

La investigación del recurso hídrico en la Escuela de Ciencias Geográficas de la Universidad Nacional: una mirada a los principales resultados de los balances hídricos en las microcuencas de la región central de Costa Rica

Water Resource Research at the School of Geographic Sciences of the National University: An Overview of the Main Results of Water Balances in the Micro-Watersheds of the Central Region of Costa Rica

A pesquisa do recurso hídrico na Escola de Ciências Geográficas da Universidade Nacional: uma análise dos principais resultados dos balanços hídricos nas microbacias da região central da Costa Rica

Ligia Hernando Echeverría¹
Escuela de Ciencias Geográficas, Universidad Nacional

Ricardo A. Orozco-Montoya²
Escuela de Ciencias Geográficas, Universidad Nacional

-
- 1 Máster en manejo y gestión de cuencas hidrográficas, académica de la Escuela de Ciencias Geográficas, Universidad Nacional, Costa Rica, ✉ ligia.hernando.echeverria@una.cr, 📞 0000-0001-7514-3661.
 - 2 Doctor en Ciencias de la atmósfera y los océanos, académico de la Escuela de Ciencias Geográficas, Universidad Nacional, Costa Rica, ✉ ricardo.orozco.montoya@una.cr, 📞 0000-0001-7822-5275



Resumen

En Costa Rica el recurso hídrico, aunque es abundante, presenta en algunos sectores dificultades debido a la reducción de su disponibilidad para los habitantes, generando problemas de abastecimiento de agua para el uso doméstico e industrial. La Escuela de Ciencias Geográficas no se ha mantenido al margen de esta problemática, por lo que desde el año 2001 se ha desarrollado una cuantificación del recurso hídrico mediante el cálculo de balances hídricos en las microcuencas de los ríos Poás, Ciruelas, Segundo, Bermúdez, Tibás y Pará. En estos estudios se ha logrado determinar que la disponibilidad predominante es la media, que implica que pronto será baja, por lo que es urgente un ordenamiento adecuado de las microcuencas con el fin de reducir el uso excesivo del agua.

Palabras clave: balance hídrico; microcuencas; región central.



Abstract

In Costa Rica, although water resources are abundant, certain areas face difficulties due to reduced availability for residents, leading to issues in supplying water for domestic and industrial use. The School of Geographic Sciences has actively addressed this issue. Since 2001, it has been quantifying water resources through the calculation of water balances in the micro-watersheds of the Poás, Ciruelas, Segundo, Bermúdez, Tibás, and Pará rivers. These studies have determined that the predominant availability is moderate, which suggests that it will soon become low. Therefore, it is urgent to implement proper management of the micro-watersheds to mitigate excessive water use.

Keywords: water balance; micro-watersheds; central region.



Resumo

Na Costa Rica, o recurso hídrico, embora abundante, apresenta dificuldades em alguns setores devido à redução de sua disponibilidade para os habitantes, gerando problemas de abastecimento de água para uso doméstico e industrial. A Escola de Ciências Geográficas não se manteve alheia a essa problemática e, desde 2001, tem desenvolvido uma quantificação do recurso hídrico por meio do cálculo de balanços hídricos nas microbacias dos rios Poás, Ciruelas, Segundo, Bermúdez, Tibás e Pará. Nestes estudos, foi possível determinar que a disponibilidade predominante é média, o que implica que em breve será baixa, tornando urgente um ordenamento adequado das microbacias para reduzir o uso excessivo da água.

Palavras-chave: balanço hídrico; microbacias; região central.

Introducción

En la Escuela de Ciencias Geográficas de la Universidad Nacional de Costa Rica (ECG), durante muchos años, una de las áreas de desarrollo ha sido la de los recursos naturales. Dentro de esta área se han elaborado estudios de gran relevancia. Uno de esos estudios ha sido, desde el 2001, el manejo del recurso hídrico, especialmente en la determinación de la disponibilidad del recurso en la Región Central de Costa Rica.

De esta forma, se han realizado balances hídricos mediante los cuales se determinan (entre otros aspectos) la oferta y la demanda natural, y de esta manera, la disponibilidad del recurso hídrico en la región mencionada.

Durante los inicios de la década del presente siglo, un grupo de profesionales de la ECG, preocupados por las problemáticas del abastecimiento y disponibilidad del recurso hídrico a nivel mundial y en especial en Costa Rica, y liderado por Ligia Hernando, emprende la tarea de cuantificar la disponibilidad del recurso hídrico en el país, para ello se utiliza el método de balance hídrico propuesto por Thornthwaite y Mather en 1957 y que ha sido adaptado y modificado por el grupo de trabajo para Costa Rica. Se realiza según uso del suelo, zona climática y unidad geomorfológica.

El balance hídrico es esencial ya que con este instrumento se analiza la relación entre variables socioeconómicas (por ejemplo, el uso del suelo) y variables naturales (por ejemplo, tipo de suelo, cantidad de precipitación, temperatura, etc.). El balance hídrico también incluye la demanda de recurso hídrico, pues se analizan pérdidas y ganancias.

De acuerdo con las precipitaciones medias mensuales y la evapotranspiración mensual estimada, se analiza el balance del agua en el suelo a lo largo del año. Mediante el balance de humedad en el suelo se evalúa la disponibilidad de agua para los cultivos, para estudios hidrológicos, de conservación de suelos, de drenaje, de recuperación de suelos salinos, de repoblación forestal, o para el establecimiento del régimen de humedad de los suelos o para establecer criterios de diferenciación climática.

