

**ANÁLISIS DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD HÍDRICA EN LA MICROCUENCA  
DEL RÍO SORORIA, JURISDICCIÓN DE LA JAGUA DE IBIRICO (CESAR)**



**AUTOR:**

LILIAN DAYANA ARAÚJO RAMÍREZ.

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR.  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y TECNOLOGÍAS.  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA.  
VALLEDUPAR – CESAR.**

**2025-2**

**ANÁLISIS DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD HÍDRICA EN LA MICROCUENCA  
DEL RÍO SORORIA, JURISDICCIÓN DE LA JAGUA DE IBIRICO (CESAR)**

**AUTOR:**

LILIAN DAYANA ARAÚJO RAMÍREZ.

**DIRECTOR:**

JOSÉ MAURICIO PÉREZ ROYERO.

MAGÍSTER EN CIENCIAS AMBIENTALES.

**CODIRECTOR:**

JAIME LUÍS ARIZA RESTREPO.

MAGÍSTER EN CIENCIAS AMBIENTALES.

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR.**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y TECNOLÓGICAS.**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA.**

**VALLEDUPAR – CESAR.**

**2025-2.**

## RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo analizar el Índice de Vulnerabilidad Hídrica (IVH) en la microcuenca del río Sororia, ubicada en la jurisdicción de La Jagua de Ibirico (Cesar), aplicando la metodología definida en la Resolución 562 de 2017. Para ello, se examinó la serie de caudales históricos (2000–2024) y las políticas de ordenamiento territorial de la cuenca, lo que permitió establecer la dinámica de la oferta hídrica y su relación con los usos actuales del suelo. Los resultados mostraron que la microcuenca presenta una alta capacidad de regulación hídrica ( $IRH = 0,834$ ) y una baja presión sobre el recurso ( $IUA = 0,15$ ); sin embargo, el valor del IVH se ubicó en la categoría media ( $0,23-0,29$ ), principalmente debido a la degradación de coberturas vegetales (más del 60% en pastos erosionados) y a la calidad del agua moderada ( $ICA \approx 0,70$ ). El análisis espacial con apoyo de mapas temáticos (uso del suelo, precipitación, clima y temperatura) evidenció que la estacionalidad climática (1000–3000 mm/año de precipitación, temperaturas de 18–24 °C), sumada a la presión antrópica, incrementa la vulnerabilidad de ciertos sectores de la cuenca. Finalmente, se propusieron medidas de intervención prospectiva orientadas a la restauración ecológica, la gestión de la demanda de agua y el fortalecimiento institucional, con el fin de garantizar la seguridad hídrica y reducir la vulnerabilidad en un horizonte de 15 años.

Palabras claves: cambio climático, cuenca hidrográfica, vulnerabilidad hídrica.

## ABSTRACT

This study aimed to analyze the Water Vulnerability Index (IVH) in the Sororia River micro-basin, located in the jurisdiction of La Jagua de Ibirico (Cesar), applying the methodology established in Resolution 562 of 2017. The analysis considered the historical streamflow series (2000–2024) and territorial planning policies, which allowed the characterization of water availability and its relationship with current land uses. Results showed that the micro-basin has a high-water retention and regulation capacity ( $IRH = 0.834$ ) and low pressure on water resources ( $IUA = 0.15$ ). Nevertheless, the IVH was classified as medium vulnerability (0.23–0.29), mainly due to vegetation cover degradation (over 60% in eroded pastures) and moderate water quality ( $ICA \approx 0.70$ ). The spatial analysis supported by thematic maps (land use, precipitation, climate, and temperature) highlighted that climatic seasonality (1000–3000 mm/year rainfall, temperatures between 18–24 °C), combined with anthropogenic pressures, increases the vulnerability of certain areas. Finally, prospective intervention measures were proposed, focusing on ecological restoration, water demand management, and institutional strengthening, aiming to ensure water security and reduce vulnerability within a 15-year horizon.

Keywords: climate change, watershed, water vulnerability.

