

Zonificación Ecológica-Económica con la aplicación de los sistemas de información geográfica en la microcuenca hidrográfica Río de Oro

Ecological-economic zoning with the application of geographic information systems in the Rio de Oro micro-watershed.

Zoneamento ecológico-econômico com a aplicação de sistemas de informações geográficas na microbacia hidrográfica do Rio de Oro.

Cárdenas Baque, Daniel Alejandro
Universidad Estatal del Sur de Manabí
cardenas-daniel1509@unesum.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-0842-6431>



Guerrero Calero, Juan Manuel
Universidad Estatal del Sur de Manabí
juan.guerrero@unesum.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-1356-0475>



Guerrero Calero, Juan Manuel
Universidad Estatal del Sur de Manabí
laura.merchan@unesum.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0000-4091-3013>



Gras Rodríguez, Rene
Universidad Estatal del Sur de Manabí
rene.grass@unesum.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0001-6220-9422>



Hidalgo Zambrano, Katherin Clarita
Instituto Superior Tecnológico República de Alemania
kchidalgozambrano@istra.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0003-1132-190X>



 DOI / URL: <https://doi.org/10.55813/gaea/ccri/v4/n2/289>

Como citar:

Cárdenas Baque, D. A., Guerrero Calero, J. M., Merchan Nieto, L. C., Gras Rodríguez, R., & Hidalgo Zambrano, K. C. (2023). Zonificación Ecológica-Económica con la aplicación de los sistemas de información geográfica en la microcuenca hidrográfica Río de Oro. *Código Científico Revista De Investigación*, 4(2), 1316–1335.

Recibido: 26/10/2023

Aceptado: 12/12/2023

Publicado: 31/12/2023

Resumen

El estudio se enfoca en la microcuenca del Río de Oro, una región crucial por sus ecosistemas y recursos hídricos. Se aborda la importancia de evaluar y conservar estas cuencas, dada la influencia de actividades humanas y agrícolas en los recursos naturales. El propósito principal es realizar una Zonificación Ecológica-Económica (ZEE) en la microcuenca, buscando opciones para un uso sostenible del área, considerando aspectos físicos, biológicos, sociales, económicos y culturales. Se emplearon Sistemas de Información Geográfica (SIG) para el diseño de mapas y estructuras de datos, utilizando herramientas como ArcGIS. Se consideraron variables ambientales, sociales y económicas para la zonificación. Los resultados indicaron que el 54% de la microcuenca es apto para actividades agrícolas y ganaderas, mientras que el 46% restante es ideal para regeneración y conservación natural. Se identificaron áreas específicas para diferentes usos basados en su capacidad ecológica y económica. La investigación concluyó que la ZEE es una estrategia efectiva para la gestión sostenible de la microcuenca. Resaltó la necesidad de proteger áreas específicas y fomentar prácticas agrícolas y ganaderas sostenibles para preservar el equilibrio ecológico y económico de la región.

Palabras clave: Río de Oro, Componentes ambientales, Zonificación Ecológica Económica, ArcGIS.

Abstract

The study focuses on the Rio de Oro micro-watershed, a crucial region for its ecosystems and water resources. It addresses the importance of evaluating and conserving these watersheds, given the influence of human and agricultural activities on natural resources. The main purpose is to carry out an Ecological-Economic Zoning (ZEE) in the micro-watershed, looking for options for a sustainable use of the area, considering physical, biological, social, economic and cultural aspects. Geographic Information Systems (GIS) were used to design maps and data structures, using tools such as ArcGIS. Environmental, social and economic variables were considered for zoning. The results indicated that 54% of the micro-watershed is suitable for agricultural and livestock activities, while the remaining 46% is ideal for natural regeneration and conservation. Specific areas were identified for different uses based on their ecological and economic capacity. The research concluded that the EEZ is an effective strategy for sustainable management of the micro-watershed. It highlighted the need to protect specific areas and encourage sustainable agricultural and livestock practices to preserve the ecological and economic balance of the region.

Keywords: Rio de Oro, Environmental Components, Ecological Economic Zoning, ArcGIS.