Existen varios modelos para estimar el balance de agua en el suelo; aquí se seguirá el método directo propuesto por [Thornthwaite y Matter \(1957\)](#), según el cual se va perdiendo agua para poder generar la evapotranspiración potencial hasta agotar la reserva. De acuerdo con [Marini y Piccolo \(2000\)](#), esta metodología presenta dos importantes ventajas:

1. Los datos necesarios para realizar los cálculos: precipitación y temperatura, son de obtención relativamente sencilla.
2. Utiliza valores exclusivamente climáticos para expresar el valor relativo de la precipitación.

De esta manera, el grupo de profesionales ha elaborado balances hídricos para las microcuencas de los ríos Poás, Ciruelas, Segundo, Bermúdez, Tibás y Pará. Actualmente se encuentran elaborando el estudio para la microcuenca del río Rosales.

A continuación, se presentan los principales resultados obtenidos:

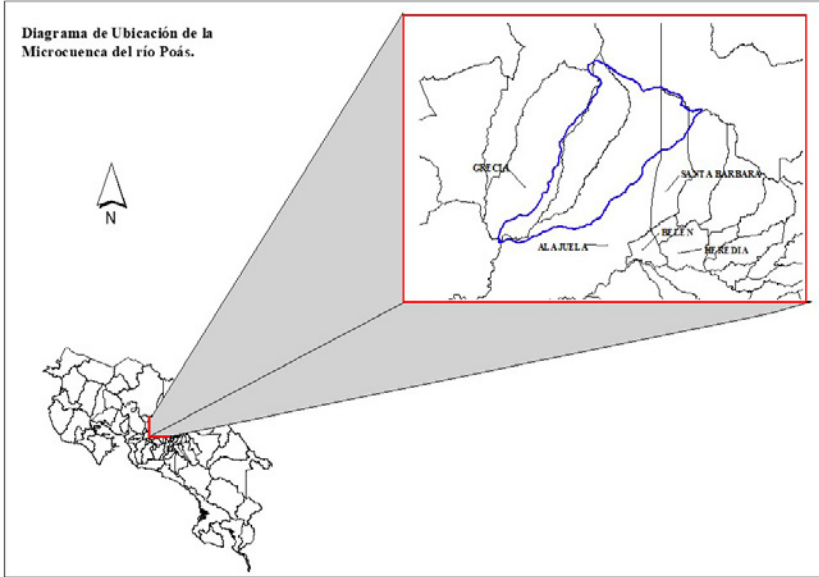
Microcuenca del río Poás

Esta investigación se realizó durante los años 2001 a 2003. La microcuenca del río Poás (ubicada entre el volcán Barva y el volcán Poás, hasta la confluencia con el río Grande cerca de la ciudad de Alajuela) posee un alto potencial para la formación de acuíferos de alta calidad. Por tal motivo sus recursos naturales deben de utilizarse adecuadamente. La mejor manera de lograr lo anterior es mediante la planificación del uso de la tierra, en esta investigación se plantea para ello el ordenamiento territorial y el manejo de cuencas.

Es importante indicar que esta microcuenca se extiende de noreste a suroeste cubriendo 209.51 km² con un perímetro de 105.5 km. Está delimitada por divisorias de agua desde la Laguna del volcán Poás y la laguna del volcán Barva (divisoria que forma parte de la Sierra Volcánica Central) hasta la confluencia con el río Grande (Figura 1).

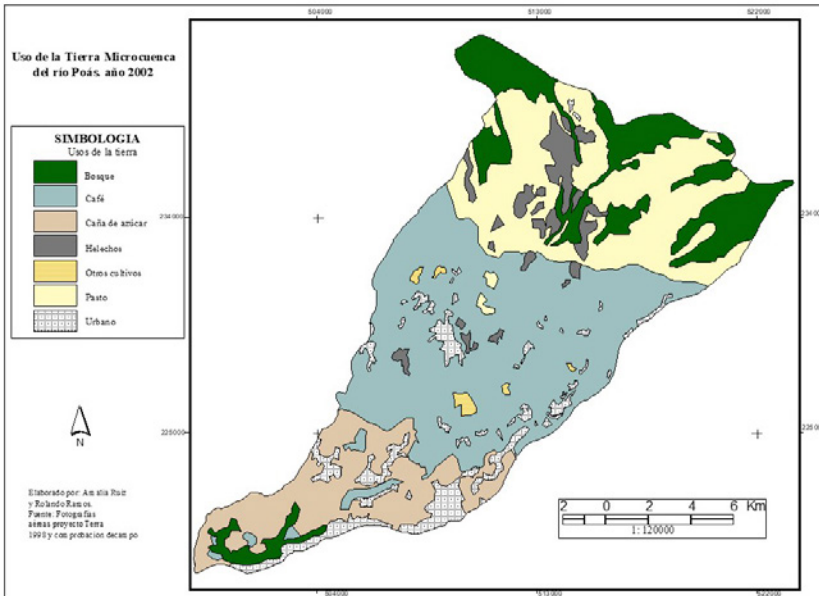
La altitud máxima es de 2700 msnm en el volcán Poás y la mínima de 480 msnm en la confluencia mencionada. La principal cobertura de la tierra en el 2002 correspondió a la agrícola, siendo los cultivos de café, de caña de azúcar y los pastos, lo que más sobresale en la microcuenca (Figura 2). Algunos resultados de esta investigación pueden encontrarse en la publicación realizada en la Revista Geográfica de América Central en el 2002, según [Hernando-Echeverría et al. \(2002\)](#).

Figura 1. Ubicación de la microcuenca del río Poás.