**CONTENIDO.**

<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>3</b>
<b>AGRADECIMIENTOS.....</b>	<b>4</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>5</b>
<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>9</b>
<b>LISTA DE TABLAS.....</b>	<b>10</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>11</b>
<b>1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>13</b>
<b>2. JUSTIFICACIÓN.....</b>	<b>16</b>
<b>3. OBJETIVOS.....</b>	<b>18</b>
<b>3.1 OBJETIVO GENERAL.....</b>	<b>18</b>
<b>3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....</b>	<b>18</b>
<b>4. MARCO REFERENCIAL.....</b>	<b>19</b>
<b>4.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>19</b>
<b>4.2 MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>23</b>
<b>4.5 MARCO LEGAL.....</b>	<b>42</b>
<b>5 MARCO METODOLÓGICO.....</b>	<b>46</b>
<b>5.1 LINEA Y SUBLINEA DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>46</b>
<b>5.2 ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>47</b>

5.3	ALCANCE DE INVESTIGACIÓN.....	47
5.4	POBLACIÓN DE ESTUDIO.....	47
5.5	MUESTRA POBLACIONAL.....	48
6.	RESULTADOS Y ANÁLISIS .....	59
7.	CONCLUSIONES .....	2
8.	RECOMENDACIONES .....	99
	BIBLIOGRAFÍA.....	100



## LISTA DE FIGURAS.

<b>Figura 1.</b> Variaciones en la temperatura a causa del cambio climático.....	25
<b>Figura 2.</b> Partes de una cuenca hidrográfica.....	28
<b>Figura 3.</b> Ubicación de la microcuenca del río Sororia.....	41
<b>Figura 4.</b> Ubicación de la estación La Jagua.....	62
<b>Figura 5.</b> Caudales promedios mensuales reportados.....	68
<b>Figura 6.</b> Curva de Duración de Caudales (CDC).....	71
<b>Figura 7.</b> Usos del suelo de la cuenca.....	85
<b>Figura 8.</b> Mapa de uso del suelo actual.....	85
<b>Figura 9.</b> Mapa de precipitaciones.....	89
<b>Figura 10.</b> Mapa de clima.....	91
<b>Figura 11.</b> Mapa de temperatura.....	92
<b>Figura 12.</b> Mapa de IVH con integración de las variables anteriores.....	94



## LISTA DE TABLAS.

<b>Tabla 1.</b> impactos del cambio climático. ....	24
<b>Tabla 2.</b> Jerarquía de las cuencas hidrográficas .....	26
<b>Tabla 3.</b> Factores determinantes de la vulnerabilidad hídrica.....	29
<b>Tabla 4.</b> Componentes principales del IVH según IDEAM (2015) .....	32
<b>Tabla 5</b> Normatividad aplicable.....	42
<b>Tabla 6</b> . Cálculo del IRH .....	42
<b>Tabla 7</b> Rangos y categorías identificados para el IUA. ....	49
<b>Tabla 8.</b> Matriz de relación de rangos IRH Y IUA. ....	50
<b>Tabla 9.</b> Fuentes consultadas para el análisis de caudales históricos.....	51
<b>Tabla 10.</b> Distribución histórica de caudales reportados desde 2000 a 2024 .....	65
<b>Tabla 11.</b> Promedio de caudales mensuales reportados desde el 2000 a 2024.....	67
<b>Tabla 12.</b> Comparación de caudales de manera cualitativa según datos de 2000 a 2024 .....	70
<b>Tabla 13.</b> Cálculo del IRH .....	70
<b>Tabla 14.</b> Oferta mensual y anual de la microcuenca:.....	75
<b>Tabla 15.</b> Demanda de agua .....	77
<b>Tabla 16.</b> Datos de proyección de IUA .....	79
<b>Tabla 17.</b> Proyección del IVH a 15 años.....	81
<b>Tabla 18.</b> Características por tipo de suelo.....	83
<b>Tabla 19.</b> Medidas propuestas.....	0

## 7. RECOMENDACIONES

Fortalecer la planificación ambiental y territorial: Incorporar los resultados del Índice de Vulnerabilidad Hídrica (IVH) en los instrumentos de ordenamiento (POMCA, POT, EOT), garantizando que las decisiones de uso del suelo consideren la capacidad de regulación hídrica y la vulnerabilidad espacial de la microcuenca.

