

Vulnerabilidad actual y futura de la seguridad hídrica, de la cuenca del río Changuinola, Panamá.

Jeffrey Ramos¹ 

¹Universidad Tecnológica de Panamá, Centro Regional de Bocas del Toro. República de Panamá.
Jeffrey.ramos@utp.ac.pa
DOI: 10.33412/pri.v16.1.3909



Resumen: *La comunidad científica en la actualidad coincide en que las personas sentirán el efecto del cambio climático a través del recurso hídrico, especialmente, en la variabilidad de los caudales. La presente investigación se desarrolló con el propósito de generar información científica relevante en torno al comportamiento en el futuro cercano (2014-2030) y lejano (2046-2065) de los elementos del clima entre estos, la precipitación, temperatura, su influencia en la escorrentía, erosión y de la misma forma establecer la vulnerabilidad de los capitales biológicos, físicos y socioeconómicos integrada en la teoría adaptada para el análisis de la seguridad hídrica ante la variación futura de estos elementos (la precipitación, temperatura) haciendo énfasis primordialmente, en el efecto que en el futuro tendrá el cambio climático en la producción de agua en la cuenca del río Changuinola y de esta forma, contribuir al fortalecimiento del conocimiento científico para la toma de decisiones por parte de los gobernantes locales.*

Palabras claves: Cuenas Hidrográficas, Cambio Climático, Seguridad Hídrica, Recursos Naturales.

Title: Current and future vulnerability to water security, adverse effects to climate change and climate variability existing in the Changuinola River basin.

Abstract: The scientific community currently agrees that people will feel the effect of climate change through water resources, especially in the variability of flows. This research was developed with the purpose of generating relevant scientific information about the behavior in the near future (2014-2030) and distant future (2046-2065) of the climate elements, including precipitation, temperature, their influence on the runoff, erosion and in the same way establish the vulnerability of biological, physical and socioeconomic capitals integrated into the theory adapted for the analysis of water security in the face of future variation of these elements (precipitation, temperature) emphasizing primarily the effect that climate change will have in the future on water production in the Changuinola River basin and in this way,

contribute to the strengthening of scientific knowledge for decision-making by local governments.

Key words: Hydrographic Basins, Climate Change, Water Security, Natural Resources.

Tipo de artículo: investigación.

Fecha de recepción: 20 de noviembre de 2023.

Fecha de aceptación: 20 de febrero de 2025.

1. Introducción

La convención Marco de las Naciones unidas sobre el cambio climático, afirma que el cambio climático es un problema mundial, y constituye una amenaza con posibles efectos irreversibles para el ser humano [1]. Aseveran que se necesita de la participación de todos los países a fin de reducir los riesgos y efectos del cambio climático, las cuales deberán comprometerse en la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y mantener el aumento medio de la temperatura inferior a los 2°C teniendo como referencia los niveles preindustriales.

Los planteamientos permiten inferir que el cambio climático es una consecuencia directa de las actividades antrópicas, las cuales alteran la composición de la atmósfera haciendo variar los elementos que lo componen.

Según [2] Investigaciones realizadas por el grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático (IPCC) reflejan el impacto que produce el cambio climático sobre los subsistemas (biológico, físicos y socioeconómico) existentes en las cuencas hidrográficas, sobre todo en el componente agua.

Los modelos globales de cambio climático coinciden en su gran mayoría que el calentamiento global podría variar entre 1°C y 4°C impactando los recursos hídricos tanto en la disponibilidad como en la calidad [3].

Las proyecciones al año 2050 para Panamá reflejan un aumento generalizado de las temperaturas entre 0.5°C y 2°C [4] con un aumento de la variabilidad de los patrones de lluvia que de seguro, impactara en la seguridad hídrica entendida como, la capacidad de una población para salvaguardar el acceso sostenible a cantidades adecuadas de agua de calidad aceptable para el sostenimiento de los medios de vida, el bienestar humano y el desarrollo socioeconómico, para garantizar la protección contra la contaminación transmitida por el agua y los desastres relacionados con el agua, y para la conservación de los ecosistemas en un clima de paz y estabilidad política [5].

La República de Panamá cuenta con una reserva hídrica importante, gracias a la abundante precipitación anual que se estima en un promedio de 2,924 litros de lluvia por metro cuadrado; con más 500 ríos que dividen nuestro territorio naturalmente en 52 cuencas hidrográficas garantizando un aproximado de 119 mil millones de metros cúbicos, resultando 29,000 metros cúbicos de agua dulce per cápita disponible [6].

Sin embargo, en los últimos años, este escenario de abundancia ha sido puesto en duda, debido al aumento de los conflictos por el uso del agua. El crecimiento poblacional, el rápido desarrollo económico, la urbanización y sobre todo los efectos adversos del cambio climático global [7].

Esta realidad obliga al gobierno a implementar medidas afines de garantizar la sostenibilidad del vital líquido. Mediante Resolución de Gabinete No. 84, de 11 de agosto 2015 [8], se declaró estado de emergencia y se creó el Comité de Alto Nivel de Seguridad Hídrica, que se constituye en la hoja de ruta solidaria que como país debemos seguir para que el agua mejore nuestra calidad de vida; Uno de sus componentes lo constituye el desarrollo de investigaciones en torno al cambio climático y su influencia en la seguridad hídrica enmarcado dentro de las metas orientadas a mantener las cuencas hidrográficas saludables [9].