Resumo

O estudo se concentra na microbacia hidrográfica do Rio de Oro, uma região crucial para seus ecossistemas e recursos hídricos. Ele aborda a importância de avaliar e conservar essas bacias hidrográficas, dada a influência das atividades humanas e agrícolas sobre os recursos naturais. O objetivo principal é realizar um Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE) na microbacia, buscando opções para o uso sustentável da área, considerando aspectos físicos, biológicos,

sociais, econômicos e culturais. Os Sistemas de Informações Geográficas (GIS) foram utilizados para projetar mapas e estruturas de dados, usando ferramentas como o ArcGIS. As variáveis ambientais, sociais e econômicas foram consideradas para o zoneamento. Os resultados indicaram que 54% da microbacia hidrográfica é adequada para atividades agrícolas e pecuárias, enquanto os 46% restantes são ideais para regeneração e conservação naturais. Áreas específicas foram identificadas para diferentes usos com base em sua capacidade ecológica e econômica. A pesquisa concluiu que o ZEE é uma estratégia eficaz para o gerenciamento sustentável da microbacia hidrográfica. Ela destacou a necessidade de proteger áreas específicas e incentivar práticas agrícolas e pecuárias sustentáveis para preservar o equilíbrio ecológico e econômico da região..

Palavras-chave: Rio de Oro, componentes ambientais, zoneamento econômico ecológico, ArcGIS.

Introducción

Las regiones definidas por el flujo de agua que se dirige hacia un río común son conocidas como cuencas hidrográficas (fuente: CEPAL, 2016). Estas áreas son cruciales para el análisis integrado de factores medioambientales, económicos y sociales, especialmente considerando la presencia y el impacto de masas de agua en la sociedad. Según Dourojeanni, Jouravlev y Chávez (2002), la agricultura y otras actividades humanas tienen un impacto significativo en los recursos acuáticos. Por lo tanto, es esencial evaluar regularmente el estado de las cuencas hidrográficas para garantizar su conservación, como sugieren Barrera-Narváez, González-Sanabria y Cáceres-Castellanos (2020).

La región investigada se sitúa en la intersección de los cantones Portoviejo y Montecristi. En esta microcuenca, el área urbana pertenece al Cantón Portoviejo, y las zonas rurales se localizan dentro del Cantón Montecristi. Esta microcuenca abarca un territorio de 48,73 kilómetros cuadrados, y dentro de este espacio se han observado impactos ambientales adversos, los cuales son el resultado de diversas actividades desarrolladas por el ser humano.

Estas áreas representan ecosistemas clave, ofreciendo recursos esenciales como el agua para las comunidades locales. Su protección es crucial, lo que implica primero realizar una caracterización detallada y luego aplicar estrategias de gestión. Estas estrategias deben incluir

métodos para atenuar los impactos ambientales de los proyectos de desarrollo. Tales métodos, que abarcan medidas de mitigación, monitoreo e institucionales, son fundamentales durante la implementación y operación de un proyecto para minimizar sus consecuencias negativas sobre el medio ambiente, como indica Cárdenas Baque (2022).

El Río de Oro, una microcuenca, enfrenta desafíos significativos debido al aumento de la población. Este crecimiento ha causado erosión del suelo y daño al recurso hídrico, afectando también a la flora y fauna local, debido principalmente al depósito de residuos sólidos tanto en áreas rurales como urbanas. Un enfoque para abordar estos problemas es la implementación de una zonificación económica y ecológica, que tiene como objetivo preservar y proteger el entorno natural. Esta estrategia involucra la colaboración con las comunidades de Guayabal y Río de Oro, considerando los múltiples desafíos surgidos en los últimos años, relacionados con la gestión ineficiente de los recursos por parte de las autoridades administrativas. Estos problemas han contribuido a la inestabilidad y vulnerabilidad de la región, según Flores, Castro y Aponte (2020).

En este marco, el propósito del estudio es llevar a cabo una Zonificación Ecológica Económica en la microcuenca del Río de Oro. El objetivo central es descubrir opciones para un uso sostenible del área, teniendo en cuenta sus capacidades y restricciones. Este análisis incluirá consideraciones físicas, biológicas, sociales, económicas y culturales del territorio.

Las microcuencas hidrográficas, como la del Río de Oro, son ecosistemas críticos que juegan un papel vital en la conservación de la biodiversidad y en la provisión de recursos hídricos. Su estudio y manejo son esenciales para la sostenibilidad ambiental y económica. La rápida urbanización y las actividades agrícolas en estas áreas han generado presiones significativas, resaltando la importancia de una gestión eficaz basada en la comprensión detallada de su estructura ecológica y económica.

