

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN
DIRECCIÓN DE PROYECTOS

INFORME DE AVANCE DE PROYECTO DE EXTENSIÓN

Código del Proyecto: 1421031

Nombre del proyecto: **Propuesta de una herramienta de estimación de caudales a corto y mediano plazo para los puntos de captación de las Sociedades de Usuarios de Agua (SUA) de la zona norte de Cartago, Costa Rica.**

Departamento Académico responsable: Escuela de Ingeniería Agrícola

Investigador(a) responsable: MSc. Fernando Watson Hernández

Otros investigadores: Dr. Isabel Guzmán Arias, Lic. Valeria Serrano Nuñez

Período cubierto: 1 de mayo del 2023 al 31 de diciembre del 2024

Resumen

El sector agrícola es una de las actividades con mayor consumo de agua del mundo, así como a nivel del país. A pesar del abundante recurso hídrico de Costa Rica, algunas regiones presentan grandes problemáticas para el acceso de este, como es la zona norte de Cartago, en donde se desarrolla una alta actividad hortícola, y su siembra es de gran relevancia económica para los pobladores. Con el crecimiento demográfico sumado a la variabilidad climática, la demanda ha superado la oferta, y actualmente es más difícil para los productores disponer de este recurso, lo cual puede llegar a afectar negativamente la cantidad y la calidad de sus producciones, e inclusive llevar a la pérdida de sus cultivos.

El proyecto tuvo como objetivo proporcionar de una herramienta de estimación de caudal de los puntos de captación de las Sociedades de Usuarios de Agua (SUA) de la zona a partir de pronósticos climatológicos y escenarios de cambio climático, para ello se desarrolló un modelo hidrológico basado en las características geomorfológicas y datos hidrometeorológicos de la zona, con miras a fortalecer a las SUA y los productores para mejorar su resiliencia, adaptación y manejo del agua frente a variabilidades futuras del clima.

Palabras clave

Recurso hídrico, concesión de agua, cambio climático.

1. Grado de avance:

Ver cuadro de avance de logro de objetivos y actividades.

2. Limitaciones o problemas encontrados:

Durante la ejecución del proyecto, se presentaron diversas limitaciones y problemas que afectaron significativamente el logro de los objetivos y la obtención de los productos esperados. Uno de los principales inconvenientes técnicos fue la necesidad de modificar la ubicación del punto de aforo en el río Reventado, debido a la ausencia total de caudal en el sitio originalmente seleccionado en dos ocasiones. La primera ocurrió el 1 de septiembre de 2023, cuando se determinó que el cauce estaba retenido por una “estructura” aguas arriba. En respuesta, se decidió medir el caudal en este mismo lugar. Posteriormente, se continuaron las mediciones en el sitio inicial definido durante la gira de reconocimiento. Sin embargo, el 9 de febrero de 2024, el cauce volvió a encontrarse completamente seco.

Ante esta situación, se reubicó el equipo de medición de nivel y se retomaron las mediciones de caudal en un nuevo punto, situado aguas arriba de la “estructura”, en la toma de agua administrada por la Dirección de Aguas. Este cambio en la ubicación tuvo un impacto significativo en los resultados, ya que, tras el procesamiento de los datos, no fue posible llevar a cabo la modelación hidrológica de la subcuenca en cuestión.

3. Ejecución Presupuestaria:

A pesar de los desafíos en los procesos de adquisición que afectaron parcialmente la ejecución presupuestaria (66%), esto no representó una limitación significativa para el desarrollo de las actividades. Se logró implementar y mantener en operación equipos en campo durante un periodo de 1,5 años, los cuales continúan en funcionamiento gracias al interés por la continuidad del proyecto manifestado por instituciones públicas como el SENARA. Es importante señalar que estos equipos cuatro pluviómetros y dos estaciones de aforo fueron adquiridos mediante fondos externos al proyecto, lo que permitió asegurar el monitoreo hidrológico en el sitio.