Las principales actividades económicas del distrito de Changuinola corresponden a la producción bananera y la generación eléctrica, ambas dependientes del recurso agua, sin embargo, los escenarios climáticos estimados para el 2030 por el IPCC señalan el aumento de la temperatura y disminución de la precipitación para la parte norte del Caribe centro americano aspecto que incluye a la provincia bocatoreña. De darse esta situación, podría afectar el normal desarrollo de dichas actividades, impactando en la calidad de vida de los que viven en esta provincia.

En definitiva, la provisión confiable de agua en cantidad y calidad que no afecte a la salud ni los bienes y servicios de la población presenta grandes incertidumbres ante el cambio climático en la cuenca en estudio, razón que nos motiva a realizar el presente artículo.

2. Materiales y métodos

La cuenca del río Changuinola posee una superficie de 298,200 hectáreas divididas en tres zonas. La cuenca baja con una superficie de 117987.36 ha (39.5%), la parte media cuenta con 107533.38 ha (36.06%) y la parte alta 62600.04 ha (20.99%).

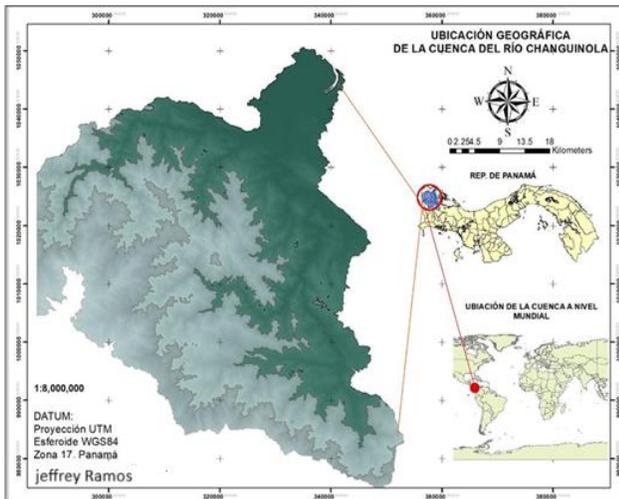


Figura1: Posición Geográfica de la Cuenca del río Changuinola Elaboración a través del sistema de información geográfica, con imagen satelital Lansat TM. Validado con planos de El instituto cartográfico nacional Tomy Guardia.

En la cuenca del río Changuinola, se destacan las pendientes entre (26 y 50%) representan un 37.8% de la superficie total, seguido de desniveles entre (50 – 75%) constituyen un 23.9%, mientras que las de menor declive (2 – 15%) lo forman el 16.9%.

Se evaluó el nivel de vulnerabilidad en cuatro corregimientos: **Changuinola, Empalme, Gloria, Valle Risco**. Ver en la figura 2.

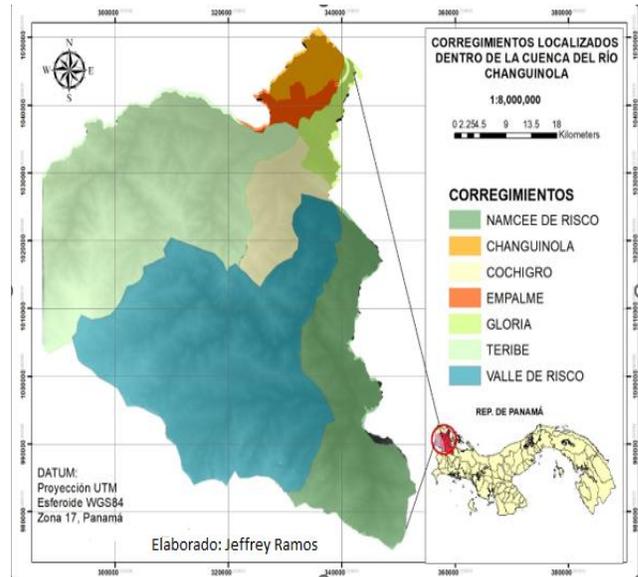


Figura 2: Corregimientos ubicados dentro de la cuenca del río Changuinola.

2.1 Métodos de Evaluación

La vulnerabilidad fue determinada valorando las siguientes variables: **Exposición** determinada por los elementos expuestos a fenómenos relacionados con el cambio climático. En el caso de la cuenca del río Changuinola, se estudiarán específicamente la exposición a inundaciones y deslizamientos de tierra.

Instrumentos documentales: Mapas geológicos, geomorfológicos, edáficos, uso del suelo, cobertura boscosa, humedad del suelo (confeccionado en formato Shp en la fase de caracterización), base de datos de precipitación, imágenes satelitales, fotografías aéreas.

Instrumento tecnológico: Software ArcGIS 10.3.

Riesgo por inundación: Esta variable se obtuvo a través de la digitalización de zonas inundables en el área de estudio.

Sensibilidad y Capacidad de adaptación: Los índices de sensibilidad se obtuvieron mediante indicadores que se seleccionaron a través del método DELPHI [10], y en base a la consulta de expertos. La escala de calificación que se utilizará será de tipo Likert de 1 a 3. Los indicadores se agregarán por tipo de capitales siguiendo los conceptos del Department for International Development (DFID). Posteriormente, se aplicó una encuesta a la población adulta a fin de analizar el grado de sensibilidad ante el cambio climático.