El desafío principal radica en equilibrar el desarrollo económico con la conservación ecológica en la microcuenca del Río de Oro. La falta de una zonificación adecuada ha llevado a la degradación del ecosistema, afectando la calidad del agua y la biodiversidad local.

La conservación de las microcuencas es fundamental para garantizar la disponibilidad de agua y la preservación de la biodiversidad. Además, estas áreas son claves para el sustento de comunidades locales y para mantener el equilibrio ambiental regional. El estudio es necesario para desarrollar un plan de manejo integral que garantice el uso sostenible de los recursos de la microcuenca, asegurando así su conservación a largo plazo.

El objetivo de la investigación es realizar una Zonificación Ecológica-Económica utilizando Sistemas de Información Geográfica, para identificar áreas críticas para la conservación y áreas aptas para actividades económicas. Se espera que los resultados del estudio contribuyan a la creación de estrategias de manejo efectivas y sostenibles para la microcuenca del Río de Oro, equilibrando las necesidades ecológicas y económicas.

Metodología

Selección del área de estudio

La microcuenca del Río de Oro, se localiza en la zona costera de Ecuador, específicamente en la provincia de Manabí, abarcando partes de los cantones Portoviejo y Montecristi. Esta región se extiende hasta donde se sitúan las localidades de Guayabal y Río de Oro, cubriendo un área aproximada de 48,73 hectáreas.

Diseño y estructuración de un SIG para la zonificación ecológica económica

Al diseñar una estructura para la elaboración de un mapa utilizando Sistemas de Información Geográfica (SIG), se deben considerar los aspectos siguientes:

- Gestión efectiva de los datos recopilados
- Claridad y facilidad de lectura

- Disponibilidad adecuada de datos
- Habilidades en la edición y el diseño de mapas utilizando herramientas de SIG

Además, se introdujo una nomenclatura específica para mejorar la identificación de las distintas unidades de información geográfica dentro de la estructura.

Tabla 1

Unidades de información geográfica

Unidad	Nomenclatura
Coberturas tipo punto	P
Coberturas tipo línea	L
Coberturas tipo polígono	X
Cobertura tipo ráster	R

Fuente: Elaboración Propia

Modelo lógico y cartográfico para ZEE

La base de datos, que es esencial para el diseño de los mapas, debe incluir detalles sobre todas las variables relevantes para alcanzar los objetivos relacionados con los datos gráficos. Es necesario registrar los atributos geométricos asociados a cada elemento, incluyendo códigos, información alfanumérica, dimensiones, extensiones y elementos geográficos específicos como puntos, líneas o áreas. Posteriormente, estos datos se integran en representaciones gráficas utilizando la herramienta ArcGIS, cuyos detalles se explican a continuación:

Tabla 2

Estructura de los datos espaciales.

Datos Espaciales	Estructura (shp)
	Factores Abiótico
Mapa Base	Punto (poblados), línea (vías, poblados, ríos), polígono (río Portoviejo, zona urbana, Cantón, microcuena)
Geología	Polígono (geológica, microcuena, Cantón, río Portoviejo), línea (ríos)
Geomorfología	Polígono (unidad morfológica, microcuena, Cantón, río Portoviejo), línea (ríos)
Suelo	Polígono (suelos, microcuena, Cantón, río Portoviejo), línea (ríos)
	Factores Biótico

Vegetación	Polígono (vegetación, microcuenca, Cantón, río Portoviejo), línea (ríos)
Uso de suelo	Polígono (uso de suelo, microcuenca, Cantón, río Portoviejo), línea (ríos)
Factores Socioeconómicos	
Servicios básicos	Punto (poblados, educación, salud) Polígono (uso de suelo, microcuenca, Cantón, río Portoviejo, zonas con todos los servicios básicos, zonas sin todos los servicios básicos), línea (ríos, vía, sendero)

Fuente: Elaboración Propia

Pendiente

Utilizando las herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG), se categorizaron las curvas de nivel basándose en el grado de inclinación, facilitando así la identificación precisa de las áreas de mayor elevación y las zonas más llanas.

Figura 1

Modelo Cartográfico para el desarrollo del mapa de pendiente.



Fuente: Elaboración Propia.

Capacidad de uso de suelo

La evaluación se realiza desde un enfoque físico del terreno, basándose en la clasificación proporcionada por Sigtierras (2017). Esta clasificación detalla los diversos tipos de usos posibles para el suelo, dependiendo de la capacidad de este para sostener dichos usos sin sufrir degradación física. Para establecer la capacidad de uso del suelo, se consideran diversas clases que están directamente vinculadas con la inclinación del terreno.

