



MODELO DE GESTIÓN DEL AGUA EN COMUNIDADES RURALES: CASO DE ESTUDIO PAIMADÓ, CHOCÓ-COLOMBIA

Water management model in rural communities: case study of Paimadó, Chocó-Colombia

Lubin Delgado Arroyo
Cristian Deofanor Hinestroza Moreno

RESUMEN

El presente trabajo tiene como propósito desarrollar un modelo basado en dinámica de sistemas que sea capaz de evaluar la gestión del agua en comunidades rurales del departamento del Chocó, tomando como caso de estudio el municipio de Río Quitó, donde las actividades mineras configuran la base principal de la economía de la población lo que a su vez genera afectaciones sobre el medio ambiente y por ende en la mala calidad del agua. Para el desarrollo del estudio se evalúa la problemática desde dos variables principales, siendo la demanda de agua la relación existente entre el uso doméstico y el consumo humano, en segundo lugar, el ingreso económico como la relación entre el gasto en adquisición de agua y la oferta de esta. En definitiva, el modelo proporciona una herramienta para la toma de decisiones en comunidades rurales, orientada a mejorar la gestión del agua potable a largo plazo.

PALABRAS CLAVE: gestión del agua; dinámica de sistemas; demanda de agua; Paimadó.

ABSTRACT

The purpose of this study is to develop a system dynamics based model capable of evaluating water management in rural communities in the department of Chocó, using the municipality of Río Quito as a case study. In this region, mining activities form the main basis of the local economy, which in turn leads to environmental impacts and, consequently, poor water quality. The study addresses the issue through two main variables: first, water demand, defined as the relationship between domestic use and human consumption; and second, economic income, understood as the relationship between water acquisition costs and water supply. Ultimately, the model provides a decision-making tool for rural communities aimed at improving long-term potable water management.

KEYWORDS: water management, system dynamics, water demand, Paimadó.

INTRODUCCIÓN

El acceso al agua potable representa uno de los principales retos a nivel mundial, siendo esencial para la salud pública y el desarrollo sostenible (Fernández-Vargas, 2020; UNESCO, 2019). Según la UNESCO (2019), aproximadamente 844 millones de personas carecen de acceso a servicios de agua potable, siendo las zonas rurales las más afectadas en comparación con las urbanas (Camacho, 2020; Mahecha, 2019). En América Latina, esta disparidad es especialmente notable: las áreas rurales presentan una cobertura de agua un 13 % menor que las zonas urbanas, y en Colombia la diferencia alcanza los 46 puntos porcentuales (Baquero y Madden, 2022; Río Quito, 2020).

En este contexto, el acueducto de Paimadó cubre el 83,76 % de la población, aunque no garantiza la potabilidad del agua suministrada (Beltrán, 2023). Por otra parte, fenómenos como la deforestación y la minería han agravado la disponibilidad de agua potable, impactando negativamente la economía local y la salud pública (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2023; Huang y Wang, 2021). Como consecuencia, algunas personas deben desplazarse en busca de fuentes confiables de agua, incurriendo en pérdidas significativas de tiempo y costos económicos.

Ante esta problemática, la dinámica de sistemas ofrece una metodología adecuada para modelar y simular sistemas complejos, considerando sus interacciones y retroalimentaciones (Guemouria et al., 2023; Sterman, 2000).