Impulsar programas de restauración ecológica y conservación de coberturas: Priorizar la recuperación de áreas de pastos degradados ( $\approx 60\%$  del territorio) y la ampliación de bosques densos, para mejorar la regulación hídrica, controlar la erosión y favorecer la recarga de acuíferos.

Gestionar la demanda de agua con enfoque en eficiencia: Fomentar el uso de tecnologías de riego tecnificado y prácticas agroecológicas que reduzcan la presión sobre el recurso, complementadas con sistemas de cosecha de agua lluvia y reservorios en zonas productivas.

Fortalecer la gobernanza y participación comunitaria: Promover la organización de usuarios del agua en acueductos veredales y asociaciones campesinas, vinculándolos a programas de educación ambiental, cultura del agua y esquemas de Pago por Servicios Ambientales (PSA).

Implementar un sistema de monitoreo integral: Establecer una red hidrometeorológica y de calidad del agua en la cuenca, con seguimiento periódico del IVH (mínimo cada 5 años), para evaluar tendencias y ajustar las medidas de gestión.

Incorporar la gestión del riesgo climático en la gestión hídrica: Diseñar escenarios prospectivos que integren la variabilidad climática y el cambio climático, considerando

las proyecciones de temperatura (18–24 °C) y precipitaciones (1000–3000 mm/año), con el fin de anticipar impactos sobre la oferta y la demanda del recurso.

Asegurar la articulación interinstitucional: Coordinar esfuerzos entre autoridades ambientales (CORPOCESAR, MADS), entes territoriales, usuarios agrícolas, mineros y comunidades rurales, garantizando la implementación de medidas conjuntas para reducir la vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico.



## 10. BIBLIOGRAFÍA.

- Alarcón, J. C., Zafra, C., & Echeverri, L. (2019). Cambio climático y recursos hídricos en Colombia. Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica. Obtenido de Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica. Julio-diciembre
- Álvarez, M., & Rudas, G. (2019). Transformaciones del uso del suelo y degradación ambiental en cuencas andinas. Universidad Nacional de Colombia.
- Arévalo, J. (2019). Calidad del agua en cuencas hidrográficas impactadas por minería de carbón en el Cesar, Colombia. *Revista Luna Azul*, 48, 65–83.
- Banco Mundial. (2020). Gestión del agua en América Latina: desafíos para la sostenibilidad. Washington, D.C.
- Cabrera, J. (2020). IMEFEN: INSTITUTO PARA LA MITIGACIÓN DE LOS EFECTOS DEL FENÓMENO EL NIÑO. Obtenido de Calibración de Modelos Hidrológicos: [http://www.imefen.uni.edu.pe/Temas\\_interes/modhidro\\_2.pdf](http://www.imefen.uni.edu.pe/Temas_interes/modhidro_2.pdf)
- Cardona, S., Pérez, M., & Tovar, J. (2021). Impactos acumulativos de la minería del carbón en cuencas del Cesar y La Guajira. *Revista de Gestión Ambiental y Territorio*, 10(3), 44–61.
- Carmona, A., & Valencia, L. (2020). Evaluación de la resiliencia ecológica en microcuencas andinas afectadas por actividades antrópicas. *Revista Ecosistemas*, 29(2), 55–69.
- Cruz, A. (2024). Determinación de indicadores hídricos de cambio climático para el lago de Tota Aquitania Boyacá. En línea:

<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/65288/djczusa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Cruz, L. (2024). Determinación de indicadores hídricos de cambio climático para el lago de Tota, Boyacá. Universidad Nacional Abierta y a Distancia.
- DANE. (2023). Panorama social de los hogares rurales en Colombia. Departamento Administrativo Nacional de Estadística.
- Etter, A., Andrade, A., & Sarmiento, C. (2020). Transformaciones del paisaje en el Caribe colombiano: implicaciones para la gestión de cuencas hidrográficas. Instituto Humboldt.
- FAO. (2017). Suelos y agua: una alianza estratégica. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Roma.
- FAO. (2020). Guía para el manejo sostenible del suelo y el agua en zonas de ladera. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- FAO. (2022). Agua, territorio y sostenibilidad: Lineamientos para la gestión hídrica rural en América Latina. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- García Olmos, C. F. (2007). Regulación hídrica bajo tres coberturas vegetales en la cuenca del río San Cristóbal, Bogotá D.C. *Colombia Forestal*, 10(21), 59–76.
- Gaviria Arbeláez, C. J. (2019). *Regionalización de curvas de duración de caudales en Colombia* [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio Institucional UNAL.