Fuente: Elaborado por [Hernando-Echeverría \(2002\)](#).

Figura 2. Uso de la tierra en la microcuenca del río Poás.



Fuente: Elaborado por [Hernando-Echeverría \(2002\)](#).

Los principales hallazgos obtenidos mediante el balance hídrico son los siguientes:

Escorrentía:

La escorrentía en el área se presentó mayoritariamente en las zonas cubiertas de café (Figura 3). Se puede apreciar que las áreas de bosque en 1988 generaban la menor cantidad (0.00421 km^3), mientras que para el 2002 ocuparon el tercer lugar (0.021816 km^3). Las áreas cubiertas de helechos generan una cantidad casi despreciable (0.0040595 km^3), parecida a lo que generaban las áreas de bosque durante 1988 (0.00421 km^3).

Ganancia:

En lo que se refiere a la ganancia, de nuevo se observa un aumento general en el 2002 con respecto a 1988 (Figura 4). Se puede observar que el aumento registrado es muy importante ya que, para todos los usos, exceptuando la caña de azúcar, se registra un cambio ascendente de más de 100%. Las áreas cubiertas de pasto son las que generan la mayor cantidad en el 2002 con 0.3855 km^3 , mientras que para 1988 eran las cubiertas por café con 0.10278 km^3 .

Figura 3. Escorrentía según uso del suelo en 1988 y en 2002.

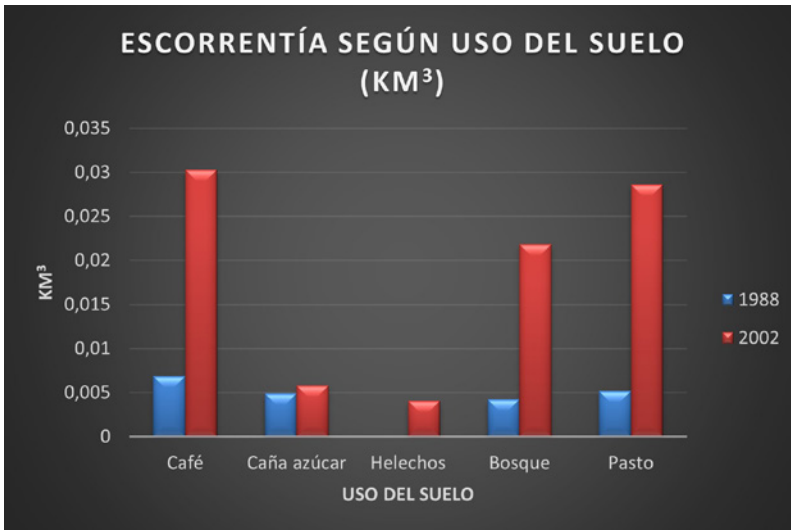
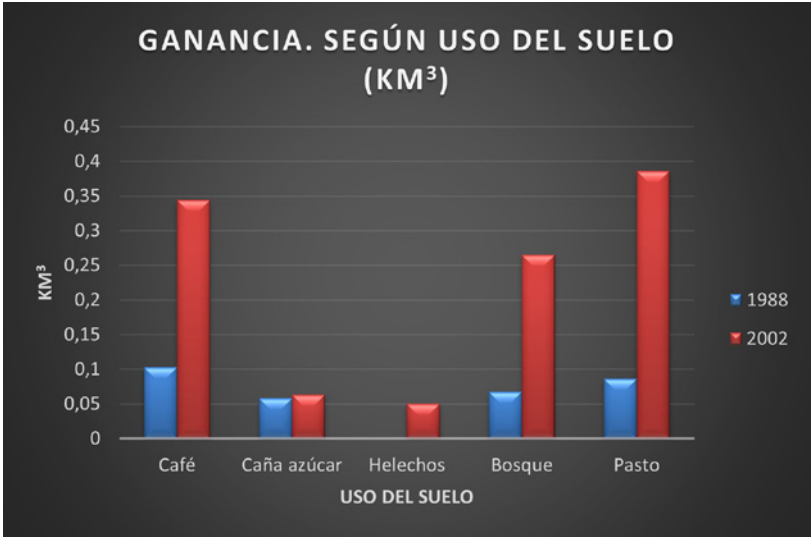


Figura 4. Ganancia según uso del suelo en 1988 y en 2002.

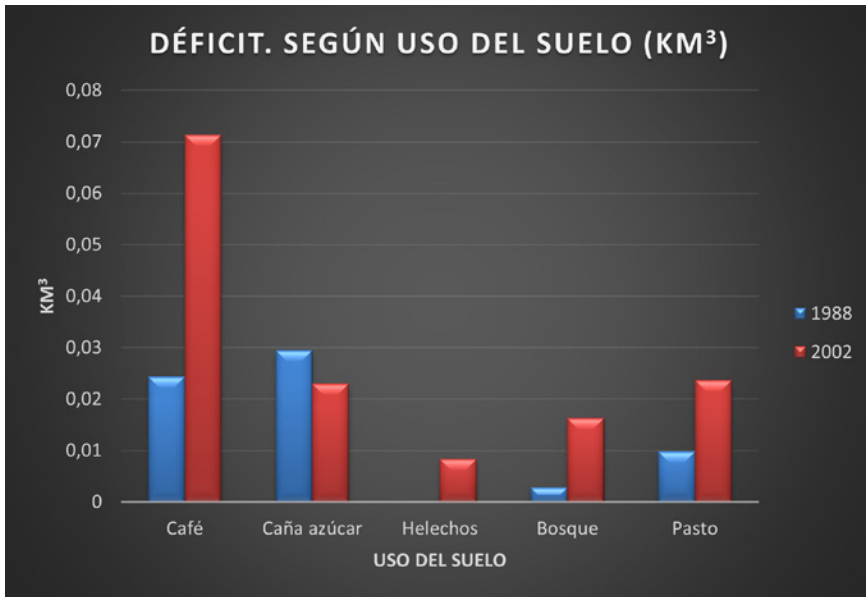


Fuente: Elaborado por [Hernando-Echeverría \(2002\)](#).