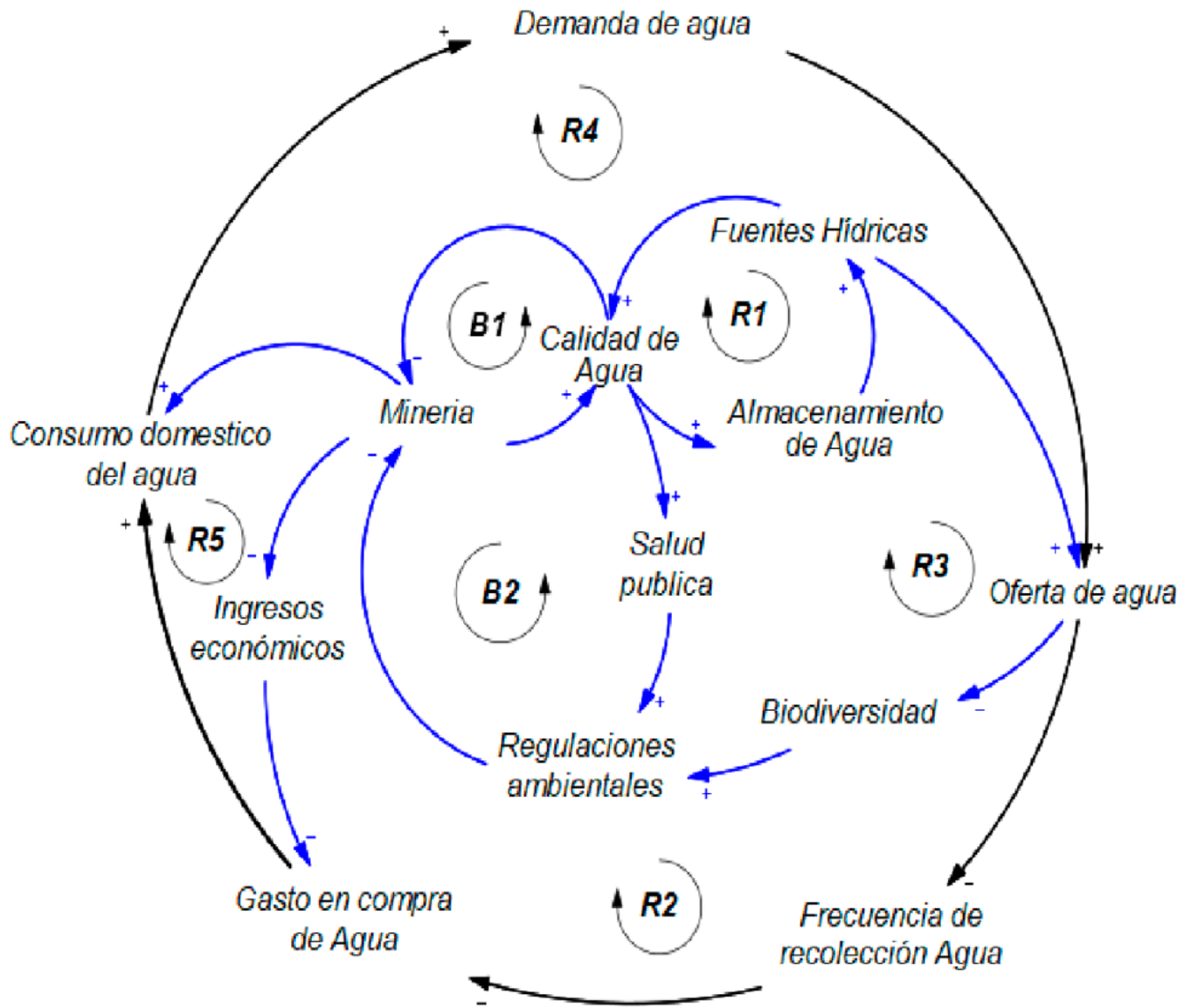
DESARROLLO TEMÁTICO

El sistema de gestión del agua potable de Paimadó está afectado por una serie de factores complejos, incluidos factores ambientales, sociales y económicos. El modelo, identifica cinco ciclos de refuerzo (R1, R2, R3, R4, R5) y dos ciclos de balance (B1, B2) como se muestra en la figura 5. Los ciclos de refuerzo regulan las dinámicas de oferta y demanda de agua, así como los impactos de actividades como la minería y las políticas de regulación ambiental.