Tabla 1: Indicadores de capacidad de adaptación.

Valor	Capacidad de Adaptación	Descripción
1	Baja:	Situación desfavorable, se necesita mejorar.
2	Moderada:	Aceptable, se requiere de ajustes mínimos.
3	Alta:	situación/condición favorable.

Considerando [11] los tres atributos que componen la vulnerabilidad, se aplicó una función lineal, donde los valores obtenidos de exposición y sensibilidad se adicionan y luego se resta la capacidad de adaptación, obteniendo como resultado el valor final de vulnerabilidad. Se resume en la fórmula siguiente:

$$V=E+S-CA.$$

Esta investigación es de tipo descriptivo y enfoque cuantitativo. Sampieri H, 2014 [12] señala que el estudio descriptivo busca detallar las propiedades y las peculiaridades de personas, o cualquier otro fenómeno que se someta un análisis y el enfoque cuantitativo es aquella en la que se recogen y analizan datos sobre variables.

3.Resultados y discusión

El corregimiento de El Empalme Changuinola presenta un bajo índice de vulnerabilidad, cuenta con un excelente capital natural debido a la cobertura boscosa existente en el área, (bosque húmedo tropical con 8.517 %) aunque, se requiere de un plan de manejo para la protección de la red hídrica existente

En cuanto al capital físico, según las encuestas, la mayoría de los servicios públicos son eficientes, exceptuando el sistema de saneamiento, observando la presencia de aguas servidas en la mayoría de las avenidas del corregimiento, el manejo de los desechos sólidos por parte de las autoridades es deficiente aspecto que podría en un futuro cercano aumentar la posibilidad de la proliferación de diversas enfermedades a los habitantes.

A través de visita a campo, la sensibilidad de la seguridad hídrica en el corregimiento Changuinola, desde el punto de vista del capital financiero, es más latente en donde, predomina el monocultivo, específicamente la producción de banano la cual, es altamente dependiente de los recursos naturales, específicamente la calidad del suelo y la precipitación, estas, podrían sufrir alteraciones negativas debido al cambio climático, lo que causaría graves problemas a las actividades socioeconómicas no solo al corregimiento en estudio, si no, en toda la provincia bocatoreña.

El capital humano, en el corregimiento los habitantes tienen oportunidad para estudiar hasta el nivel secundario (media) y universitario, a pesar de que la tasa de analfabetismo en la provincia según informe de estadística y censo es el 12% todos los encuestados señalaron tener un nivel educativo entre Premedia y media lo que permite inferir que el porcentaje de analfabetismo sea bajo [13].

En relación con el capital social, se observa una alta sensibilidad considerando, la poca organización de sus habitantes, de las 90 personas encuestadas de un muestreo aleatorio, 75 (83.3%) señalan que la población no está organizada, sin embargo, el 90% señalan la existencia de las instituciones estatales en el corregimiento las cuales, deberían ser aprovechados por la población una vez logrado el nivel organizativo para promover mayores oportunidades para el desarrollo local.

Por otro lado, el capital natural es catalogada con baja sensibilidad, ya que la mayoría de las fuentes hídricas poseen buena cantidad de bosques ribereños, aunque en los últimos años se observa pequeños parches dedicados a la ganadería y agricultura de subsistencia, la cantidad y calidad del agua es considerada buena para abastecer a la población existente en el corregimiento.

Con respecto al corregimiento de la Gloria, al igual que El Empalme, ambas presentan una alta exposición a las inundaciones (3.0) baja la capacidad de adaptación en los capitales naturales, financieros, humanos y sociales.

El cambio climático será más significativo para los corregimientos cuya economía depende de las actividades agropecuarias y de los recursos naturales, este es el caso de la

Gloria, en donde los resultados señalan un alto índice de vulnerabilidad, destacándose, una alta sensibilidad en los recursos naturales, productos de la deforestación observada en los bosques ribereños para la actividad agropecuaria de subsistencia, la inexistencia de agua potable, la posibilidad de contaminar el agua de consumo humano por la instalación de letrinas próxima a las fuentes hídricas.

Según los datos obtenidos, se puede inferir de manera general que el capital que mejor se adapta a los combates posibles del cambio climático es el físico, caracterizado por una sensibilidad de 1.8 y una capacidad de adaptación de 2.2 ponderados de excelente a bueno, mientras que el capital con menos capacidad de adaptación sería el financiero con sensibilidad de 2.3 considerados como regular y capacidad de adaptación de 1 considerado como muy mala.

Por otra parte, el corregimiento de Valle Risco presenta una vulnerabilidad entre baja y media (1.8) lo que implica que presenta buenas alternativas para poder enfrentar las secuelas que pudiera traer el cambio climático.