4. Plan de difusión:

Para la socialización de resultados se hizo para dos distintos tipos de beneficiarios:

Grupo técnico: los especialistas encargados del suministro oficial de agua a los productores. A ellos se les facilitó un taller para dar a conocer los alcances de los resultados del proyecto, así como la capacitación en el uso de la herramienta para estimación de caudales, lo cual les permite anticiparse al ordenamiento de la cuota

de entrega de agua a cada productor según las condiciones de disponibilidad en las fuentes de agua.

Grupos de productores: Los productores asociados a las Sociedades de Usuarios del Agua, cuyos puntos de captación formaron parte de este proyecto, tuvieron la presentación de resultados y los beneficios que para ellos representa que sus caudales de aprovechamiento puedan ser debidamente estimados según los patrones de comportamiento climático actual y futuro.

Como parte de la estrategia de comunicación y visibilidad, se ha generado como productos académicos, un artículo científico y próxima participación en el Congreso latinoamericano de Extinción, los cuales se detallan en el Cuadro 1. Adicionalmente, se generaron otros productos cuyas evidencias se muestran en el Anexo 1.

Cuadro 1. Productos académicos generados

Nombre de producto académico	Tipo de producto académico	Estado (aceptado por publicar y publicado)	Base de datos de indexación	Nombre de evento, revista o editorial	Comité científico y/o Consejo editorial
Estimación de Caudales en Cuencas Anidadas Mediante Regionalización Hidrológica: Caso de Estudio en los Ríos Agua Caliente y Retes	Artículo científico	(Enviado a revista)	Latindex, Scielo	Tecnología en Marcha	Si
Herramienta para gestión hídrica en cuencas agrícolas ante el cambio climático, Cartago, Costa Rica.	Ponencia en Congreso	Aceptado		XVIII Congreso Latinoamericano y Caribeño de Extensión Universitaria	Si

5. Observaciones:

Un logro destacado fue la organización y realización de un taller técnico sobre la herramienta de modelación hidrológica HBV, el cual contó con la participación de representantes de diversas instituciones y entidades gubernamentales, tales como la Dirección de Aguas (DA), el Servicio Nacional de Aguas Subterráneas, Riego y

Avenamiento (SENARA) y el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). Aunque el enfoque del proyecto estaba dirigido principalmente a la región de Cartago, el taller atrajo la asistencia de profesionales de la DA y SENARA provenientes de distintas regiones del país, incluyendo Pérez Zeledón, Limón y Guanacaste. Este evento no solo amplió el impacto del proyecto más allá de su área geográfica inicial, sino que también favoreció la consolidación de redes de colaboración interinstitucional y regional, fortaleciendo el intercambio de conocimientos y experiencias en el ámbito de la gestión hídrica.

CUADRO DE AVANCE EN EL LOGRO DE OBJETIVOS ACTIVIDADES

Propósito (objetivo general):	Proporcionar una herramienta de estimación de caudal de los puntos de captación de las Sociedades de Usuarios de Agua (SUA) de la zona a partir de pronósticos climatológicos y escenarios de cambio climático, para ello se desarrolló un modelo hidrológico basado en las características geomorfológicas y datos hidrometeorológicos de la zona, con miras a fortalecer a las SUA y los productores para mejorar su resiliencia, adaptación y manejo del agua frente a variabilidades futuras del clima.		
Componentes (objetivos específicos)	Indicador	% de logro	Comentarios
C.1.1.1. Solicitud de datos hidro-meteorológicos a las instituciones	Historial de serie de datos de mínimo de 30 años.	100	
C.1.1.2. Análisis de series de datos hidroclimáticos	Pruebas estadísticas aprobadas.	100	
C.2.2.1. Determinación de la topografía	Modelo de Elevación Digital sin depresiones superficiales.	100	
C.2.2.2. Determinación del uso de suelo	Coeficiente kappa de Cohen bueno a muy bueno.	100	
C.2.2.3. Análisis morfológico	Parámetros: Longitud del cauce, área, pendiente del cauce, orden de corriente, densidad de drenaje, coeficiente de forma, compacidad y alargamiento	100	
C.3.3.1. Calibración del modelo hidrológico	Coeficiente de eficiencia Nash-Sutcliffe (NSE) bueno a muy bueno	100	
C.3.3.2. Validación del modelo hidrológico	Coeficiente Nash-Sutcliffe (NSE) y PBIAS de bueno a muy bueno.	100	
C.3.3.3. Simulación de escenarios	Coeficiente de eficiencia Nash-Sutcliffe (NSE) bueno a muy bueno.	100	
C.4.4.1. Resumen y divulgación de los resultados	Ejecución de talleres.	100	