Déficit:

Las áreas cubiertas de café presentaron la mayor cantidad de déficit para el 2002 (0.0713 km³) (Figura 5) debido probablemente a que cubren casi 9% más de área con respecto a 1988. En los helechos el déficit es muy pequeño, seguido por el que se registra en las áreas de bosque. Este elemento aumentó bajo todos los usos con excepción de la caña de azúcar, donde se observa una reducción de 0.0064 km³ debido a que se redujo notablemente (casi un 4%) el cultivo de este producto en el 2002, además de que se encuentra en las zonas climáticas I y II, donde las temperaturas son mayores. Se puede apreciar que los valores de déficit en general no llegan a sobrepasar los 0.08 km³ por lo que podría decirse que este elemento, por el momento, no es crítico en la microcuenca.

Figura 5. Déficit según uso del suelo en 1988 y en 2002.



Fuente: Elaborado por [Hernando-Echeverría \(2002\)](#).

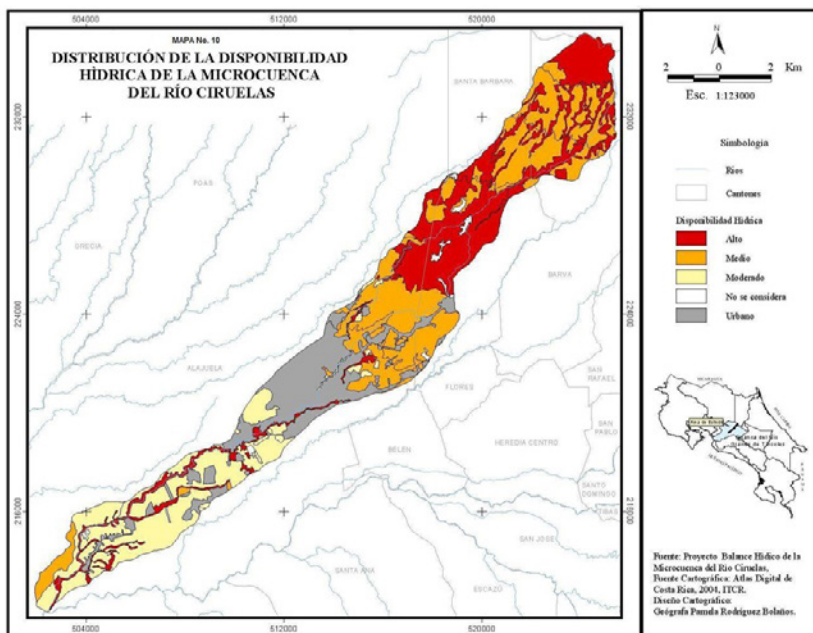
Microcuenca del río Ciruelas

Durante los años 2004 al 2006 se desarrolló el balance hídrico de la microcuenca del río Ciruelas, el cual evidenció la necesidad de realizar una serie de estudios similares.

Esta investigación se vinculó con el proyecto denominado “Gestión Territorial Integral del Desarrollo Micro Regional en las microcuencas de los cantones Centrales de la provincia de Heredia: ríos Ciruelas, Segundo, Bermúdez, Pará y Tibás” coordinado por la Escuela de Planificación y Promoción Social de la Universidad Nacional y en donde participan también otras unidades académicas como el OVSICORI, IDESPO, la Escuela de Ciencias Agrarias y el PRIGA.

Se elaboró un diagnóstico de la disponibilidad del recurso hídrico en la microcuenca del río Ciruelas, y se identificaron las áreas con mayor problemática de disponibilidad del recurso hídrico, donde finalmente se sugirieron alternativas de uso del recurso en las mismas. El análisis de la disponibilidad del recurso hídrico realizado arrojó como principales resultados los resumidos en la Figura 6.

Figura 6. Distribución de la disponibilidad hídrica en la microcuenca del río Ciruelas.



Fuente: Elaborado por [Hernando-Echeverría \(2004\)](#).

De acuerdo con la Figura 6, las áreas de alta disponibilidad del recurso hídrico corresponden al uso de suelo cubierto por bosque, lo que evidencia la necesidad de mantener y aumentar las áreas de bosque siendo tan importante el área de recarga cerca del Parque Nacional Volcán Barva y de las tomas de agua de la Empresa de Servicios Públicos de Heredia (ESPH).

Las áreas de moderada disponibilidad se encuentran cerca de las áreas urbanas, por lo que se debe regular la expansión del uso urbano porque existe una limitante. El desarrollo urbano demanda una considerable cantidad de recurso hídrico. Por otro lado, en la microcuenca no existen áreas de baja disponibilidad de recurso hídrico, lo que evidencia que no hay tanta demanda. La oferta es suficiente. En esta microcuenca no existe todavía una presión muy alta sobre el recurso.

En lo que se refiere a la demanda socioeconómica, la categoría domiciliar resultó ser la mayor consumidora de agua con 711.675 m³ mensuales, lo que representa un 77,89% del total de agua consumida en la

microcuenca, pues se determinó que 23,753 parcelas son destinadas a este uso, distribuido en mayor medida en la cuenca media.