Con base a los diferentes capitales establecidos por la organización mundial de la alimentación empleados en la encuesta aplicadas a los habitantes que participaron de la muestra, el capital físico demuestra mejores condiciones, presentando promedios de 1.2 en sensibilidad considerado como baja y 2.8 interpretados como alta capacidad de adaptación, comparativamente con el capital financiero que presenta una regular sensibilidad de 2.2 y mala capacidad de adaptación 1.5. Es necesario destacar la baja capacidad de adaptación en los capitales financieros 1.5 humanos 1.7 y social 1.2; por lo contrario, la sensibilidad presenta mejores probabilidades de enfrentar el cambio climático entre estos, los capitales físicos 1.2, sociales 1.6, naturales y humanos 1.8 las cuales, clasifican entre excelente y bueno. Ver tabla 2.

Tabla 2: Vulnerabilidad actual de la seguridad hídrica por corregimiento. Fuente propia.

Corregimiento	Exposición	Valor	Capital	Sensibilidad	Capacidad de adaptación	Índice de vulnerabilidad
Changuinola	Inundaciones	2.5	Natural	1.8	2.3	1.7
	Deslizamientos	1.5	Físico	1.2	2.8	
			Financiero	2.2	1.5	
			Huamano	1.8	1.7	
			Social	1.6	1.6	
GLOBAL	2		1.7	2		
Empalme	Inundaciones	3	Natural	1.6	2.5	1.8
	Deslizamientos	1.3	Físico	1.3	2.8	
			Financiero	2	2.2	
			Humano	1.6	1.4	
	GLOBAL	2.2		1.7	2.1	
La Gloria	Inundaciones	3	Natural	2.4	1.4	3
	Deslizamientos	2	Físico	1.8	2.2	
			Financiero	2.3	1	
			Humano	1.6	1	
	Social	2	1.1			
GLOBAL	2.5		2	1.5		
Valle Riscó	inundaciones	2.5	Natural	1.8	2.3	1.8
	Deslizamientos	1.5	físico	1.2	2.8	
			financiero	2.2	1.5	
			humano	1.8	1.7	
			social	1.6	1.6	
GLOBAL	2		1.72	1.98		

La sensibilidad es la susceptibilidad al daño de los bienes y medios de vida expuestos a los riesgos provocados por el cambio climático [14].

La capacidad adaptiva se refiere a la habilidad de la población para adaptarse a las condiciones cambiantes generadas por el cambio climático [15]. El contexto del cambio climático, el IPCC 2014 [16], define el concepto de adaptación como “el proceso de ajuste al clima real o proyectado y sus efectos.

Por su parte, la vulnerabilidad futura se centra en los impactos negativos que se prevé para la cuenca, producto del cambio climático, específicamente, en la cantidad y calidad del agua, afectando la seguridad hídrica, la misma, fue analizada observando las gráficas de los valores promedios en milímetros de agua mensuales producto del cálculo del modelo hidrológico realizado con el programa Qswat.

Sobre la base de lo planteado, se observa en la gráfica de precipitación que ambos escenarios de cambio climático detectan el periodo de sequía llamado veranillo de San Juan [17], de igual forma, ambos escenarios de cambio climático indican un inicio abrupto de la temporada lluviosa que finaliza en diciembre poco antes que la línea base. Por otra parte, los dos escenarios reflejan posibles disminuciones significativas de la producción, sobre todo durante los meses de mayo hasta diciembre, es decir, la temporada lluviosa, mientras que el escenario A2 provee un aumento de la precipitación durante la estación seca.

Estas variaciones de la precipitación impactarán en el futuro cercano en la producción de agua en la cuenca del río Changuinola. Tal como se muestra en la figura 3 los dos

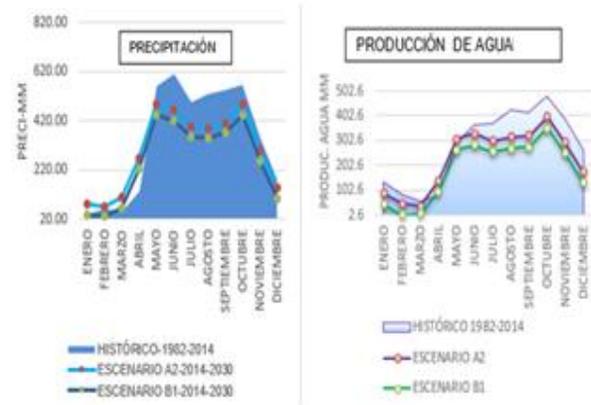


Figura 3: Comparación entre la precipitación y la producción de agua-periodo histórico y futuro cercano. Escenario A2 Y B1.

escenarios de cambio climático reflejan disminución de la producción de agua en todos los meses del año.

En referencia al impacto del cambio climático en la escorrentía, los dos escenarios indican incremento durante el mes de abril; el escenario A2 señala posible aumento de (8%) con respecto al periodo base para el mes de mayo. Los dos escenarios igualmente señalan disminuciones importantes en los meses de junio, escenario A2 (7.7%), B1 (16%), para el mes de julio (A2 23.2%, B1 34%), agosto (A2 32.5%, B1 41%); septiembre (A2 22.3 %, B1 32%); octubre (A2 10.3%), B1 18%), noviembre (A2 26%, B1 36%); diciembre (A2 48.3, B1 71%); se podría esperar disminuciones importantes de escorrentía para la temporada seca, enero (A2 60, B1 55%), febrero (A2 59%, B1 64%), marzo (A2 14.7%, B1 97%).