- IDEAM. (2018). Estudio Nacional del Agua 2018. Bogotá: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.
- IDEAM. (2018). *Estudio Nacional del Agua 2018*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Bogotá D.C.
- IDEAM. (2018). Estudio Nacional del Agua 2018. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Bogotá D.C.
- IDEAM. (2019). *Guía metodológica para la estimación del índice de vulnerabilidad hídrica – IVH*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia.  
<https://www.ideam.gov.co>
- IDEAM. (2019). *Guía metodológica para la estimación del IRH*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. <https://www.ideam.gov.co>
- IDEAM. (2019). *Guía metodológica para la estimación del IUA*. *Guía metodológica*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.  
<https://www.ideam.gov.co>
- IDEAM. (2021). Evaluación de los recursos hídricos en Colombia: Cuencas hidrográficas prioritarias. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.
- IDEAM. (2021). Evaluación de los recursos hídricos en Colombia: Cuencas hidrográficas prioritarias. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.
- IDEAM. (2021). Evaluación del estado de las cuencas hidrográficas del Caribe colombiano. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales-IDEAM. (2017). GUÍA METODOLÓGICA PARA LA ESTIMACIÓN DEL CAUDAL AMBIENTAL.

[https://acmineria.com.co/acm/wp-content/uploads/normativas/guia\\_ca\\_version\\_cp.pdf](https://acmineria.com.co/acm/wp-content/uploads/normativas/guia_ca_version_cp.pdf)

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales-IDEAM. (2018). Estudio Nacional del Agua-ENA. Bogotá D.C.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales-IDEAM. (2020). Hoja metodológica de la Demanda Hídrica de las actividades socioeconómicas y los ecosistemas. <https://bit.ly/3ZRyTu4>

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales-IDEAM. (2020). Hoja metodológica del Índice de Retención y Regulación Hídrica. <https://bit.ly/3ZMrgVV>

IPCC Panel Intergubernamental de Cambio Climático. (2007). Resumen para responsables de Políticas. En IPCC, Cambio Climático 2007: Impactos y Vulnerabilidad. Contribución del Grupo de Trabajo II al Cuarto Informe de Evaluación del IPCC

Ivanova, Y., Huertas Lugo, V. D., & Pulgarín Herrera, M. F. (2020). Incidencia del cambio de coberturas vegetales sobre la capacidad de regulación hídrica en la cuenca del río Cuja, Colombia. *Revista EIA*, 17(34), 1–15.

Leff, E. (2020). Saber ambiental: Sustentabilidad, racionalidad y complejidad. Siglo XXI Editores.

Leff, E. (2020). Saber ambiental: Sustentabilidad, racionalidad y complejidad. Siglo XXI Editores.

León, C., & Prada, J. (2022). Gobernanza del agua y políticas ambientales en Colombia. *Revista de Estudios Ambientales*, 16(1), 44–59.

- León, C., & Prada, J. (2022). Gobernanza del agua y políticas públicas ambientales en Colombia: una mirada desde las cuencas hidrográficas. *Revista de Estudios Ambientales*, 16(1), 44–59.
- León, J., Mora, D., & Hernández, A. (2018). Impactos del cultivo de palma africana sobre los recursos hídricos en ecosistemas tropicales. *Revista Ambiente y Desarrollo*, 22(43), 65–78.
- MADS. (2022). Guía técnica para la aplicación del Índice de Vulnerabilidad Hídrica (IVH) en cuencas hidrográficas. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2017). *Resolución 562 de 2017, por la cual se adopta la metodología para la determinación de caudales ambientales en Colombia*. Diario Oficial No. 50.196, 7 de abril de 2017.  
<https://www.minambiente.gov.co>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2019). Guía metodológica para la formulación de Planes de Ordenamiento del Recurso Hídrico (PORH). Bogotá: MADS.
- Pabón, J. D., Eslava, J. A., & Gómez, R. (2017). Variabilidad y cambio climático en Colombia: impactos en recursos hídricos. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 41(160), 7–20
- Pabón-Caicedo, J. D. (2019). Riesgos y vulnerabilidad ambiental en sistemas hídricos de montaña colombianos. Universidad Nacional de Colombia.