El ciclo de refuerzo R1, indica que a medida que la calidad del agua mejora, los habitantes pueden almacenar más agua en sus viviendas, esto provoca un aumento en las fuentes hídricas disponibles, lo cual a su vez fortalece la calidad del agua en el sistema, creando un ciclo positivo de retroalimentación; este ciclo muestra cómo la gestión adecuada de la calidad del agua puede mantener el suministro del recurso en la comunidad. Sin embargo, el ciclo de balance B1 entra en juego, aunque la mejora en la calidad del agua es beneficiosa, la actividad minera puede obstaculizar este proceso al deteriorar la calidad de las fuentes hídricas.

Por otra parte, el refuerzo R3, muestra una dinámica en la que la biodiversidad se ve afectada negativamente por el aumento de la oferta de agua como resultado de la mejora de las fuentes hídricas, esto indica que se requieren regulaciones ambientales más rigurosas para reducir la minería, lo que mejora la calidad del agua y permite un mayor acceso al recurso hídrico, pero el ciclo de balance B2 limita este ciclo; B2 introduce un control que reduce el impacto de la minería, demostrando cómo la mejora de la salud pública como resultado de una mejor calidad del agua fomenta la implementación de regulaciones ambientales más estrictas; estas regulaciones protegen la biodiversidad y garantizan un suministro hídrico más sostenible, evitando el descontrol del ciclo de refuerzo (R3).

Figura 5. Hipótesis dinámica de la gestión de agua en Paimadó-Río Quito



Nota. Elaboración propia.

CONCLUSIONES

La gestión del agua potable en el municipio de Paimadó, Chocó, enfrenta desafíos significativos debido a la interacción entre factores ambientales, sociales y económicos. A través del diagrama causal, se identifican ciclos de refuerzo y de balance que evidencian las interrelaciones entre la oferta hídrica, la calidad del agua y las actividades mineras. La hipótesis dinámica sugiere que mejorar la calidad del agua y aplicar regulaciones ambientales puede generar un ciclo positivo de sostenibilidad. No obstante, la presión de la demanda y de la actividad minera exige un equilibrio mediante políticas públicas efectivas que aseguren la disponibilidad del recurso a largo plazo, minimizando el impacto negativo en la biodiversidad y la salud pública.



REFERENCIAS

-
- Baquero, M., & Madden, J. (2022). FS 1.1. Acceso al agua en América Latina y el Caribe: Definiciones y datos. Banco Interamericano de Desarrollo (BID).
 - Beltrán, S. (2023). Niveles de metales pesados en suelos, sedimentos y peces en el Río Quito, Chocó [Trabajo de grado, Universidad de los Andes].
 - Camacho, L. (2020). The paradox of the availability of poor water quality in the Colombian rural sector. Bogotá.
 - Fernández-Vargas, G. (2020). Water governance as an integrating framework for the fulfillment of the sustainable development goals clean in Latin America. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 23(2). <https://doi.org/10.31910/rudca.v23.n2.2020.1561>
 - Guemouria, A., et al. (2023). System dynamics approach for water resources management: A case study from the Souss-Massa Basin. *Water (Switzerland)*, 15(8). <https://doi.org/10.3390/w15081506>
 - Huang, M., Li, X., & Wang, J. (2021, junio). Research on regional water demand prediction of the upper and middle reaches of the Pearl River Basin based on system dynamics. En *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 784(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/784/1/012003>
 - Mahecha, J. (2019). Gestión pública frente al suministro de agua en la zona rural de San Antonio del municipio de Jamundí [Tesis de maestría, Universidad del Valle].
 - Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2023). Informe de gestión vigencia 2022 - Versión 1. <https://www.minambiente.gov.co>
 - Río Quito. (2020). Plan de desarrollo municipal "Seguimos marcando la diferencia, Río Quito avanza 2020–2023".
 - Sterman, J. (2000). *Business dynamics: System thinking and modeling for a complex world*. McGraw-Hill.
 - UNESCO. (2019). No dejar a nadie atrás: Informe mundial de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos 2019. <https://www.unesco.org/water/wwap>