Microcuenca del río Segundo

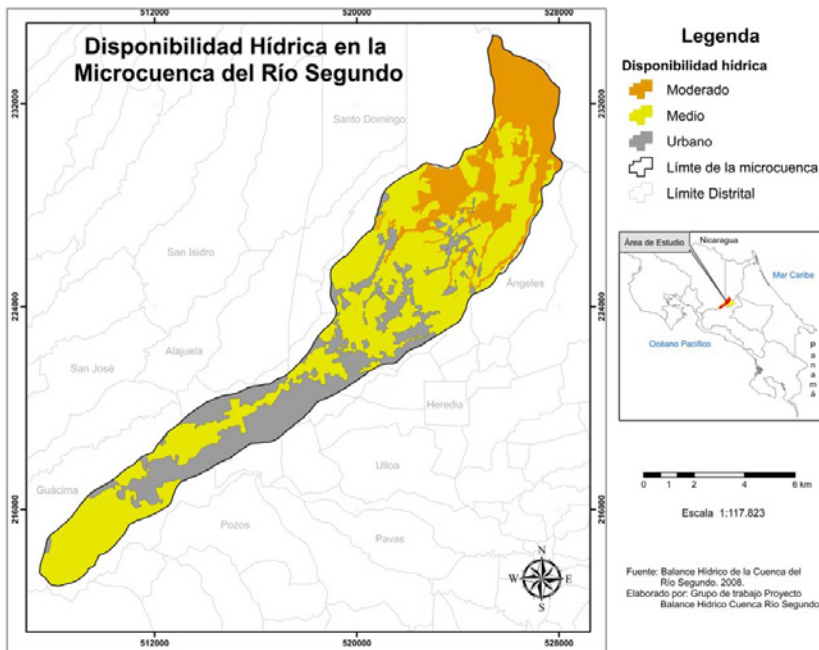
En los años 2007 a 2008, el equipo de trabajo realizó los balances hídricos en la microcuenca del río Segundo, en donde se obtuvo la siguiente clasificación de la disponibilidad del recurso hídrico:

Las áreas de media disponibilidad hídrica corresponden al uso de suelo cubierto por bosque, lo que evidencia la necesidad de mantener y aumentar las áreas boscosas, siendo tan importante el área de recarga acuífera cerca del Parque Nacional Volcán Barva (Figura 7).

Es importante destacar que, en esta microcuenca, a pesar de que no existe disponibilidad baja, se evidencia presión importante sobre el recurso hídrico, ya que más de la mitad del área de la microcuenca se encuentra con una disponibilidad moderada, es decir, si no se da un ordenamiento adecuado, es probable que se generen áreas con disponibilidad baja.

Las áreas de moderada disponibilidad se encuentran cerca de los sectores urbanos, por lo que se debe regular la expansión del uso urbano, ya que demanda una considerable cantidad de recurso hídrico. Para mayor detalle, algunos de los resultados de esta investigación se publicaron en la Revista Geográfica de América Central en el 2012, según [Hernando-Echeverría et al. \(2012\)](#).

Figura 7. Distribución de la disponibilidad hídrica en la microcuenca del río Segundo.



Fuente: Elaborado por [Hernando-Echeverría \(2010\)](#).

Microcuenca del río Bermúdez

Para la microcuenca del río Bermúdez se desarrolló la investigación desde el 2011 al 2012 (debido a una reprogramación, ya que originalmente se formuló para el período 2009 al 2010). Las áreas de disponibilidad de recurso hídrico resultantes se distribuyen según lo mostrado la Figura 8.

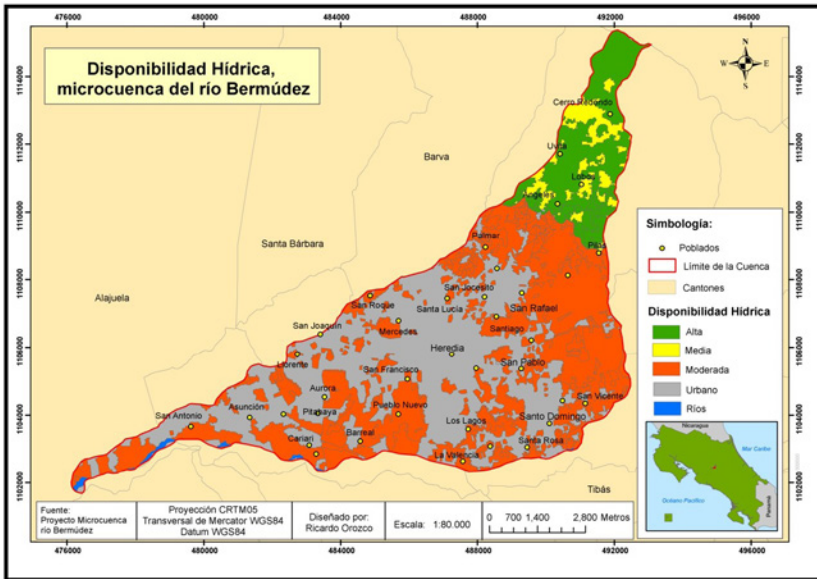
En la microcuenca del río Bermúdez se observa disponibilidad hídrica media en las áreas de pasto. Son áreas de transición entre la disponibilidad alta y la moderada. Se evidencia la existencia de la presión del crecimiento urbano. Se limita el desarrollo debido a la reducción de la disponibilidad hídrica.

