica y la adaptación al cambio climático.

**Palabras clave:** agricultura, demanda, eficiencia hídrica, sistemas agrícolas.

### ABSTRACT

This study determined the consumptive water use of the main agricultural crops for efficient water resource management in the district of Santa Cecilia, canton of La Cruz, Guanacaste. The issue of increasing water demand for agriculture, the pressure exerted by climate variability, and the need to strengthen sustainable irrigation practices were raised. The methodology combined a mixed approach with meteorological data analysis, a literature review, and semi-structured interviews with 165 agricultural producers. Water demands were calculated using crop coefficients and the area's reference evapotranspiration. The results showed that beans (*Phaseolus vulgaris* (L)), corn (*Zea mays* (L)) and squid (*Xanthosoma sagittifolium* (L)) are the crops with the greatest area and water consumption, while rice (*Oryza sativa*), although more demanding per hectare, is grown on a smaller scale. The comparative analysis showed that drip and micro-sprinkler irrigation are the most efficient systems. It is concluded that agricultural sustainability in Santa Cecilia requires the adoption of efficient irrigation technologies, strategic crop selection, and planning based on water availability and adaptation to climate change.

**Keywords:** agriculture, agricultural systems, demand, efficiency water.

## RESUMO

Este estudo determinou o uso consuntivo de água das principais culturas agrícolas para um gerenciamento eficiente dos recursos hídricos no distrito de Santa Cecília, cantão de La Cruz, Guanacaste. A questão do aumento da demanda hídrica para a agricultura, a pressão exercida pela variabilidade climática e a necessidade de fortalecer práticas sustentáveis de irrigação foram levantadas. A metodologia combinou uma abordagem mista com análise de dados meteorológicos, revisão bibliográfica e entrevistas semiestructuradas com 165 produtores agrícolas. As demandas hídricas foram calculadas usando coeficientes de cultura e a evapotranspiração de referência da área. Os resultados mostraram que feijão (*Phaseolus vulgaris* (L)), milho (*Zea mays* (L)) e lula (*Xanthosoma sagittifolium* (L)) são as culturas com maior área e consumo de água, enquanto o arroz (*Oryza sativa*), embora mais exigente por hectare, é cultivado em menor escala. A análise comparativa mostrou que a irrigação por gotejamento e por microaspersão são os sistemas mais eficientes. Conclui-se que a sustentabilidade agrícola em Santa Cecília requer a adoção de tecnologias de irrigação eficientes, seleção estratégica de culturas e planejamento com base na disponibilidade hídrica e adaptação às mudanças climáticas.

**Palavras-chave:** agricultura, demanda, eficiência hídrica, sistemas agrícolas.

## INTRODUCCIÓN

El uso del agua ha aumentado a nivel global, impulsado por una combinación de crecimiento poblacional, desarrollo socioeconómico y cambios en los patrones de consumo (Loures *et al.*, 2024). Por lo cual, actualmente se vive una competencia intensa entre los diferentes sectores de usuarios por lo que cada vez son más escasos los recursos hídricos disponibles causando estrés hídrico en las cuencas hidrográficas y el agua que contienen no sea suficiente para atender todas las demandas (Paz *et al.*, 2012).

En el caso de la agricultura es la actividad que demanda el mayor consumo de agua, siendo responsable del 72% de todas las captaciones de aguas superficiales y subterráneas a nivel mundial (Loures *et al.*, 2024). La gestión del agua es fundamental para la estabilidad de la producción mundial de alimentos, para garantizar un acceso fiable que incrementa la producción agrícola y ofrezca un suministro estable de numerosos productos agrícolas (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), 2011). Por esta razón, es necesario analizar las alternativas para incrementar la eficiencia y productividad en el uso del agua, así como conocer la respuesta del rendimiento de los cultivos al agua (FAO, 2012).

La amenaza del cambio climático global ha causado preocupación entre los científicos, ya que, variables climáticas claves para el crecimiento de los cultivos como precipitación y temperatura, están alteradas e impactarán en la producción agrícola (Jácome, 2023). Aunque los efectos de las variaciones en el clima sobre la producción de cultivos se presentan ampliamente de una región a otra, se espera que los cambios tengan grandes efectos, principalmente en zonas tropicales de países en desarrollo con regímenes de precipitación que se encuentran entre semiárido y húmedo (González, 2016).

Costa Rica cuenta con una densa red hídrica distribuida en dos vertientes, la del Caribe y la del Pacífico, en donde el recurso hídrico se encuentra sometido a una creciente demanda (Valverde, 2010). Además, donde los eventos de sequía y la variabilidad climática afectan la producción agropecuaria e hídrica. Estos eventos se generan a raíz de niveles de precipitación inferiores a lo normal y que, cuando se prolonga, hace que las precipitaciones no sean suficientes para satisfacer

las demandas de la sociedad y del medio ambiente (Rodríguez, 2018). Esto genera que se imposibilite cumplir con la demanda de agua para producción agrícola y por ende disminución.

Guanacaste provincia de Costa Rica, ha tenido un aumento en el desarrollo de la agricultura, acompañado por del crecimiento en su población y el auge turístico (O'neal, 2017). Adjunto al aumento del sector agrícola se encuentra que esta zona de Costa Rica es la que más se afectada por sequias por largos periodos (Escobar y Viales, 2024).

En el cantón de La Cruz, Guanacaste, específicamente en el distrito de Santa Cecilia, la agricultura constituye una actividad económica fundamental, a la cual se dedica la mayoría de la población (Instituto de Desarrollo Rural [INDER], 2021). En donde, gran parte de la superficie cantonal tiene aptitud para usarse con cultivos anuales o permanentes, sin embargo, debido a algunos factores limitantes obliga a una selección cuidadosa de los cultivos y/o ejecución de prácticas especiales de conservación de los recursos naturales (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2021).

Por lo tanto, en la agricultura es necesario el tener en cuenta el uso sustentable del recurso suelo y agua, en donde el recurso hídrico es deficitario por lo que es imperativo su uso racional en las prácticas del riego aplicando la cantidad necesaria y en el tiempo oportuno (Villanueva *et al.*, 2017). El manejar y optimizar adecuadamente los sistemas de riego en la producción agrícola incrementan la productividad y la rentabilidad, y se favorecen las relaciones ambientales (Radulovich, 2006).