RIESGOS NORMATIVOS EN TORNO A LA PROTECCIÓN DE ECOSISTEMAS COSTEROS: CASO BOSQUE SECO DEL CERRO ZIRUMA, SANTA MARTA

Regulatory risks regarding the protection of coastal ecosystems: the case of the dry forest of Cerro Ziruma, Santa Marta

Marlenny Díaz Canno
Rahin Andrés Frías Devia
Jihan Andrea Jiménez Frías

RESUMEN

El siguiente trabajo presenta avances de investigación del macro-proyecto de investigación, "Análisis de eficacia de medidas de protección ambiental en municipios costeros del Caribe colombiano, y su objetivo central se enfoca en identificar la presencia y eficacia de Determinantes ambientales para la protección de ecosistemas marino costeros vulnerables, en los planes o esquemas de ordenamiento territorial. De los resultados generados en dicho proyecto marco, se escoge para la presente ponencia el caso Santa Marta y su ecosistema de bosque seco ubicado en el cerro Ziruma, A partir de la inquietud sobre la existencia y eficacia de esos determinantes se planteó como hipótesis que el Plan de Ordenamiento de esta ciudad no incluye dichos determinantes lo cual incide en el deterioro de este ecosistema.

PALABRAS CLAVE: planificación ambiental costera, bosque seco, cerro El Ziruma, determinante ambiental, Colombia.

ABSTRACT

This paper presents research progress from the macro research project Analysis of the Effectiveness of Environmental Protection Measures in Coastal Municipalities of the Colombian Caribbean. The central objective is to identify the presence and effectiveness of environmental determinants for the protection of vulnerable marine-coastal ecosystems within land-use plans or schemes. From the results generated in this overarching project, the case selected for this presentation is Santa Marta and its dry forest ecosystem located on Cerro Ziruma. Based on concerns regarding the existence and effectiveness of these determinants, the hypothesis was proposed that the Land Use Plan of this city does not include such determinants, which has an impact on the deterioration of this ecosystem.

KEYWORDS: coastal environmental planning, dry forest, Cerro Ziruma, environmental determinant, Colombia.

INTRODUCCIÓN

Los primeros antecedentes normativos de los determinantes ambientales se remontan a la Ley 388 de 1997, la cual establece como objetivo principal garantizar que la utilización del suelo se ajuste a la protección del medio ambiente. En este sentido, la norma contempla la obligación de incorporar determinantes ambientales en los planes o esquemas de ordenamiento territorial, considerados disposiciones de superior jerarquía orientadas a asegurar la sostenibilidad ambiental de dichos procesos.

En coherencia con este interés por la protección del medio ambiente y la prevención de desastres, la misma ley dispone que los planes o esquemas de ordenamiento territorial incluyan los denominados determinantes, los cuales “constituyen normas de superior jerarquía en sus propios ámbitos de competencia, de acuerdo con la Constitución y las leyes” (Ley 388 de 1997, art. 10). En materia ambiental, estos determinantes pueden definirse como los términos y condiciones establecidos en los documentos de planificación con el fin de garantizar la sostenibilidad ambiental de los procesos de ordenamiento territorial.

Se precisa “en materia ambiental” porque, además de los determinantes ambientales, existen otros de carácter cultural, social y económico que también deben incorporarse en dichos instrumentos de planificación.

DESARROLLO TEMÁTICO

La investigación en curso se adscribe a un enfoque jurídico con un análisis de tipo cualitativo y un alcance multidisciplinar, orientado al estudio de medidas de protección ambiental de ecosistemas marino-costeros incluidas en los planes de ordenamiento territorial (POT), que se manifiestan específicamente en la existencia de determinantes ambientales.

En el marco de los objetivos de una investigación general aplicada a los municipios costeros de la región Caribe colombiana, se desarrolla un estudio de caso para la ciudad de Santa Marta, con el fin de determinar la existencia de determinantes asociados a la protección del ecosistema de bosque seco, que forma parte de los ecosistemas del cerro El Ziruma.