Las áreas de moderada disponibilidad hídrica se encuentran cerca de las zonas urbanas y algunos pequeños sectores limitantes de las áreas de media disponibilidad. Cubren un 86,7% (65 km²) de la microcuenca. En estas áreas debe de existir un ordenamiento de la oferta y la demanda, pues

de seguir la tendencia se pasará en poco tiempo a que estas áreas sean de baja disponibilidad. Se observa alta disponibilidad de recurso hídrico en las áreas de bosque y café.

Mayores detalles de esta investigación se publicaron en el 2015 en la revista del Observatorio Ambiental de la Universidad Complutense de Madrid, según [Hernando y Orozco \(2015\)](#).

Figura 8. Distribución de la disponibilidad hídrica en la microcuenca del río Bermúdez.



Fuente: Elaborado por [Hernando-Echeverría y Orozco-Montoya \(2015\)](#).

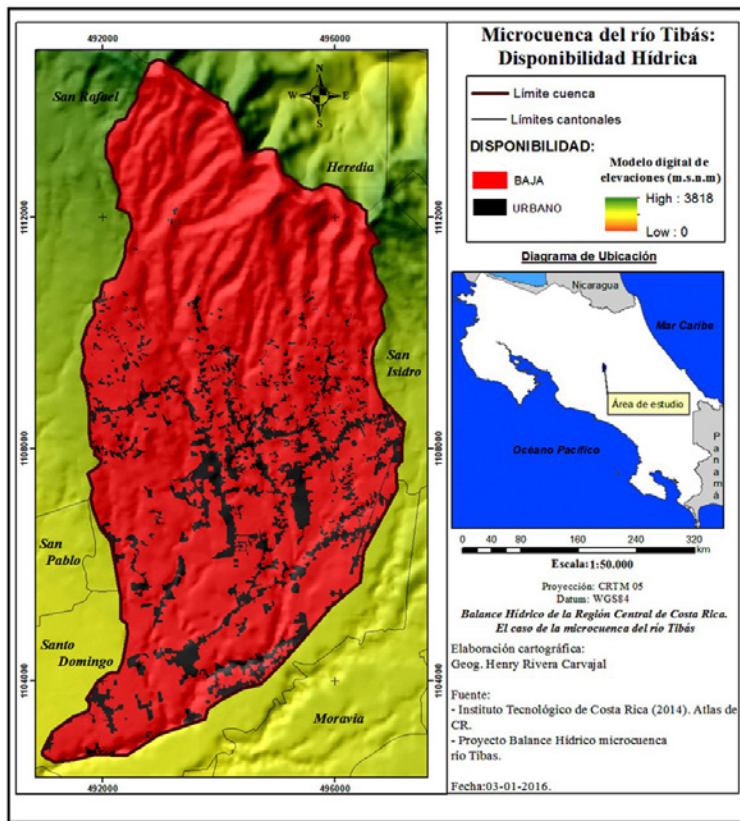
Microcuenca del río Tibás

En esta microcuenca el desarrollo de los balances hídricos se realizó desde el año 2013 al 2015. Es alarmante el comportamiento de la disponibilidad del recurso hídrico evidenciado, ya que solo se encuentra en disponibilidad baja (**Figura 9**). Es evidente entonces, que existe una fuerte presión sobre el recurso por lo que es necesario una urgente intervención con el fin de mejorar el desarrollo económico de la microcuenca.

De acuerdo con [IDEAM \(2004\)](#), en estas áreas debe de existir un ordenamiento de la oferta y la demanda, pues el recurso hídrico en cualquier

momento puede reducir aún más su disponibilidad debido a la presión que existe sobre él.

Figura 9. Distribución de la disponibilidad hídrica en la microcuenca del río Tibás.



Fuente: Elaborado por [Hernando-Echeverría \(2015\)](#).

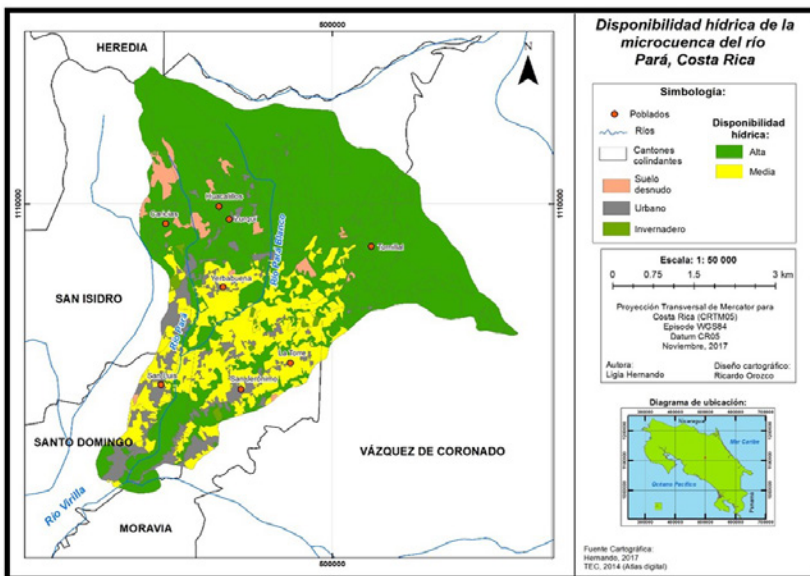
Microcuenca del río Pará

En esta microcuenca la investigación se realizó desde el 2016 y hasta el 2018.