Tabla 3

Uso de tierra y clases.

Uso de la tierra	Clase
Agrícola	I II III IV
Ganadera	V
Producción forestal	VI
Cobertura natural	VII
Protección y conservación	VIII

Nota: Conflictos de uso de las tierras en Ecuador-SIGTIERRAS (2013)

Valor ecológico

El concepto de valor ecológico se refiere a una medida estándar que define la salud y calidad de un ecosistema. Esta valoración se basa en matrices específicas que se aplican en un método conocido como la carta de evaluación ecológica, esencial en estudios de impacto ambiental. Los criterios ecológicos tomados en cuenta para esta evaluación incluyen la naturalidad, fragilidad, diversidad, extensión y representatividad del ecosistema, según lo establecido por García Leyton (2004).

Tabla 4

Evaluación del valor ecológico.

Ecosistema	Naturalidad	Fragilidad (0-1)	Diversidad (0-2)	Extensión (0-1)	Representatividad (0-2)	Total	Importancia
Bosque nativo	3	1	2	0	2	8	Alta
Tierra agropecuaria	1	1	2	0	0	4	Baja
Vegetación Arbustiva	3	1	1	1	2	8	Alta
Vegetación herbácea	2	0	1	1	1	5	Media
Área sin cobertura vegetal	1	0	0	1	2	4	Baja
Área Poblada	-	-	-	-	-	-	N/A

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 5*Nivel de importancia de valor ecológico*

Rango	Nivel de Importancia
1 – 4	Bajo
5 – 7	Medio
8 - 10	Alto

Fuente: Elaboración Propia

Uso potencial de suelo

Mediante la aplicación de la metodología desarrollada por Saaty, se asignaron pesos diferenciados a varias variables, como la capacidad de uso del suelo y el valor ecológico. Estos pesos contribuyen a obtener el resultado final, que se implementará utilizando la herramienta ArcGIS.

Tabla 6*Modelo Saaty para uso potencial de suelo*

Variable	Descripción	Clasificación	Uso potencial	Peso		
Capacidad de uso	Agrícola	Clase I	Agropecuario	0,26		
		Clase II				
		Clase III				
		Clase IV				
Ganadera Producción forestal	y	Clase V	Regeneración/	0,11		
		Clase VI	Restauración			
		Clase VII	Protección/Conservación			
Valor ecológico	Cobertura natural Protección y conservación	Clase VIII	Protección/Conservación	0,63		
		Alto				
		Medio			Regeneración/ Restauración	0,11
		Bajo			Agropecuario	0,26
	Tierra agropecuaria Área sin cobertura vegetal					

Fuente: Elaboración Propia

Sensibilidad ambiental

El mapa de sensibilidad ambiental se elabora utilizando como referencia mapas de distintos aspectos como geología, inclinación del terreno, cobertura vegetal, y tipo y uso del

suelo. Para su creación se emplea el método de Saaty, que se caracteriza por utilizar variables a las cuales se les asignan pesos de manera individual.

Tabla 7

Modelo Saaty para Sensibilidad Ambiental.

Variable	Clasificación	Peso	Consistencia	
			CI	CR
Pendiente	Clase 6. Muy escarpado	0,43	0,0526149	0,0398598
	Clase 5. Escarpado	0,27		
	Clase 4. Moderadamente escarpado	0,16		
	Clase 3. Inclinado	0,08		
	Clase 2. Suavemente inclinado	0,04		
	Clase 1. Llano o casi llano	0,03		
Geología	Formación piñón	0,34	0,143976	0,0969535
	Formación cerro	0,22		
	Miembro dos bocas	0,16		
	Depósitos coluvio aluviales	0,10		
	Formación san mateo	0,07		
	Depósitos coluviales	0,05		
	Depósitos aluviales	0,03		
	Zona Urbana	0,02		
Geomorfología	Relieve colinado muy alto	0,29	0,0934864	0,0786922
	Superficie de cono de deyección muy disectado	0,22		
	Glacis de esparcimiento	0,16		
	Relieve colinado alto	0,11		
	Coluvio Aluvial Antiguo	0,08		
	Coluvio Aluvial	0,05		
	Valle fluvial	0,04		
	Relieve colinado medio	0,03		
	Relieve colinado muy bajo	0,02		
	Vegetación	Bosque Nativo		
Vegetación Arbustiva		0,26		
Vegetación herbácea		0,10		
Tierra agropecuaria		0,16		
Área sin cobertura vegetal		0,05		
Área poblada		0,03		