- Pérez, J., & Vargas, D. (2019). Condiciones socioeconómicas y vulnerabilidad ambiental en zonas rurales de Colombia. *Revista Gestión Ambiental y Desarrollo Sostenible*, 14(1), 33–50.
- Ramírez Medina, J. A. (2023). Análisis de la oferta y demanda usando índices hídricos en las microcuencas: La Santa Elena; La Miel y La López, pertenecientes a la cuenca del río Aburra-Medellín, 2023 [Trabajo de Grado]. Universidad de Antioquia, Medellín.
- Ramírez, D. (2023). Análisis de la oferta y demanda usando índices hídricos en las microcuencas La Santa Elena, La Miel y La López, cuenca del río Aburrá-Medellín. Universidad de Antioquia.
- Rangel, J. O., & Carvajal, L. (2012). Ecosistemas de la Serranía del Perijá. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia.
- Rangel, J., & Carvajal, L. (2020). Transformaciones del uso del suelo y vulnerabilidad ecológica en microcuencas del Cesar. *Revista Gestión Ambiental y Desarrollo*, 12(3), 22–39.
- Rangel-Ch., J. O. (2015). Biodiversidad y ecosistemas del Caribe colombiano: diagnóstico y perspectivas de conservación. Universidad Nacional de Colombia.
- Rincón, A. C. & Gutiérrez, K. V. (2021). *Cálculo del Índice de vulnerabilidad hídrica en la Cuenca del Río Chicamocha en los Departamentos Boyacá-Santander en escenarios de cambio climático*. Recuperado de:  
<http://hdl.handle.net/11349/26097>

- Rincón, J., & Gutiérrez, M. (2021). Cálculo del índice de vulnerabilidad hídrica en la cuenca del río Chicamocha en escenarios de cambio climático. Universidad Distrital F. J. de Caldas.
- Rodríguez, C., & Vélez, J. (2020). Gestión integrada del recurso hídrico en microcuencas rurales del Caribe colombiano. *Revista de Estudios Ambientales*, 15(2), 45–63.
- Rodríguez, C., & Vélez, J. (2020). Gestión integrada del recurso hídrico en microcuencas rurales del Caribe colombiano. *Revista de Estudios Ambientales*, 15(2), 45–63.
- Suárez, P. (2024). Determinación del índice de vulnerabilidad hídrica en la cuenca media del río Villanueva, La Guajira. Universidad Popular del Cesar.
- UNESCO. (2021). Educación para el desarrollo sostenible: una hoja de ruta. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura.
- Valencia-Leguizamón, J., & Tobón, C. (2017). Influencia de la vegetación en el funcionamiento hidrológico de cuencas de humedales de alta montaña tropical. *Ecosistemas*, 26(2), 61–70.
- Vargas, E., Cárdenas, J., & Mejía, A. (2021). Análisis de la vulnerabilidad hídrica y zonas susceptibles de inundación para la gestión del riesgo en Villavicencio. Universidad Nacional Abierta y a Distancia.
- Vargas, F., Prada, I., Arana, B., (2021). análisis de la vulnerabilidad hídrica y las zonas susceptibles de inundación para la gestión del riesgo en el municipio de Villavicencio. En línea:  
<https://repository.unad.edu.co/jspui/bitstream/10596/60298/1/ipradac.pdf>

ANEXOS

**Anexo 1. Datos del cálculo de la curva de caudales**

<b>Mes</b>	<b>Caudal (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Prob. excedencia</b>
<b>Octubre</b>	37,7	0,077
<b>Noviembre</b>	32,44	0,154
<b>Septiembre</b>	29,49	0,231
<b>Mayo</b>	22,6	0,308
<b>Diciembre</b>	21,56	0,385
<b>Agosto</b>	19,91	0,462
<b>Junio</b>	19,63	0,538
<b>Julio</b>	17,71	0,615
<b>Abril</b>	17,61	0,692
<b>Enero</b>	10,92	0,769
<b>Marzo</b>	10,4	0,846
<b>Febrero</b>	6,88	0,923