El cálculo de los balances hídricos da como resultado la siguiente distribución de la disponibilidad del recurso hídrico:

En la microcuenca se presentan zonas de disponibilidad alta en un 69,9% del área total, mayormente bajo uso de suelo bosque; así como zonas de disponibilidad media en un 19,5%, las cuales son sectores de transición entre la disponibilidad alta y la moderada y donde se evidencia la existencia de la presión del crecimiento urbano, por lo que se debe limitar este tipo de crecimiento (Figura 10).

Figura 10. Distribución de la disponibilidad hídrica en la microcuenca del río Pará.



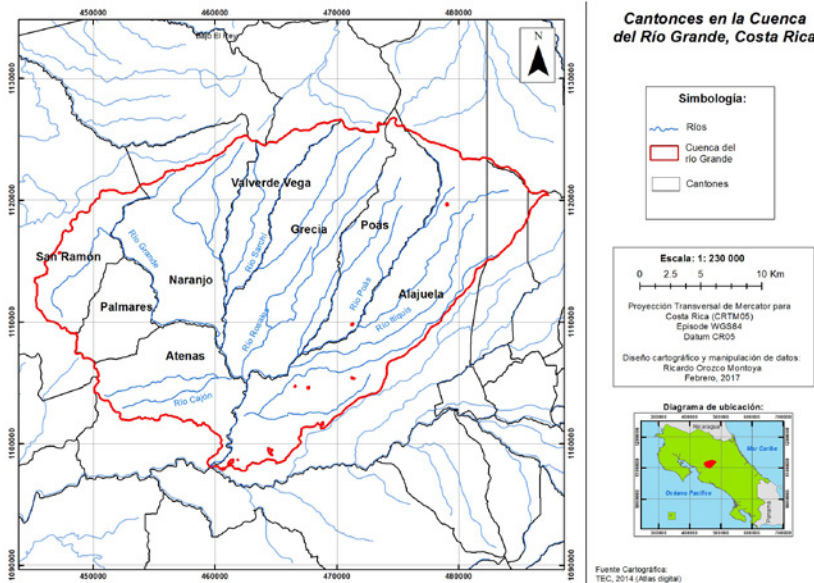
Fuente: Elaborado por [Hernando-Echeverría \(2017\)](#).

Microcuenca del río Rosales

Una vez realizados los balances hídricos de las microcuencas anteriores, que corresponden al sector este de la región Central de Costa Rica (a excepción de la microcuenca del río Poás) correspondientes a la subcuenca del río Virilla, se inició a partir del 2018, con los balances hídricos en el sector oeste de la región Central (subcuenca del río Grande (Figura 11), donde existen problemas de abastecimiento de agua (como por ejemplo en los cantones de Grecia y Atenas) que se agudizan pues no se conoce con certeza la cantidad de recurso hídrico disponible. Lo anterior ha

significado un abordaje novedoso y útil en la determinación de la disponibilidad del recurso hídrico. Dado esto se inició con la investigación en la microcuenca del río Rosales, con vigencia de 2018 al 2020, modificada de 2023 al 2025, se trabaja en este momento en el cálculo de balances hídricos en esta microcuenca.

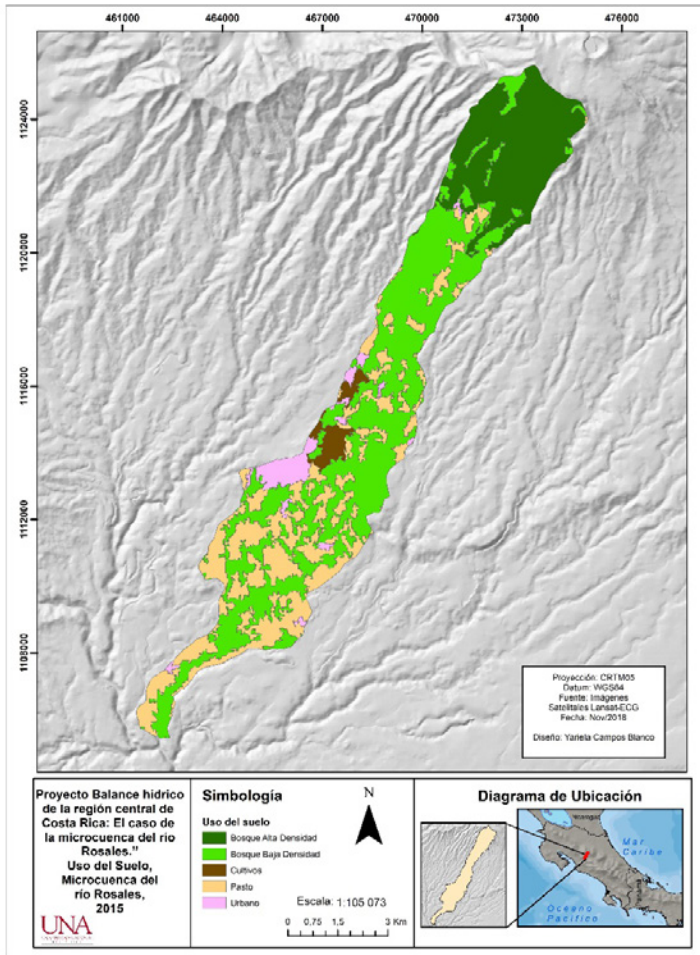
Figura 11. Microcuencas ubicadas en la subcuenca del río Grande, Costa Rica.



Fuente: Elaborado por [Hernando-Echeverría y Orozco-Montoya \(2024\)](#).