En término generales, el impacto del cambio climático en la escorrentía superficial según los escenarios A2 y B1 determinan, posibles disminuciones para 11 de los 12 meses del año. Si se considera con el flujo lateral y el flujo de retorno, influyen en la producción del agua, se infiere entonces que la cuenca del río Changuinola tendrá un impacto negativo en la generación de agua para el futuro cercano 2014-2030.

Según Martínez (2012) [18] “En las latitudes bajas y zonas subtropicales se prevén importantes disminuciones en la precipitación y el escurrimiento, lo que ocasionara un incremento en las condiciones de escasez y mayor presión sobre los recursos hídricos en esas regiones”.

Por otro lado, a pesar de la disminución de la escorrentía, los escenarios de cambio climático reflejan para el futuro cercano (2014-2030) posibles aumentos en la erosión. Para el escenario A2, el mes de enero refleja diferencias porcentuales en comparación al periodo histórico de (18%), febrero (A2 35%), abril (289%), mayo (217%), junio (178%), julio (110%), agosto (71%), septiembre (117%), octubre (216%), noviembre (56%). En términos generales, según el escenario A2, para el futuro, se espera que el 91.2% de los meses registren aumentos en la erosión; siendo abril, mayo y octubre, los que manifestaran mayor incremento.

Por el contrario, para el escenario B1 solo el 66.6% de los meses podría presentar aumentos en la erosión, entre estas, febrero (22%), abril (186%), mayo y junio (186), agosto (4%), septiembre (60%), octubre (193%) y noviembre (42%). No obstante, los dos escenarios de cambio climático coinciden en que los meses de abril, mayo, junio y octubre probablemente, manifestaran mayor incremento. Esta situación, podría deberse al aumento de la intensidad de la lluvia.

Bizzari [19], señala que la intensidad de la precipitación sobre el suelo, determina la energía cinética con que las gotas de lluvia arrancan partículas del suelo, las cuales, son transportadas por la escorrentía superficial, reduciéndose la capacidad productiva de este recurso, de manera que, la energía cinética y la intensidad de la precipitación, proporciona una explicación sobre las diferencias de la erosión en climas templados y tropicales.

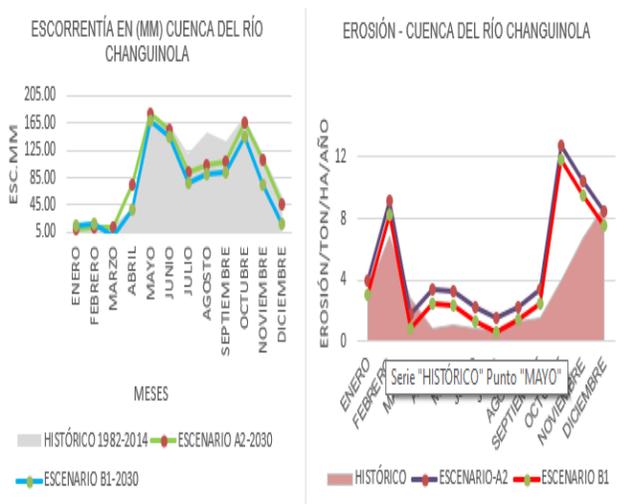


Figura 4: Escorrentía y erosión histórica (1982-2014) y en el futuro (2014-2030) cercano, calculada para la cuenca del río Changuinola Prov. De Bocas del Toro.

Con respecto a los escenarios A2 y B1 periodo 2046-2065, los resultados presentan cierta similitud a lo observado para la etapa 2014-2030; la gráfica permite observar para el escenario A2 reducciones en la escorrentía para los meses de julio, agosto y septiembre. No obstante, la erosión para dichos meses refleja aumento no solo para los meses antes mencionados sino, para todos los otros meses del año constituyéndose en un impacto significativo, que podría causar deslizamientos de tierra y contaminación del agua por material particulado.

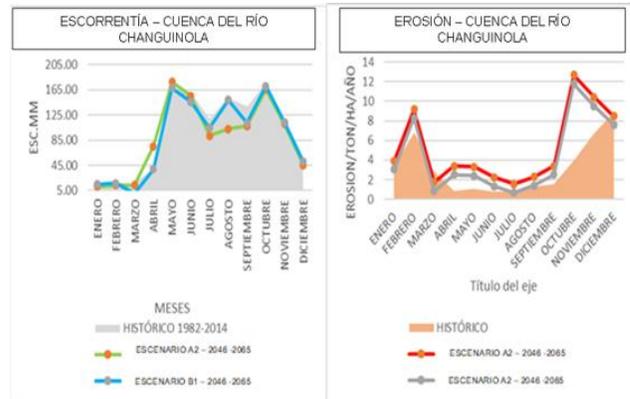


Figura 5: Escorrentía y erosión histórica (1982-2014) y futuro lejano (2046-2065), calculada para la cuenca del río Changuinola prov. De Bocas del Toro.

Conclusión

Del presente estudio, se puede concluir, que el impacto que podría tener el cambio climático en la seguridad hídrica; percibida a través de la vulnerabilidad, medibles según el grado de exposición, sensibilidad y la capacidad de adaptación de los subsistemas (biológico, físico, económico, y social) localizada en la cuenca del río Changuinola. Los resultados señalan que la vulnerabilidad más alta se registra en el corregimiento de la Gloria con un índice de 3.0 mientras que las comunidades del Empalme (1,8) y Valle de Risco (1.8) y Changuinola (1.7) son en promedio, menos vulnerables al impacto del cambio en la cuenca del río Changuinola.