Conocer la cantidad necesaria de agua para la aplicación del riego implica determinar la demanda o requerimiento hídrico del cultivo (Villanueva *et al.*, 2017). Así también, el conocimiento de la disponibilidad hídrica es esencial para ayudar en el uso racional de los recursos hídricos, contribuyendo a la toma de decisiones enfocadas en una planificación hídrica eficiente y sostenible (Loures *et al.*, 2024). Es por eso por lo que esta investigación tuvo como objetivo determinar el uso consuntivo de agua en los principales cultivos agrícolas para la gestión eficiente del recurso hídrico en el distrito de Santa Cecilia, cantón de La Cruz, Guanacaste.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

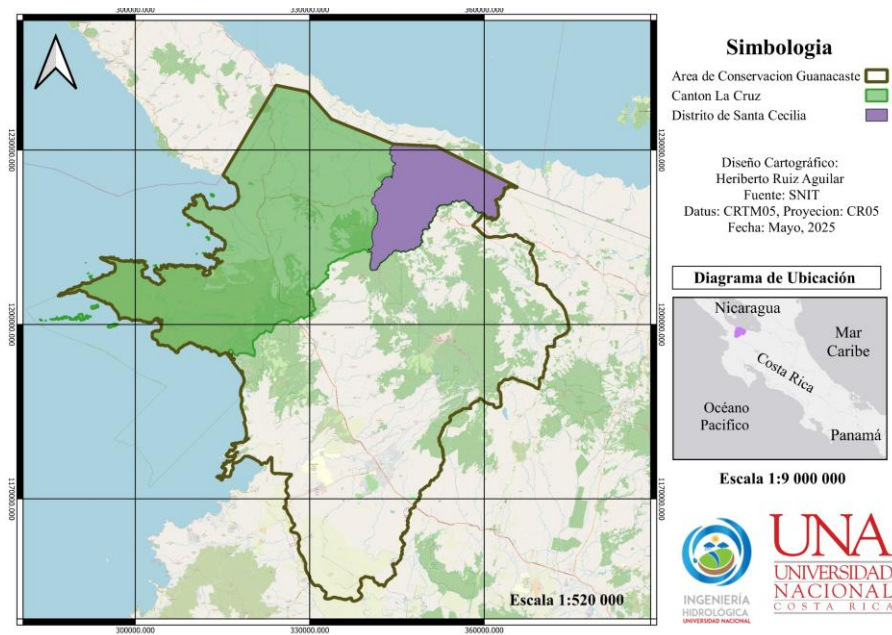
### **Descripción del área de estudio**

El estudio se realizó en la localidad de Santa Cecilia, distrito del cantón de La Cruz, en la provincia de Guanacaste, Costa Rica. Esta región forma parte de la Región Chorotega y se caracteriza por un clima tropical estacional, con una marcada estación seca que puede prolongarse de noviembre a mayo. En donde, la agricultura en esta zona se encuentra entre las principales actividades económicas de subsistencia y comercialización.

De acuerdo con el Ministerio de Agricultura y Ganadería (2021), el cantón de La Cruz cuenta con los dos regímenes climáticos del país, los cuales son estación seca y lluviosa. El distrito de Santa Cecilia es la cabecera del cantón de La Cruz, se sitúa al sur del límite internacional con Nicaragua a 337 m s.n.m, en donde su régimen climático se encuentra en una zona de transición entre la Vertiente del Pacífico y la Vertiente del Caribe (Bolaños *et al.*, 2023).

Asimismo, Santa Cecilia tiene promedios de precipitación anual exceden los 2500 mm, alcanzando extremos de hasta 4000 mm. En donde la distribución de la lluvia es más regular, solo los meses de marzo y abril se pueden considerar como secos puesto que el promedio de lluvia está por debajo de los 50 mm y los meses más lluviosos son julio y octubre, con promedios que exceden los 350 mm. El tipo de suelo es ultisol característicos por ser arcillosos. La temperatura es alta y constante durante todo el año, el promedio anual es de 25,8°C (MAG, 2021) (*figura 1*).

**Figura 1. Distrito Santa Cecilia, cantón La Cruz, Área de conservación Guanacaste.**



**Fuente:** Elaborada por los autores.

### Tipo y enfoque de investigación

En la presente investigación se adoptó un enfoque mixto, debido a que se abarcan tanto métodos cuantitativos como cualitativos. Según Hernández *et al.* (2014), la investigación cuantitativa considera que el conocimiento debe ser objetivo a través de la medicación numérica y el análisis estadístico inferencial. La cualitativa suele partir de una pregunta de investigación. Este enfoque busca explorar la complejidad de factores que rodean a un fenómeno y la variedad de perspectivas y significados que tiene para los implicados

En el caso del enfoque cuantitativo, se buscó cuantificar el uso consuntivo del agua por parte de los principales cultivos agrícolas en Santa Cecilia, Guanacaste. Por otro lado, se adoptó un enfoque cualitativo dado que se buscó la recolección de información de relevancia para la investigación: tipos de riego, tipos de cultivos y áreas de cultivación. En función de proponer alternativas que favorezcan el cultivo de alimentos durante los periodos de sequía, y al mismo que promueva un uso racional de los recursos disponibles. La metodología se dividió en seis fases que se describen enseguida:

### Creación de línea base de información

Se recopiló información bibliográfica en diferentes fuentes de información para la creación de una línea base. Se utilizó Google académico, SciELO, Dialnet, Reseachgate, FOA-Biblioteca Agrícola Mundial (AGRIS), repositorios universitarios. El periodo de búsqueda abarcó de 2014 hasta 2024 para el desarrollo del tema, en búsqueda de la obtención de datos como el coeficiente de Kc para cada tipo de cultivos involucrados en el presente estudio, característica del suelo y métodos de balance hídrico para usos consultivos.

### Identificación de datos meteorológicos

La información meteorológica se obtuvo mediante la solicitud por escrito al Instituto Meteorológico Nacional de datos meteorológicos de Costa Rica, los parámetros solicitados son las precipitaciones y temperaturas mensuales en un periodo de datos históricos de 10 años (2014 – 2024). La base de datos solicitada son los registrados por la estación meteorológica N°69735, ubicada en el distrito de

Santa Cecilia. Así como, información histórica de estudios anteriormente realizado de igual en la zona de estudio o en las cercanías.

### **Entrevistas semiestructuradas a productores**

Se elaboró una encuesta digital mediante la herramienta Kobo Tool Box (igual manera se manejó un machote en físico por inconvenientes), la cual fue aplicada a los pequeños productores del distrito de Santa Cecilia. Con el fin de conocer las actividades agrícolas a la cuales se dedican, las entrevistas semiestructuradas se realizaron en el año 2024.