Específicamente en esta microcuenca, donde se encuentra el cantón de Grecia, se ha evidenciado un crecimiento socioeconómico acelerado y que resulta en un aumento en la demanda del recurso hídrico. Los principales usos de la tierra en esta microcuenca corresponden al bosque de baja densidad y a los pastos (Figura 12). Los análisis se encuentran actualmente en proceso y serán un insumo importante para la planificación del recurso hídrico en la microcuenca, ya que no existe claridad en cuanto a la disponibilidad del recurso hídrico, por lo que esta investigación aportará información valiosa y necesaria para la Municipalidad y las ASADAS.

Figura 12. Uso de la tierra en la microcuenca del río Rosales.



Fuente: Elaborado por [Hernando-Echeverría y Orozco-Montoya \(2024\)](#).

Consideraciones finales

Es importante indicar que estudios en esta temática, en la Universidad Nacional, solamente se realizan en la Escuela de Ciencias Geográficas, por lo que los resultados obtenidos son muy valiosos a nivel institucional.

Con ello se pretende brindar un aporte fundamental a nivel nacional que sirva para tomar decisiones en el ámbito del uso adecuado del recurso hídrico, ya que se contará con información clara de la distribución y cantidad del recurso en la región Central de Costa Rica.

Hay que destacar que todos estos estudios se han realizado predominantemente con presupuesto únicamente proveniente de los recursos normales de la Universidad Nacional, tales como salarios de los funcionarios, viáticos asignados a la ECG, así como el rubro de materiales del presupuesto asignado a la ECG. Esto no ha sido limitante para obtener resultados de alta calidad.

En este sentido debe reconocerse el papel fundamental que han tenido los y las estudiantes que han trabajado como asistentes tanto con pago como sin él. Su compromiso ha sido fundamental para el éxito de cada uno de los estudios:

Pamela Rodríguez	Francisco Castro
Rolando Ramos	Lilley Garro
Kenneth Masís	Natalia Gómez
Kathya Solís	Ricardo Orozco
Henry Rivera	Éricka Bermúdez
Samira Jalet	Yariela Campos
Daniel Gutiérrez	Johanna Piedra
Arelys Rodríguez	Gloriana Barrantes
Ronald Jiménez	Damián Quirós
Victoria Delgado	María José Aguilar
Marco Villegas	María Sibaja
Verónica Matarrita	Cindy Rodríguez
Calebth Molina	

El reconocimiento también para el grupo de investigadoras e investigador que han participado en estos años:

- Ora Patterson
- Amalia Ruiz
- Hannie Achío
- Ricardo Orozco
- Ligia Hernando

Referencias bibliográficas

- Hernando-Echeverría, L. (2002). *Proyecto Balance Hídrico de la Región Central de Costa Rica: el caso de la microcuenca del río Poás*. Escuela de Ciencias Geográficas, Universidad Nacional, Costa Rica.
- Hernando-Echeverría, L. (2004). *Proyecto Balance Hídrico de la Región Central de Costa Rica: el caso de la microcuenca del río Ciruelas*. Escuela de Ciencias Geográficas, Universidad Nacional, Costa Rica.
- Hernando-Echeverría, L. (2010). *Proyecto Balance Hídrico de la Región Central de Costa Rica: el caso de la microcuenca del río Segundo*. Escuela de Ciencias Geográficas, Universidad Nacional, Costa Rica.
- Hernando-Echeverría, L. (2015). *Proyecto Balance Hídrico de la Región Central de Costa Rica: el caso de la microcuenca del río Tibás*. Escuela de Ciencias Geográficas, Universidad Nacional, Costa Rica.
- Hernando-Echeverría, L. (2017). *Proyecto Balance Hídrico de la Región Central de Costa Rica: el caso de la microcuenca del río Parí*. Escuela de Ciencias Geográficas, Universidad Nacional, Costa Rica.
- Hernando-Echeverría, L.; Orozco-Montoya, R. (2015). Disponibilidad del recurso hídrico en la microcuenca del río Bermúdez. Región Central de Costa Rica. *Observatorio Medioambiental*, 18, 165-181. https://doi.org/10.5209/rev_OBMD.2015.v18.51289
- Hernando-Echeverría, L.; Orozco-Montoya, R. (2024). *Proyecto Balance Hídrico de la Región Central de Costa Rica: el caso de la microcuenca del río Rosales*. Escuela de Ciencias Geográficas, Universidad Nacional, Costa Rica.
- Hernando-Echeverría, L.; Patterson, O.; Ruíz-Hernández, A.; Ramos, R.; Garro, L. (2002). Manejo y ordenamiento territorial de cuencas de Costa Rica. el caso de la microcuenca del río Poás. *Revista Geográfica De América Central*, 1(40), 101-111. <https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/geografica/article/view/1709>
- Hernando-Echeverría, L.; Ruíz-Hernández, A.; Solís-Zamora, K. (2012). Disponibilidad del recurso hídrico en la microcuenca del río Segundo. Región Central de Costa Rica. *Revista Geográfica De América Central*, 1(48), 117-132. <https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/geografica/article/view/4111>

Ligia Hernando Echeverría, Ricardo A. Orozco-Montoya
*La investigación del recurso hídrico en la Escuela de Ciencias Geográficas de la Universidad Nacional:
una mirada a los principales resultados de los balances hídricos en las microcuenca
de la región central de Costa Rica*

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambiental. (2004). Metodología para el cálculo de Índice de Escasez de Agua Superficial. Bogotá, D.C. *IDEAM*.

Marini, M.; Piccolo, M. (2000). El balance hídrico en la cuenca del río Quequén Salado, Argentina. *Papeles de geografía*, (31), 39-53.

Thornthwaite, C.; Mather, J. (1957). *Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and the water balance*.