Los cuatro corregimientos presentan una alta exposición a inundaciones por encontrarse en zonas planas en la parte baja de la cuenca.

La sensibilidad en el corregimiento de la Gloria es ligeramente mayor que el resto de los corregimientos debido a la deforestación de los bosques ribereños para la actividad ganadera, la inexistencia de agua potable, la posibilidad de contaminar el agua de consumo humano y por la instalación de letrinas próximas a la fuente de agua.

En referencia a la capacidad de adaptación, los corregimientos de la Gloria y Valle Risco presentan menos posibilidades de adaptarse el cambio climático. El indicador que mayormente presenta ponderación negativa es en el capital físico (infraestructura)es decir, el tipo de material con las cuales están hechas sus viviendas y acueductos rurales.

En cuanto a la vulnerabilidad futura a la seguridad hídrica, todos los modelos de cambio climático empleados para esta investigación, considerando el futuro cercano (2014-2030) y lejano (2046-2065), según el escenario A2, señalan el aumento de la escorrentía para todos los meses de abril y mayo. Sin embargo, tomando en cuenta el escenario B1, el aumento se podría esperar solo en el mes de abril para el futuro cercano, no se espera aumentos para el futuro lejano.

A pesar de los modelos y escenarios señalan aumentos en la escorrentía solo en dos de los 12 meses del año, se podría esperar un incremento de la erosión en 8 meses, el mayor incremento podría suceder en el mes de octubre tanto para el futuro cercano como el lejano. Esta situación podría afectar la calidad del agua futura, por arrastres de agroquímicos, purines (contaminación con coliformes fecales), turbidez en el agua por partículas del suelo. Riesgo por derrumbes, situación que, en el futuro indudablemente, impactaría en la seguridad hídrica en la cuenca del río Changuinola.

La vulnerabilidad está asociada en su mayoría a la pobreza de las familias que carecen de una vivienda apropiada, se ubican en áreas propensas a derrumbes, deslizamientos o inundaciones, y su actividad económica generalmente se desarrolla en zonas agrícolas ubicadas en planicies expuestas a inundaciones. En consecuencia, ante cualquier evento natural que cause afectaciones se enfrentan a pérdidas importantes para su economía, afectando así el bienestar social y desarrollo humano local.

En términos generales, los factores que configuran la vulnerabilidad ante el cambio climático se asocian a una amenaza derivada de los cambios o variaciones en el clima. Estos factores están determinados por el nivel de exposición ante una manera dada y la sensibilidad inherente de los sistemas naturales y humanos, contrarrestada por la habilidad de respuesta o capacidad adoptiva de dichos sistemas, que incluyen recursos financieros, tecnológicos y capacidad de organización y planificación, aspectos, ausentes en la cuenca hidrográfica del río Changuinola y posiblemente repetibles para toda la provincia.

Las universidades son las entidades a proveer insumos fruto de investigación, para contar con herramientas comparativas que posibiliten interpretaciones más exhaustiva de los resultados, de tal forma que sea posible una mayor aplicabilidad en la formulación de planes de gestión integral de los recursos hídricos en cuencas hidrográficas, convirtiéndose la presente investigación en una contribución metodológica que permita a la provincia de Bocas del Toro, aportar en la consecución de los objetivos y metas nacionales en materia de recursos hídricos, vinculados a su vez a los lineamientos globales de los objetivos de desarrollo sostenible ODS que impulsa desarrollo del gobierno como meta para el 2030-2050.

Recomendaciones

Es necesario recomendar lo siguiente:

1. Es necesario que los gobernantes locales realicen de manera concertada un plan de adaptación al cambio climático y sus posibles impactos en los subsistemas existentes en la cuenca del río

Changuinola sobre todo lo que respecta el agua, procurando seguridad hídrica; teniendo en mente que debemos prevenir lo que no se puede adaptar y adaptarnos a lo que no se puede evitar.

2. Para lograr lo antes mencionado, los gobernantes locales deberían tomar en cuenta el enfoque de gestión integrado de los recursos hídricos orientando esfuerzo al aseguramiento de la provisión de agua que satisfaga las necesidades de una demanda ordenada y eficiente entre estas:

- Reforestación de las fuentes de agua con especies nativas.
- Práctica de conservación de suelo con barreras vivas y muertas.
- Fortalecimiento de capacidades de la población objetiva en temas de cambio climático y posibilidades de adaptación a fin de garantizar la calidad y cantidad del recurso hídrico.
- Reducir la vulnerabilidad y aumentar la resiliencia del sector social ante los efectos del cambio climático.
- Conservar y usar de forma sustentable los ecosistemas y mantener los servicios ambientales que proveen.
- Diversificación de cultivos en la provincia a fin de asegurar actividades socioeconómicas más sostenible acorde con la variabilidad climática.
- Reforzar los programas de alerta temprana antes posibles riesgos causados por amenazas naturales.
- Estrategia de gestión integrada para la adaptación y mitigación del cambio climático que abarque aspectos relacionados con la coordinación interinstitucional y promoción de la participación de las comunidades y sectores claves, la gestión de conocimiento, adaptación al cambio climático, la educación y concienciación de actores.
- Conservación y protección de los acuíferos, los acuíferos constituyen la mayor fuente de agua dulce para consumo humano en todo el mundo y pueden ser menos vulnerables que las aguas superficiales a los impactos directos del cambio climático. Por esta razón, los acuíferos representan un componente esencial para la reducción del riesgo de escasez de agua a corto plazo y el aumento de la seguridad hídrica a través de medidas de adaptación como la recarga gestionada de los acuíferos.