- **Recolección de datos, tipo y tamaño de muestra:** las encuestas fueron de carácter no probabilística, con un muestro intencional a conveniencia, que se realizaron a la población de pequeños y medianos productores agrícolas, mediante un recorrido por la zona de estudio. Se encuestaron un total de 168 agricultores.
- **Diseño de la encuesta:** la herramienta utilizada constó de las siguientes secciones:
  - Sección A:** se recolectó información general de los productores del distrito de Santa Cecilia: nombre completo, actividad socioeconómica a la que se dedican, ubicación de las fincas, terrenos propios o de alquiler y la toma del punto por GPS.
  - Sección B:** en esta sección se consultó por variables clave como: productos agrícolas que producen, así como, la extensión total cultivada.
- **Análisis y sistematización de la información:** el proceso de análisis y sistematización de la información se hizo mediante la estadística descriptiva, con el programa Excel, donde se elaboraron gráficos de barras y tablas. En las cuales se digitalizaron los datos obtenidos de las encuestas realizadas a los productores de Santa Cecilia.

### **Georreferencia de la distribución de las fincas agrícolas**

Para la identificación de las fincas agrícolas del distrito, se llevó a cabo un proceso metodológico basado en la recopilación de información geográfica mediante receptores GPS modelo Garmin Map 67s durante las visitas de campo. Se registraron los puntos de localización de cada finca vinculando cada coordenada con el nombre del productor y los datos obtenidos en las entrevistas. Lo cual permitió establecer una base espacial de las unidades productivas existentes en el territorio. Posteriormente, se solicitó a la Municipalidad de La Cruz el mapa catastral de fincas del cantón, y con el software Qgis se procedió a hacer una correlación de los puntos geográficos de los encuestados con el mapa catastral.

### **Balance hídrico de los usos consuntivos de los cultivos**

Se realizó el cálculo de los usos consultivos de los cultivos de la zona agrícola, según la redacción del documento del Ministerio de Ambiente y Energía [MINAE] (2021) que lleva por nombre Manual Técnico de Dotaciones de Agua. El cual mencionan las ecuaciones necesarias para el cálculo, como evapotranspiración de referencia, evapotranspiración del cultivo, módulo de riego y caudal de riego.

- **Evapotranspiración de referencia:** La evapotranspiración de referencia consistió en el consumo diario de agua de una planta y corresponde al proceso combinado del agua perdida por evaporación directa desde la superficie del suelo y la absorbida por las raíces de la planta (Bustamante, 2023). Por lo cual, posteriormente se pierde casi en su totalidad por la transpiración a través de la superficie de las hojas, en donde, evapotranspiración es afectada por factores del suelo, planta y clima.

$$Eto = (0.0023 * (Tmed + 17.8) * (Tmax - Tmin) 0.5 * Ra)$$

Ecuación 3.1 (MINAE, 2021)

Donde:

Eto: Evapotranspiración de referencia (mm/día).

Tmed: Temperatura media del aire (°C).

Tmax: Temperatura máxima del aire (°C).

Ra: Radiación extraterrestre (mm/día).

- **Evapotranspiración del cultivo:** la evapotranspiración del cultivo es la que se presenta en el crecimiento y desarrollo de este sin restricciones hídricas, en condiciones óptimas de crecimiento con un borde ampliado para evitar una advección de calor sensible proveniente de áreas adyacentes. Como es el resultado del producto de la evapotranspiración de referencia y el coeficiente del cultivo, es una estimación de un consumo de agua (Chavarría *et al.*, 2023).

$$Etc = KC * Eto$$

Ecuación 3.2 (MINAE, 2021)

Donde:

Etc.: Evapotranspiración del cultivo (mm/día).

Kc: Coeficiente de Cultivo (adimensional).

Eto: Evapotranspiración de referencia (mm/día).

- **Módulo de riego:** un módulo de riego, en términos de eficiencia, se refiere a un sistema de riego diseñado y gestionado para optimizar el uso del agua, minimizar las pérdidas y maximizar la productividad de los cultivos. Estos módulos pueden variar en diseño y tecnología, pero todos tienen en común el objetivo de aplicar agua de manera precisa y eficiente (Palerm, 2020).

$$MR = Etc Ef * 0,116$$

Ecuación 3.3 (MINAE, 2021)

Donde:

Mr: Módulo de Riego (l/s/ha).

Etc: Evapotranspiración del Cultivo (mm/día).

Ef: Eficiencia del sistema de Riego (% en decimal).

0,116: Factor de conversión de unidades

- **Caudal de riego:** consiste a la cantidad de agua que se usa para regar un área determinada en un período de tiempo. Se mide en unidades como litros por minuto (l/min) o metros cúbicos por hora (m<sup>3</sup>/h), y se usa para calcular la cantidad de agua necesaria y el tiempo de riego (Carrión y La Mattina, 2015).

$$Q = Mr * A$$

Ecuación 3.4 (MINAE, 2021)

Donde:

Q: Caudal de riego (l/s).