Grado de avance global a la fecha 100 %.

Anexo 1:

Fecha	Actividades		Número de anexo / enlace / carpeta / respaldo digital
21/07/2023	Gira	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Reconocimiento y selección de puntos de aforos en el Río Retes (Punto 1) y Río Reventado (Punto 2). ▪ Instalación de sensores de nivel. ▪ Medición de caudales. 	<p>Anexo #3 Medición de caudales.xlsm</p>
03/08/2023	Gira	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Descarga de datos del pluviómetro y sensores de nivel. ▪ Medición de caudales. 	
17/08/2023	Gira	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Descarga de datos del pluviómetro y sensores de nivel. ▪ Medición de caudales. 	
01/09/2023	Gira	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Descarga de datos del pluviómetro y sensores de nivel. ▪ Medición de caudales (el punto 2 se midió aguas arriba debido a que el cauce se encontraba seco) 	
28/09/2023	Gira	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Descarga de datos del pluviómetro y sensores de nivel. ▪ Medición de caudales. 	
10/11/2023	Gira	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Descarga de datos del pluviómetro y sensores de nivel. ▪ Medición de caudales. 	
08/12/2023	Gira	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Descarga de datos del pluviómetro y sensores de nivel. ▪ Medición de caudales. 	
09/02/2024	Gira	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Modificación definitiva del Punto 2, aguas arriba, y reinstalación del sensor de nivel. ▪ Descarga de datos del pluviómetro y sensores de nivel. ▪ Medición de caudales. 	
23/02/2024	Gira	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Descarga de datos del pluviómetro y sensores de nivel. ▪ Medición de caudales. 	
08/03/2024	Gira	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Descarga de datos del pluviómetro y sensores de nivel. ▪ Medición de caudales. 	
22/03/2024	Gira	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Descarga de datos del pluviómetro y sensores de nivel. ▪ Medición de caudales. 	
04/04/2024	Gira	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Descarga de datos del pluviómetro y sensores de nivel. ▪ Medición de caudales. 	
18/04/2024	Gira	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Descarga de datos del pluviómetro y sensores de nivel. ▪ Medición de caudales. 	

10/05/2024	Gira	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Descarga de datos del pluviómetro y sensores de nivel. ▪ Medición de caudales. 	
31/05/2024	Gira	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Descarga de datos del pluviómetro y sensores de nivel. ▪ Medición de caudales. 	
21/06/2024	Gira	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Descarga de datos del pluviómetro y sensores de nivel. ▪ Medición de caudales. 	
22/08/2024	Gira	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Descarga de datos del pluviómetro y sensores de nivel. ▪ Medición de caudales. 	
01/11/2024	Gira	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Descarga de datos del pluviómetro y sensores de nivel. ▪ Medición de caudales. 	
17/12/2024	Taller de capacitación	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Presentación del proyecto. ▪ Introducción al modelo HBV. ▪ Preparación de los datos de entrada. ▪ Práctica de calibración del modelo. ▪ Implementación de escenarios de disminución de precipitación. ▪ Estimación de caudales bajo escenarios de reducción de precipitación. 	<p>Anexo 4</p> <p>Taller de Capacitación - Presentación #1.pdf</p> <p>Taller de capacitación - Presentación #2.pdf</p> <p>Anexo 5 Taller de capacitación - Presentación #3.html</p>