Referencias

- [1] CMNUCC, «Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.» 25 7 2005. [En línea]. Available: <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>. [Último acceso: 5 7 2023].
- [2] IPCC, «Sexto informe de evaluación del IPCC Cambio Climático.» 24 7 2022. [En línea]. Available: <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-iii/>. [Último acceso: 2024].
- [3] C. C. Global, «Modelo de Clima Global (MCG).» 9 7 2014. [En línea]. Available: <https://cambioclimaticoglobal.com/modelo-de-clima-global-mcg/>. [Último acceso: 2024].
- [4] CATHALAC, «Disponibilidad para los sectores productivos ante un clima cambiante.» 15 6 2016. [En línea]. Available: <https://www.conagua.gob.pa/Seguridad-hidrica-reto-2/>. [Último acceso: 4 9 2023].
- [5] UN-Water, 25 3 2013. [En línea]. Available: https://www.unwater.org/sites/default/files/app/uploads/2017/05/UN_Water_Annual_Report_2013.pdf. [Último acceso: 6 4 2023].
- [6] CONAGUA, «Plan Nacional de Seguridad Hídrica 2015-2050.» 2 5 2014. [En línea]. Available: <https://www.conagua.gob.pa/Introduccion>. [Último acceso: 20 9 2023].
- [7] L. Martín, «Análisis, prevención y resolución de conflictos por el agua en América Latina y el Caribe.» 1 5 2015. [En línea]. Available: https://www.cepal.org/sites/default/files/events/files/analisis_prevencion_y_resolucion_de_conflictos_por_el_agua_en_america_latina_y_el_caribe_se RUEGA_NO_CIRCULAR.pdf. [Último acceso: 2024].
- [8] Gabinete, «Gabinete N° 84 de 11 de agosto 2015.» 23 9 2016. [En línea]. Available: <https://faolex.fao.org/docs/pdf/pan164511.pdf>. [Último acceso: 20 9 2023].
- [9] Henry, «Método Científico sobre el Cambio Climático: Un Análisis Detallado de su Impacto en el Agua.» 2023 8 2015. [En línea]. Available: <https://institutodelagua.es/cambio-climatico/metodo-cientifico-sobre-el-cambio-climaticocambio-climatico/>.
- [10] M. Reguant, «El método Delphi.» 29 7 2015. [En línea]. Available: <https://revistes.ub.edu/index.php/REIRE/article/download/14631/18093>. [Último acceso: 6 9 2023].
- [11] J. Mario, «Metodología para el Análisis de vulnerabilidad antes Amenazas de Inundación en Cuencas Hidrográficas.» 2016. [En línea]. Available: <http://scielo.org.co/pdf/cein/v27n2/0124-8170-cein-27-02-00109.pdf>. [Último acceso: 2023 7 8].
- [12] S. Hernández, «Metodología de la Investigación.» 8 5 2014. [En línea]. Available: <https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez.%20Fernandez%20y%20Baptista-Metodologia%20C3%Ada%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf>. [Último acceso: 6 5 2023].
- [13] I. N. d. E. y. Censo, «Censo 2023 por Analfabeta en la República de Panamá.» 2023. [En línea]. Available: <https://www.inec.gob.pa/archivos/P053342420231213141738Cuadro%2013.pdf>. [Último acceso: 9 5].
- [14] M. Bonch, «Mapping Vulnerability to Climate Change.» 5 5 2015. [En línea]. Available: <https://www.undp.org/publications/mapping-climate-change-vulnerability>. [Último acceso: 5 5 2023].
- [15] R. Ahumada, «Evaluación de la sensibilidad, asociada a factores sociodemográficos y económicos, de una zona rural expuesta a los impactos de la variabilidad y el cambio climático en México.» 26 8 2020. [En línea]. Available: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-6266202000100120. [Último acceso: 12 6 2023].
- [16] IPCC, «Cambio Climático.» 8 6 2014. [En línea]. Available: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/SYR_AR5_FINAL_full_es.pdf. [Último acceso: 6 8 2023].
- [17] DINAC, «Veranillo de San Juan.» 2017. [En línea]. Available: <https://www.meteorologia.gov.py/wp-content/uploads/2020/06/Veranillo-de-San-Juan.pdf>.
- [18] P. Martínez, «Efectos del cambio climático en la disponibilidad de agua en México.» 15 6 2012. [En línea]. Available: <https://www.redalyc.org/pdf/3535/353531976001.pdf>. [Último acceso: 25 8 2023].
- [19] C. Bizzarri, «La erosividad cualidad de la lluvia poco conocida.» 9 5 200. [En línea]. Available: <https://www.redalyc.org/pdf/721/72102406.pdf>. [Último acceso: 9 5 2023].
- [20] G. Nacional, «Estrategia de desarrollo sostenible Bocas del Toro.» 5 10 2008. [En línea]. Available: <https://studylib.es/doc/7294021/plan-indicativo-de-ordenamiento-territorial-funcional>. [Último acceso: 2 10 2021].