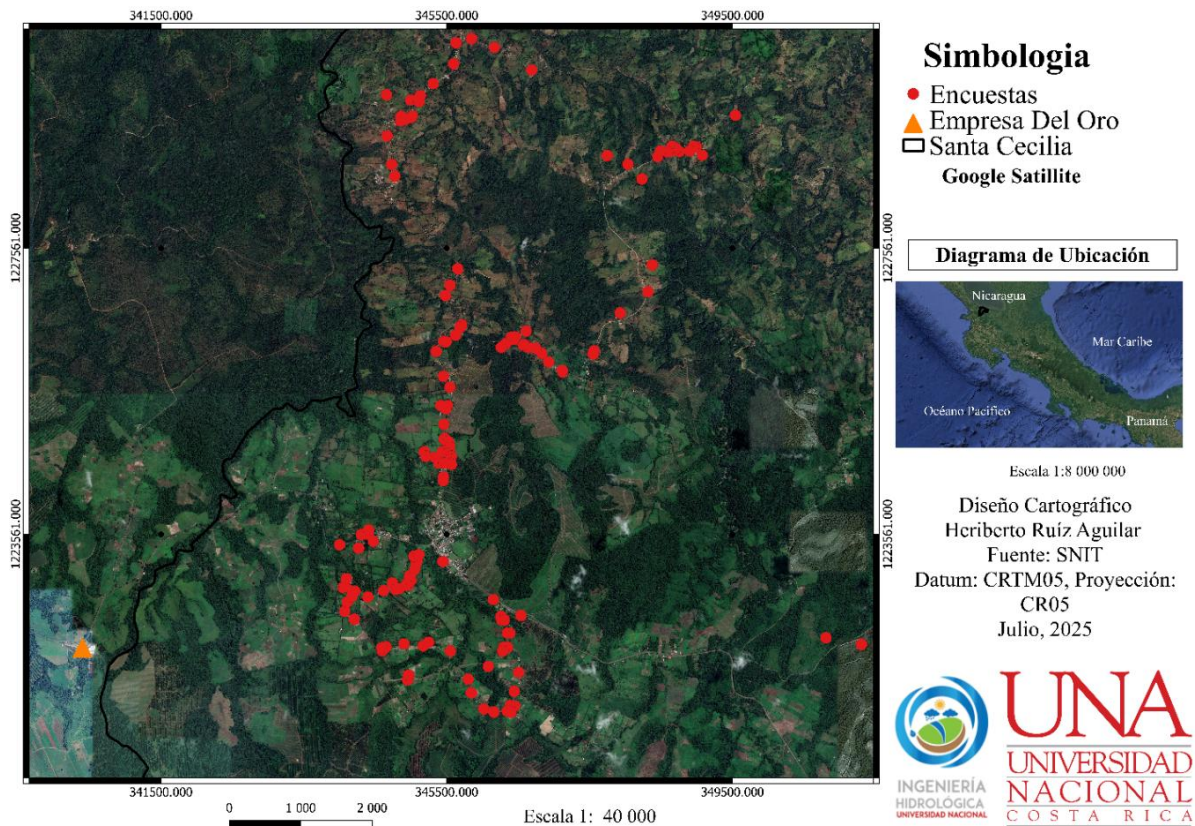
Mr: Módulo de riego (l/s/ha).

A: Área de cultivo regada por día (ha).

## RESULTADOS

Se identificaron un total de 168 productores en Santa Cecilia, por medio de un recorrido en el poblado. La mayoría de los agricultores se ubicaron en la zona noroeste del distrito. La ubicación de la empresa Del Oro se encuentra marcada en el mapa con una representación de un triángulo naranja, esta empresa representó uno de los principales actores agroindustriales de la zona, cuya cercanía a los pequeños productores podría influir en las dinámicas agrícolas locales (figura 2).

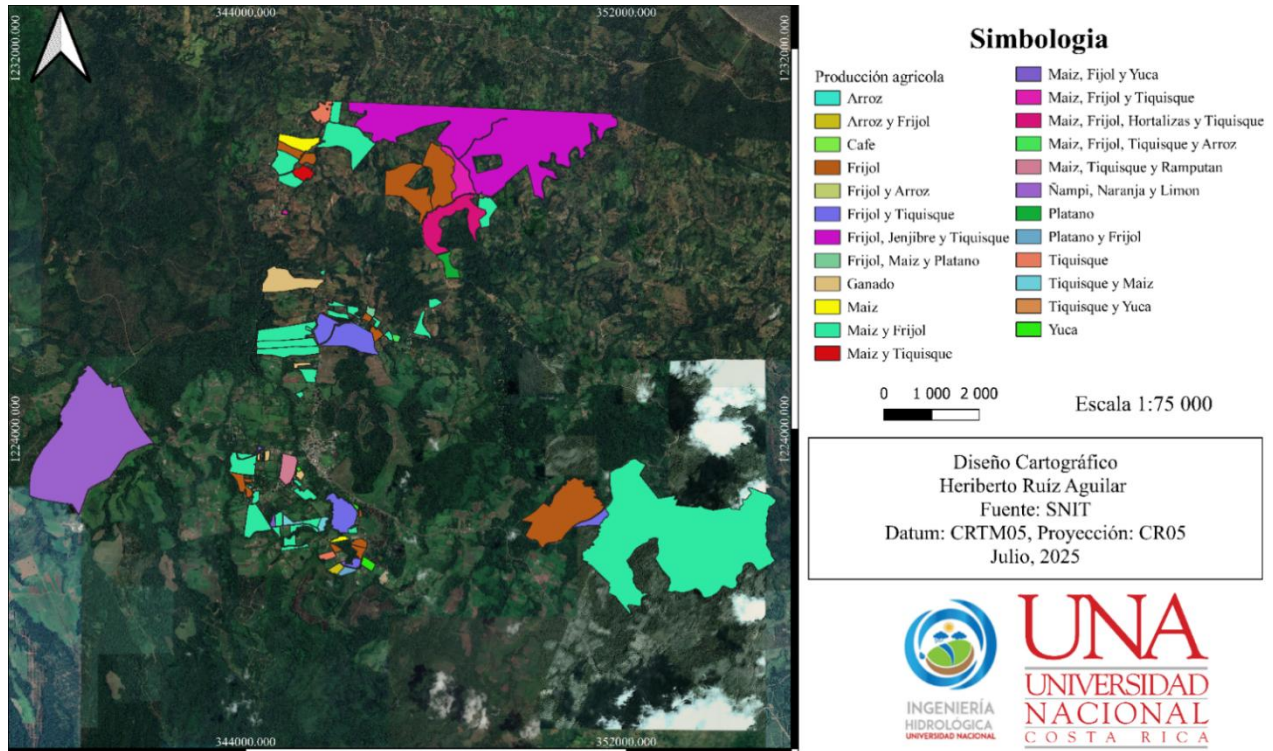
**Figura 2.** Distribución espacial de los productores del Distrito Santa Cecilia.



**Fuente:** Elaborada por los autores.

En las encuestas realizadas se identificó la producción agrícola de cada productor de la zona; en la mayoría de los casos se encuentra que tiene un cultivo principal a la que dedican sus de terrenos. Así como otras actividades complementarias y/o producción secundaria (figura 3). Las actividades agrícolas más comunes fueron frijol, maíz y tiquisque, así como la combinación de estas. Mientras que la producción de naranjas y limones es menor debido a la presencia de la empresa Del Oro, la cual se encarga de la producción de cítricos en la zona.

**Figura 3.** Clasificación de los productos según actividad agrícola del distrito Santa Cecilia.



Fuente: Elaborada por los autores.