OBJETIVOS

La investigación marco, de la cual se deriva esta ponencia, tiene como objetivo general identificar acciones de protección de ecosistemas vulnerables en los planes o esquemas de ordenamiento territorial de municipios de la costa Caribe colombiana. A partir de este propósito general, para el caso de Santa Marta se establecen los siguientes objetivos.

Objetivo general

Analizar la eficacia de los determinantes ambientales incluidos en el POT de la ciudad de Santa Marta, relacionados con la protección del bosque seco localizado en el cerro El Ziruma, con el fin de generar posibles alertas a las autoridades encargadas de la protección de este ecosistema estratégico.

Objetivos específicos

En el marco del presente estudio, se plantean los siguientes objetivos: (1) verificar la inclusión de determinantes ambientales relacionados con la protección del bosque seco en el cerro El Ziruma dentro del Plan de Ordenamiento Territorial (POT) de Santa Marta; (2) evidenciar el grado de afectación o protección del cerro y su bosque seco, localizados en dicha ciudad; y

(3) identificar la relación entre el estado de conservación de este ecosistema y la existencia o ausencia de determinantes ambientales en el POT.

HIPÓTESIS

El Plan de Ordenamiento Territorial de Santa Marta no incluye determinantes que permitan proteger adecuadamente el ecosistema de bosque seco ubicado en el cerro El Ziruma. Esto genera una relación directamente proporcional entre la inexistencia de dichos determinantes y el nivel de afectación de este ecosistema.

PROCESOS METODOLÓGICOS

Revisión documental

Incluye la consulta de fuentes normativas como el Plan de Ordenamiento Territorial de Santa Marta y la Ley 388 de 1997 sobre ordenamiento territorial, así como artículos científicos relacionados con los determinantes ambientales, informes técnicos, tesis, blogs y noticias sobre el cerro El Ziruma.

Trabajo de campo

Consistió en una visita presencial al cerro El Ziruma, con el propósito de realizar un registro fotográfico detallado de su estado actual, poniendo especial énfasis en la observación del bosque seco.

Entrevistas

Se realizó una entrevista a una bióloga con el propósito de identificar la importancia y el estado del bosque seco, así como establecer la relación entre su afectación y posibles causas subyacentes de origen antropogénico.

CONCLUSIONES

Contrastando la hipótesis con los hallazgos, la presente investigación evidencia que, aunque el Plan de Ordenamiento Territorial (POT) de Santa Marta menciona al cerro El Ziruma en su planificación espacial, las disposiciones normativas identificadas no incluyen determinantes ambientales específicos orientados a la conservación del bosque seco tropical (BST). Incluso, este ecosistema no se menciona en los apartados destinados a las zonas de protección, lo que refleja una falta de conocimiento y reconocimiento de su importancia ecológica.

Asimismo, se identificó una amenaza actual y potencial derivada de la tala generada por construcciones legales e ilegales —estas últimas asimilables a invasiones—. Resulta especialmente llamativo que los planes urbanos de borde, cuyo objetivo es gestionar el conflicto originado por el crecimiento informal de áreas urbanas localizadas en cerros y adyacentes a elementos de la estructura ecológica, no contemplen al cerro El Ziruma entre los sectores afectados por tales actividades. Por ello, se considera prioritario revisar y actualizar el POT para incorporar al cerro El Ziruma y su BST en la planificación de acciones de recuperación y delimitación, con el fin de prevenir la expansión del deterioro.



REFERENCIAS

- Iguarán, S. (2024). Entrevista realizada para proyecto marco Determinantes Ambientales y su inclusión en POTS de Municipios del Caribe Colombiano [Entrevistador: Rahin Frías].
- Ley 388 de 1997, art. 10. Diario Oficial No. 43.127. Colombia.