- [21] J. L. R. López, «Alternativa de manejo sustentable de la subcuenca del río Pitura.» 2 4 2015. [En línea]. Available: http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/49801/Documento_completo.pdf-PDFA-U.pdf?sequence=3&isAllowed=y. [Último acceso: 12 10 2021].
- [22] M. A. Miñón, «Hacia una economía sostenible: interpretación, teorías e indicadores de desarrollo sostenible.» 8 11 2012. [En línea]. Available: <https://addi.ehu.es/bitstream/handle/10810/9010/Hacia%20una%20econom%C3%ada%20sostenible%20CIUDAD%20Y%20TERRITORIO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. [Último acceso: 3 10 2021].
- [23] M. Mora y T. Ramírez, «Propuesta de Zonificación ambiental para las microcuencas de los ríos Blancos y Cuipilapa, Bagaces, Costa Rica.» 5 6 2013. [En línea]. Available: <http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/xmlui/handle/123456789/2056>. [Último acceso: 27 10 2021].
- [24] A. Lejislativa, «Manejo, protección y conservación de las cuencas hidrográficas de la República de Panamá.» 5 8 2002. [En línea]. Available: <https://docs.panama.justia.com/federales/leyes/44-de-2002-aug-8-2002.pdf>. [Último acceso: 27 10 2021].
- [25] H. Sampieri, «Metodología de la Investigación Sexta Edición.» 3 5 2014. [En línea]. Available: <http://observatorio.epcartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-se>
- [26] C. Mena, «Generalización de modelos digitales de elevación condicionadas por puntos críticos de terreno.» 5 9 2011. [En línea]. Available: <https://www.scielo.br/j/bcg/a/sRwfW69ZfcdgjcCHYhVv5kc/?lang=es&format=pdf>. [Último acceso: 27 10 2021].
- [27] R. Tejeira, «La capacidad agroológica de los suelos en Panamá.» 3 5 2016. [En línea]. Available: <http://capacidadagrologica.blogspot.com/2016/05/clasificacion-agrologica-o-capacidad-de.html>. [Último acceso: 27 10 2021].
- [28] G. Vargas, «Estudio del uso actual y capacidad de uso de la tierra en América Central.» 23 7 1992. [En línea]. Available: <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/anuario/article/view/2273/2232>. [Último acceso: 28 10 2021].
- [29] Corantoquia, «Diseño de la metodología para la formulación de los planes integrales de ordenamiento y manejo de microcuencas.» 8 6 2003. [En línea]. Available: https://www.corantoqui.gov.co/ciadcoc/AGUA/AIRNR_CN_3258_2001_INTRODUCCION1.pdf. [Último acceso: 28 10 2021].
- [30] I. Mantilla, «Planificación del sistema de gestión ambiental para la central de abastos de Bucaramanga.» 6 5 2008. [En línea]. Available: https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/192/digital_15840.pdf?sequence=1. [Último acceso: 29 10 2021].
- [31] G. Vargas, «Espacio y Territorio en el análisis geográfico.» 24 1 2012. [En línea]. Available: <file:///C:/Users/jeffr/Downloads/Dialnet-EspacioYTerritorioEnElAnalisisGeografico-4796021.pdf>. [Último acceso: 28 10 2021].
- [32] ETESA, «Precipitación.» 27 10 2021. [En línea]. Available: <https://www.etsa.com.pa/>. [Último acceso: 27 10 2021].
- [33] I. T. Guardia, «Cartografía.» 10 25 2021. [En línea]. Available: <https://ignpanama.anati.gob.pa/index.php?start=3>. [Último acceso: 10 5 2021].
- [34] C. Ruiz, «Propuesta de Modelos Predictivos en la Planificación Territorial y Evaluación de Impacto Ambiental.» 1 9 2007. [En línea]. Available: https://www.researchgate.net/profile/Cristian-Henriquez-2/publication/28185031_Propuesta_de_modelos_predictivos_en_la_planificacion_territorial_y_evaluacion_de_impacto_ambiental/links/606f95bd92851c8a7bb2dd4f/Propuesta-de-modelos-predictivos-en-la-planifi. [Último acceso: 2 8 2021].
- [35] F. Vargas, «La Cuenca Hidrográfica Como Unidad de Planificación Sostenible.» 6 5 2014. [En línea]. Available: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/63234834/La_cuenca_como_unidad_de_planificacion_sostenible20200507-4045-jw8fgp-libre.pdf?1588908648=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DLa_cuenca_hidrografica_como_unidad_de_pl.pdf&Expires=161669220007&S. [Último acceso: 8 5 2021].
- [36] Á. García, «Vulnerabilidad socioambiental, seguridad hídrica y escenarios de crisis.» 5 4 2009. [En línea]. Available: <https://www.redalyc.org/pdf/644/64411395008.pdf>. [Último acceso: 5 4 2023].