La producción de la zona se observó una predominancia, del cultivo de frijol, que representó el 48,8 % del total del área cultivada (205.45 ha). Este cultivo se consolida como el principal producto agrícola de la zona. En segundo lugar, se encontró el maíz con 22,4%, que históricamente ha complementado la producción de frijol como parte del sistema agrícola tradicional de rotación de granos básicos en Guanacaste. Asimismo, otros cultivos presentes fueron jengibre, rambután, yuca, plátano con una producción media, así como productos agrícolas con menor producción (tabla 1).

**Tabla 1.** Extensión porcentual de los productos agrícolas.

Cultivo	Nombre científico	Extensión Total (ha)	Porcentaje
Frijol	<i>Phaseolus vulgaris</i> (L).	205.45	48.8
Maíz	<i>Zea mays</i> (L).	94.2	22.4
Tiquisque	<i>Xanthosoma sagittifolium</i> (L)	75.01	17.8
Jengibre	<i>Zingiber officinale</i> (Roscoe)	12	2.9
Rambután	<i>Nephelium lappaceum</i> (L)	12	2.9
Yuca	<i>Manihot esculenta</i> (Crantz)	8.6	2.0
Plátano	<i>Musa sp</i>	4.4	1.0
Café	<i>Coffea arabica</i> (L).	3	0.7
Arroz	<i>Oryza sativa</i> (L)	2	0.5

Ñampí	<i>Colocasia esculenta (L)</i>	2	0.5
Naranja	<i>Citrus sinensis (L)</i>	1.5	0.4
Limonos	<i>Citrus limón (L)</i>	0.5	0.1
Aguacate	<i>Persea americana (Mill).</i>	0.1	0.0
Cacao	<i>Theobroma cacao (L)</i>	0.1	0.0
<b>Total de área</b>		<b>420.86</b>	<b>100.0</b>

**Fuente:** Elaborada por los autores.

Asimismo, se presentaron los valores de los coeficientes de cultivo (Kc) correspondientes a las especies analizadas, obtenidos a partir del Manual de Dotaciones de Aguas de Costa Rica. Estos coeficientes reflejaron las necesidades hídricas de cada cultivo, en donde las de mayor demanda es el arroz con 1.2 Kc medio; seguido por el frijol y el maíz, ambos con 1.15 Kc medio. Asimismo, la evapotranspiración de referencia (Eto), con un valor de 2.28 mm/día, calculada para las condiciones climáticas del Distrito de Santa Cecilia de La Cruz (tabla 2).

**Tabla 2.** Valores de coeficientes de Kc para los cultivos estudiados.

Cultivo	Kc medio	Evapotranspiración de referencia
Arroz	1.2	
Frijol	1.15	
Maíz	1.15	
Plátano	1.1	
Café	1.1	
Yuca	1.1	
Cacao	1.05	
Jengibre	0.95	
Aguacate	0.85	
Limonos	0.85	2.28 mm/día
Naranja	0.85	
Rambután	0.75	
Ñampí	0.7	
Tiquisque	0.7	

**Fuente:** Elaborada por los autores.

El cultivo de frijol presentó la mayor demanda hídrica del distrito, con un consumo anual de 5 066.29 m<sup>3</sup>, donde se necesita 13.88 m<sup>3</sup>/día debido a su amplia extensión. Le siguieron el maíz con 3 556.77 m<sup>3</sup>/año (9.74 m<sup>3</sup>/día) y el tiquisque con 3 396.39 m<sup>3</sup>/año (9.31 m<sup>3</sup>/día), ambos, también, de gran relevancia agrícola. En niveles intermedios se ubicaron el jengibre, yuca y rambután, cuyos consumos rondan entre 949.50 y 749.60 m<sup>3</sup>/año. Además, productos como ñampí, cítricos, cacao y aguacate muestran las menores necesidades de agua, con valores inferiores a 120 m<sup>3</sup>/año, lo que evidenció una marcada variabilidad en las exigencias hídricas según el tipo de cultivo y su extensión en el distrito (tabla 3).

**Tabla 3.** Necesidad hídrica de los cultivos del distrito Santa Cecilia según su extensión (m<sup>2</sup>).

Actividad productiva	Demanda hídrica (m <sup>3</sup> /año)	Demanda hídrica (m <sup>3</sup> /día)
Frijol	5 066.29	13.88
Maíz	3 556.77	9.74
Tiquisque	3 396.39	9.31
Jengibre	949.50	2.60
Yuca	787.92	2.16
Rambután	749.60	2.05
Plátano	403.12	1.10
Café	274.86	0.75
Arroz	199.89	0.55
Ñampí	116.61	0.32
Naranja	81.21	0.22
Limonas	27.07	0.07
Cacao	8.75	0.02
Aguacate	7.08	0.02
<b>Total</b>	<b>15 712.50</b>	<b>43.05</b>

*Fuente:* Elaborada por los autores.

El riego por goteo como el de microaspersión fueron los que tuvieron menor demanda de agua para la producción de los cultivos por hectárea. Esto debido por su alto porcentaje de eficiencia, lo cual representó que el caudal regado es más aprovechado, esto se vio representado en el caudal necesario regado para los productos como frijol (65.88 l/s), maíz (30.21 l/s) y tiquisque (14.64 l/s), dado a como se mencionó anteriormente solo se humedece una pequeña parte del terreno. Caso todo contrario al método de riego por gravedad en el cual se necesita casi el doble de caudal de agua para el crecimiento correctos de las plantaciones (frijol (104.31 l/s), maíz (47.83 l/s) y el tiquisque (2318 l/s)), esto se debe que se humedece una mayor parte del terreno, entonces el recurso es absorbido mayormente por el terreno y no solo por el cultivo (tabla 4).

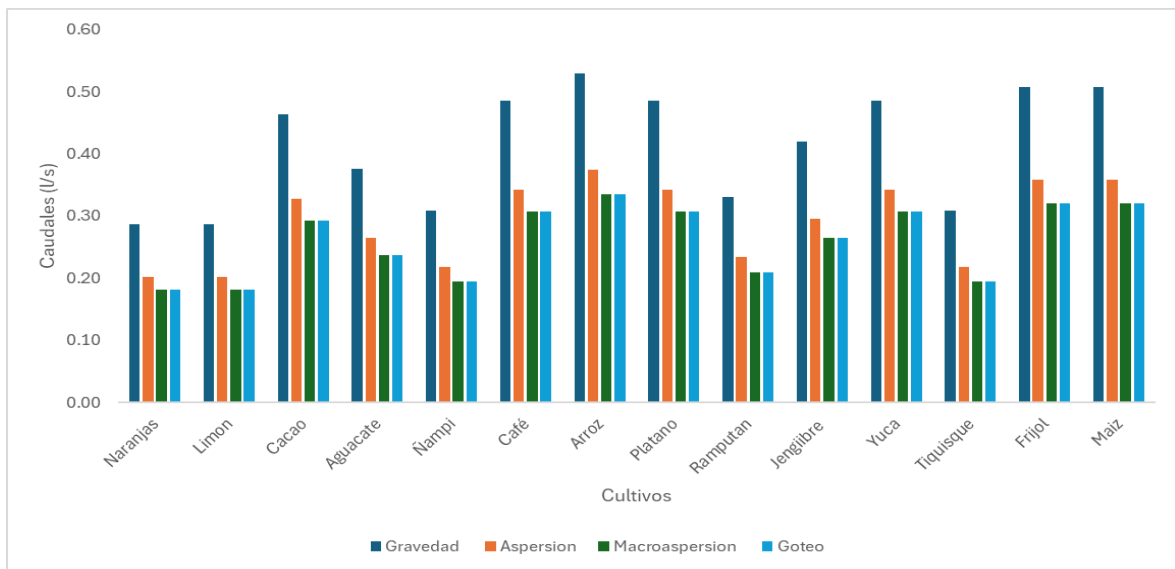
**Tabla 4.** Resultados de la demanda hídrica de cultivos por método de riego por el total de hectáreas.

Cultivo	Tipo de Riego			
	Gravedad	Aspersión	Microaspersión	Goteo
Frijol	104.31	73.63	65.88	65.88
Maíz	47.83	33.76	30.21	30.21
Tiquisque	23.18	16.36	14.64	14.64
Jengibre	5.03	3.55	3.18	3.18
Yuca	4.18	2.95	2.64	2.64
Rambután	3.97	2.80	2.51	2.51
Plátano	2.14	1.51	1.35	1.35
Café	1.46	1.03	0.92	0.92
Arroz	1.06	0.75	0.67	0.67
Ñampí	0.62	0.44	0.39	0.39
Naranjas	0.43	0.30	0.27	0.27
Limón	0.14	0.10	0.09	0.09
Cacao	0.05	0.03	0.03	0.03
Aguacate	0.04	0.03	0.02	0.02

*Fuente:* Elaborada por los autores

Los valores más altos de los caudales de agua requeridos por cultivo por hectárea corresponden al arroz, frijol y maíz, los cuales alcanzaron valores cercanos a los 0.50 l/s, siendo los que más demanda hídrica tienen. Muy cerca de estos se encontraron el café y el cacao, con valores que rondan entre 0.45 y 0.49 l/s, lo cual indicó que también requieren una considerable disponibilidad de agua para su desarrollo. Por otro lado, los cultivos con menores necesidades hídricas son el ñampí, tiquisque, limón y naranjas, que se encuentran en un rango más bajo, generalmente entre 0.20 y 0.30 l/s (figura 4).

**Figura 4.** Comparación de la demanda hídrica de los cultivos por método de riego por hectárea.



**Fuente:** Elaboración propia (2025).

Por medio de la revisión cartografía del Sistema Nacional de Información del Territorio (SNIT) se identificó que el tipo de suelo presente en el distrito de Santa Cecilia son los ultisoles; por lo tanto, los suelos presentes en la zona de estudio son de alto contenido de arcillas. Entonces el agua total que se puede suministrar es de 230 mm/m, pero solamente 115 mm/m del agua será utilizada por el cultivo (tabla 5). Aunque es este caso se trate de un suelo un con drenaje interno bueno, por su contenido de arenas, las arcillas retendrán gran parte del agua regada.

**Tabla 5.** Agua disponible en el suelo para cultivos según el tipo de suelo.

Textura del tipo de suelo	Agua total utilizable por cultivo (mm/m de suelo)	Agua fácilmente utilizable por el cultivo (mm/m de suelo)
Arenoso	80	40
Franco arenoso	120	60
Franco	170	85
Franco arcilloso	190	95
Arcilloso	230	115

**Fuente:** MAG (2000).

## DISCUSIÓN

Se identificó un total de 168 productores agrícolas en el área de estudio, en la que su economía depende de la producción de sus tierras. Según Flores (2024), en el distrito de Santa Cecilia se caracteriza porque es una zona productora de granos básicos donde prácticamente el 80% de la población se dedica a la agricultura. De igual manera, en la cercanía del distrito se encuentra ubicada la empresa Del Oro, la producción agrícola de la empresa se divide en fincas nombradas Finca Yafa, finca La Olla, finca Yafa y finca Oros destinadas para el cultivo de naranja (cultivo permanente) y donde eventualmente se implementa la actividad de riego por goteo (Bustamante, 2023).

En cuanto a la distribución de cultivos, se determinó que los granos básicos son los de mayor importancia. Según menciona el INDER (2021), la actividad de granos básicos (frijol y maíz), es base para la economía local en Guanacaste, y clave para asegurar la seguridad alimentaria, tanto de las familias productoras, como de los consumidores de los programas de abastecimiento de granos a nivel nacional.

En el caso del frijol la superficie cultivada, alcanzó 205,45 hectáreas (48,8% del área total). López *et al.* (2011) mencionan que las normas de riego totales máximas para el cultivo de frijol en suelos arcillosos están entre 352–432 mm. En Santa Cecilia de acuerdo con el MAG (2000) el requerimiento para cualquier cultivo en este tipo de suelos es de 230 mm por año con una demanda hídrica total de 5 066.29m<sup>3</sup> por año, presentando deficiencia hídrica.

El cultivo de maíz segundo en importancia en superficie cultivada con 94,2 hectáreas (22,4%) demanda al año 3 556.77 m<sup>3</sup>. Mekonnen y Hoekstra (2011) presentan valores promedios a nivel mundial de para el cultivo de maíz de 889 m<sup>3</sup>, bajo condiciones de riego. Peña *et al.* (2021) muestra la relevancia que tiene el agua de riego en regiones semiáridas, donde la fragilidad del sistema y el uso intensivo de este recurso lo convierten en eje estructurador de la producción, causando bajos rendimientos. Si bien es cierto Santa Cecilia no es un clima semiárido, presenta una estación seca marcada bajo la zona de vida Bosque Tropical Seca (Holdridge, 1978) donde se producen sequías y los productores no presentan sistemas de riego.

El déficit de agua en el cultivo de maíz evidencia una reducción en la biomasa, lo cual afecta la absorción de nutrientes debido a la disminución en el uso del agua por parte de la planta (Sáez-Cigarruista *et al.*, 2024). Asimismo, Wang *et al.* (2017) en su estudio sobre el cultivo de maíz, señalan al estrés hídrico como una de las principales limitaciones en la productividad de dicho cultivo.

El cultivo de arroz, si bien es cierto no fue uno de los mayores en extensión, es el que más agua demanda por hectárea, sin importar el método de riego utilizado con un Kc de 1.2. Teniendo en cuenta lo anterior esto puede ser una de las causas por la cuales no es uno de los principales productos en el área de estudio. Según Escobar y Viales (2023), los agricultores dedicados a la siembra de arroz han dejado de cultivar este grano, debido que hay cultivos que generan menos gastos y tienen mayor mercado, además que el apoyo hacia los productores de arroz es muy poco por parte del gobierno.

Una forma de mejorar los rendimientos en este cultivo es mediante tecnología. Mallareddy *et al.* (2023), mencionan que el riego por goteo, el método humectación y secado alternativos (AWD), el sistema de arroz aeróbico, cultivo en suelo saturado (SSC) y el riego inteligente con sensores e internet de las cosas (IoT), son tecnologías de ahorro de agua que se utiliza en la producción de arroz con siembra directa en seco fundamentalmente, tal y como es el tipo de producción en Santa Cecilia.

En la zona de estudio se identificó que los agricultores, en su mayoría, no utilizan sistemas de riego. Teniendo un periodo en el cual no se cultiva debido a la época seca. Por tanto, se establece que la utilización del método de riego como la principal alternativa para la época que no hay lluvia. Además, según Monroy *et al.* (2022), el riego por goteo de alto caudal es el de menor costo de

operación; esto se debe a que, al tener una mayor eficiencia utiliza un menor volumen de agua para cumplir con los requerimientos del cultivo. Esta característica resulta en un menor tiempo de bombeo y de energía utilizada para operar el sistema.

Se identificó que los suelos ultisoles son los predominantes, caracterizados por alta presencia de arcillas, buena permeabilidad y buen drenaje interno. Esto implica que, aunque pueden almacenar hasta 230 mm/m de agua, solo la mitad es fácilmente utilizable por los cultivos. Según Baltodano-Goulding (2024), son los suelos más viejos y meteorizados del país. Estos suelos se originan por el efecto prolongado de los factores climáticos (principalmente alta precipitación) sobre prácticamente cualquier tipo de material parental. Que su contenido de arena es de alrededor de un 20%, general blandos, de buena permeabilidad con minerales arcillosos como la halloisita, alofana y caolinita. Con lo anterior Escobar y Viales (2023) mencionan, que los tipos de suelos influyen en la cantidad de agua que se suministre, ya que en suelos arenosos el agua se mantiene menos tiempo por lo que hay que regar con más frecuencia, mientras que en suelos arcillosos el agua dura más lo que hace que el riego sea menor.

## CONCLUSIONES

La agricultura en Santa Cecilia depende mayoritariamente del cultivo de frijol, maíz y tiquisque, los cuales concentran la mayor superficie sembrada y la demanda hídrica más alta, confirmando su papel estratégico en la seguridad alimentaria local y nacional.

La estimación del uso consuntivo de los productos agrícolas en Santa Cecilia permitió considerar el estado de vulnerabilidad en la zona de estudio en cuanto recurso hídrico ante la variabilidad climática actual.

El balance hídrico evidenció que el arroz es el cultivo de mayor consumo de agua por hectárea, lo que explica su limitada presencia en la zona, pues los productores priorizan cultivos más rentables y de menor demanda hídrica.

Los sistemas de riego por goteo y microaspersión representan la mejor alternativa para enfrentar los periodos de sequía, dado que maximizan la eficiencia del uso del agua y reducen costos energéticos, en contraste con el riego por gravedad. Aunque, para cultivos como el frijol y maíz es de gran dificultad la utilización de estos sistemas por los altos costos de estos, por lo cual, en estos casos se pueden utilizar sistemas de menor costo como el riego por surcos (gravedad), aunque su eficiencia sea menor.

En el caso del arroz se puede mejorar la eficiencia del recurso hídrico con tecnologías como riego por goteo, el método humectación y secado alternativos (AWD), el sistema de arroz aeróbico, cultivo en suelo saturado (SSC) y el riego inteligente con sensores e internet de las cosas (IoT). Sin embargo, se requiere de apoyos estatales para colaborar con los productores locales.

Los suelos tipo ultisoles, característicos de la región, presentan una alta capacidad de almacenamiento de agua, aunque solo la mitad es fácilmente aprovechable por los cultivos; este factor condiciona las estrategias de riego y frecuencia de aplicación.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bolaños, R., Campos, L. y Sojo, G. (2023). Factores sociales, políticos y económicos en el desarrollo de una comunidad fronteriza: Santa Cecilia de La Cruz, Costa Rica (1900-2023). *Revista Estudios*, 47, 232-264. <https://doi.org/10.15517/re.v0i47.58054>

- Baltodano-Goulding, R. (2024). Zonificación geotécnica mediante estadísticos descriptivos para suelos de Costa Rica. *Tecnología en Marcha*, 37(1), 172-201. <https://doi.org/10.18845/tm.v37i1.6675>
- Bustamante, K. (2023). Estudio hidrológico de las subcuencas del río Sábalo y río Guachipelín para optimizar la planificación de riego por goteo en el cultivo de naranja (*Citrus sinensis*) en la empresa Del Oro, Guanacaste, Costa Rica [Tesis de pregrado, Universidad Nacional, Costa Rica]. <https://n9.cl/cd0cno>
- Carrión, R. y La Mattina, D. (2015). *Manual de capacitación 2: medición del agua de riego*. 1ra ed.-edición especial. Edición para Unidad para el Cambio Rural (UCAR). <https://acortar.link/7y25rW>
- Chavarría, A., Morales, M., y Soto-Bravo, F. (2023). Evapotranspiración de referencia, evapotranspiración real y el coeficiente de cultivo para el cultivo de cebolla (*Allium cepa*) cv Álvara promedio en invernadero. *Revista Tecnología en Marcha*, 36(3), 65-77. <https://acortar.link/7y25rW>
- Escobar, P y Viales, D. (2024). Estudio hidrológico para el aprovechamiento del recurso hídrico en el sector agrícola del proyecto PAACUME en los cantones de Nicoya, Santa Cruz y Carillo, Guanacaste, Costa Rica [Tesis de pregrado, Universidad Nacional, Costa Rica]. <https://n9.cl/gmbzq>
- Flores, G. (2024). *INDER invierte € 2 308 millones en la Región Chorotega*. Periódico El Mensaje. <https://acortar.link/vPoV6m>
- González, C. Z. (2016). Impactos del cambio climático en la agricultura y seguridad alimentaria. *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático*, 2(1), 269-291. <https://portal.amelica.org/ameli/journal/394/3941750032/3941750032.pdf>
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6ª ed.). McGraw-Hill Education. <https://acortar.link/oirh6o>
- Holdridge, L. (1978). *Ecología basada en zonas de vida*. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. Editorial IICA. <https://acortar.link/pgv09r>
- Jácome, M. (2023). *Evaluación de los efectos del cambio climático en la agricultura de la zona Chugchilán, cantón Sigchos* [Tesis de Maestría, Universidad Andina Simón Bolívar, Ecuador]. <https://acortar.link/c3fQm2>
- López, T., Cid, G., González, F., Herrera, J. y Chaterlán, Y. (2011). Modelación de la eficiencia del uso del agua en maíz y frijol en diferentes condiciones de suelos y disponibilidad hídrica. *Revista Ingeniería Agrícola*, 1(1), 24-29. <https://acortar.link/sJXQ5T>
- Loures, M., Medeiros, A., Esdras, W. y Praes, R. (2024). Análisis de la disponibilidad y demanda hídrica en una zona con alta demanda de riego por pivote central en Brasil. *Revista de Geografía Norte Grande*, 88, 1-17. <https://acortar.link/1bpJbU>
- Mallareddy, M. Thirumalaikumar, R. Balasubramanian, P., Naseeruddin, R., Nithya; N., Mariadoss, A., Eazhilkrishna, N., Choudhary, A., Deiveegan, M. y Subramanian, E. (2023). Maximizing water use efficiency in rice farming: A comprehensive review of innovative irrigation management technologies. *Water*, 15(10), e1802. <https://doi.org/10.3390/w15101802>

- Mekonnen M. M. y Hoekstra A. Y. (2011). Green, blue and grey water footprint of crops and crop products derived. *Hydrology and Earth System Sciences*, 15(5), 1577–1600. <https://acortar.link/PqM5Ya>
- Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2021). *Caracterización del Área de Influencia de la Agencia de Extensión Agropecuaria*. <https://acortar.link/TrLJOi>
- Ministerio de Ambiente y Energía Dirección de Agua. (2021). *Manual Técnico de Dotaciones de Agua*. <https://acortar.link/8Mu4wy>
- Instituto de Desarrollo Rural. (2021). INDER impulsa producción de frijol y maíz en Guanacaste mediante equipamiento para Organización de Productores de Santa Cecilia de La Cruz. <https://acortar.link/7y25rW>
- Monroy, J., Estupiñán, M., Mosquera, M. y Ruiz, E. (2022). Costos de operación de tres métodos de riegos en el Campo Experimental Palmar de la Sierra. XX Conferencia Internacional sobre la palma de aceite. <https://acortar.link/WeblhB>
- Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2000). *Validación y transferencia de tecnología de riego y sistemas productivos en áreas regadas*. <https://n9.cl/kower>
- O'neal, K. (2017) Así enfrentamos el reto de llevar agua a los cultivos en Guanacaste. Universidad de Costa Rica, Noticias Ciencia y Tecnologías. <https://n9.cl/kgnw7m>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2012). Respuesta del rendimiento de los cultivos al agua. <https://acortar.link/IPIS1O>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2011). *El cambio climático, el agua y la seguridad alimentaria*. <https://www.fao.org/4/i0142s/i0142s07.pdf>
- Palerm, J. (2020). Caracterización de los módulos de los distritos de riego y presencia de organizaciones locales. *Región y sociedad*, 23, e1335. <https://doi.org/10.22198/rys2020/32/1335>
- Paz, S., Agudelo, V., Echeverri, A. y Cobo, N. (2012). Escenario de demanda hídrica agrícola para la optimización del riego de los pequeños productores de la zona plana de la cuenca del río Guabas. *Informador Técnico*, 76, 5-12. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4364406.pdf>
- Peña, A., Dominguez, J., Pagliettini, L., Mozeris, G. (2021). Uso consuntivo del agua en los principales cultivos de la cuenca media del río Colorado, La Pampa, Argentina. *Revista Americana de Emprendedurismo e Innovación*, 3(3). <https://doi.org/10.33871/26747170.2021.3.3.4344>
- Radulovich, R. (2006). Cultivando el mar. *Agronomía costarricense: Revista de ciencias agrícolas*, 30(1), 115-132. <https://doi.org/10.15517/rac.v30i1.6837>
- Rodríguez, J. (2018). *Análisis de la gestión de los eventos de sequía ante el cambio climático en los sectores agropecuario e hídrico del Cantón de Hojancha, Guanacaste, Costa Rica* [Tesis de Maestría, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza]. <https://n9.cl/9f7za>

- Sáez-Cigarruista, A., Morales-Guevara, D., Gordon-Mendoza, R. Jaén-Villarreal, Franco-Barrera, J., Ramos-Manzané, F. (2024). Sensibilidad del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) a diferentes períodos de déficit hídrico controlado. *Agronomía Mesoamericana* 35, 55660 <https://doi.org/10.15517/am.2024.55660>
- Valverde, R. (2010). Disponibilidad, accesibilidad y amenazas al recurso hídrico en Costa Rica. *Ambientico*, 197. <https://n9.cl/o9edf>
- Villanueva, J., Huahuachampi, J., y Soto, L. (2017). Determinación de la demanda hídrica del cultivo de quinua QML01 (*Chenopodium quinoa* Willd) en la Molina. *Anales Científicos*, 78(2), 200-209. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6232144>
- Wang, Y., Janz, B., Engedal, T., & de Neergaard, A. (2017). Effect of irrigation regimes and nitrogen rates on water use efficiency and nitrogen uptake in maize. *Agricultural Water Management*, 179, 271–276. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2016.06.007>