Fuente: Elaboración Propia

Conflicto de uso de suelo

Es posible identificar las áreas en las que el uso actual del suelo no concuerda con su ocupación natural, distinguiendo regiones que están siendo utilizadas de manera adecuada,

excesiva o insuficiente. Este análisis se realizó mediante la fusión del mapa de uso actual del suelo con el mapa de potencial del suelo, lo que llevó a la creación de un mapa que muestra los conflictos en el uso del suelo.

Tabla 8

Modelo Saaty para conflicto de uso de suelo.

Variable	Descripción	Peso	Consistencia	
			CI	CR
Uso potencial delsuelo	Agropecuario	0,26	0,027680	0,041940
	Regeneración/ Restauración	0,11		
	Protección/Conservación	0,63		
Uso de suelo	Pasto Cultivado	0,13	0,094907	0,095866
	Bosque Natural	0,07		
	Cultivos de Ciclo Corto	0,53		
	Zona Urbana	0,27		

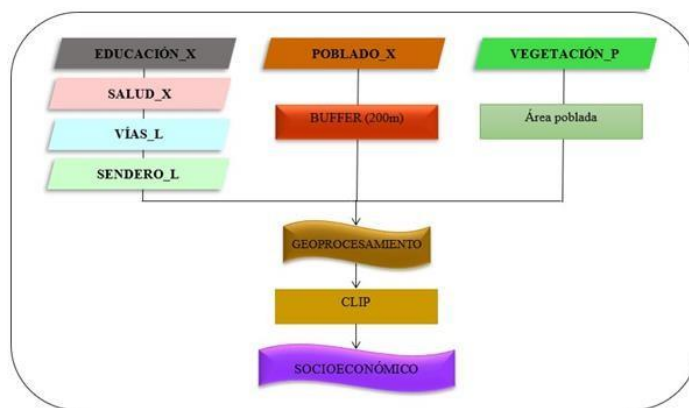
Fuente: Elaboración Propia

Socioeconómico

Se incorporaron factores como educación, salud, carreteras y senderos para resaltar elementos clave de los servicios básicos. En los poblados de Guayabal y Río Oro, se utilizó un área de influencia (buffer) de 200 metros para determinar aproximadamente las zonas que cuentan con todos los servicios básicos. Esta información se combinó con datos del área poblada obtenidos del archivo shape de vegetación.

Figura 2

Modelo Cartográfico para el desarrollo del mapa socioeconómico.



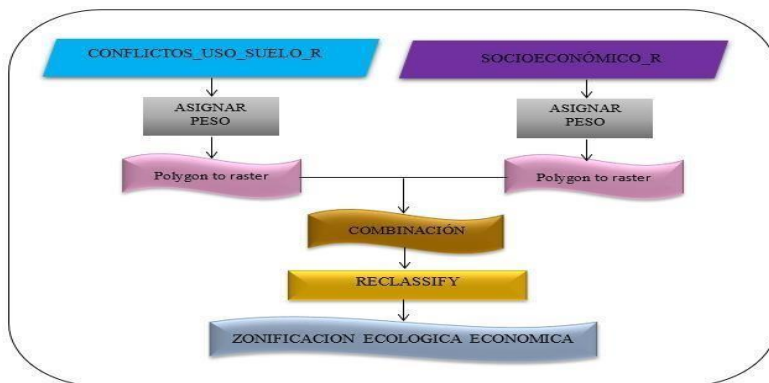
Fuente: Elaboración Propia.

Zonificación Ecológica Económica

Mediante la utilización de la metodología de Saaty y la combinación de variables relacionadas con los conflictos de uso de suelo y aspectos socioeconómicos, se logra elaborar el mapa de Zonificación Ecológica Económica.

Figura 3

Modelo Cartográfico para el desarrollo del mapa del ZEE.



Fuente: Elaboración Propia

Resultados

La integración de diversas variables se utiliza para establecer su interrelación y para implementar una Zonificación Ecológica Económica (ZEE) utilizando herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG). La Tabla 9 presenta un análisis detallado acerca de la capacidad de uso del suelo.

Tabla 9

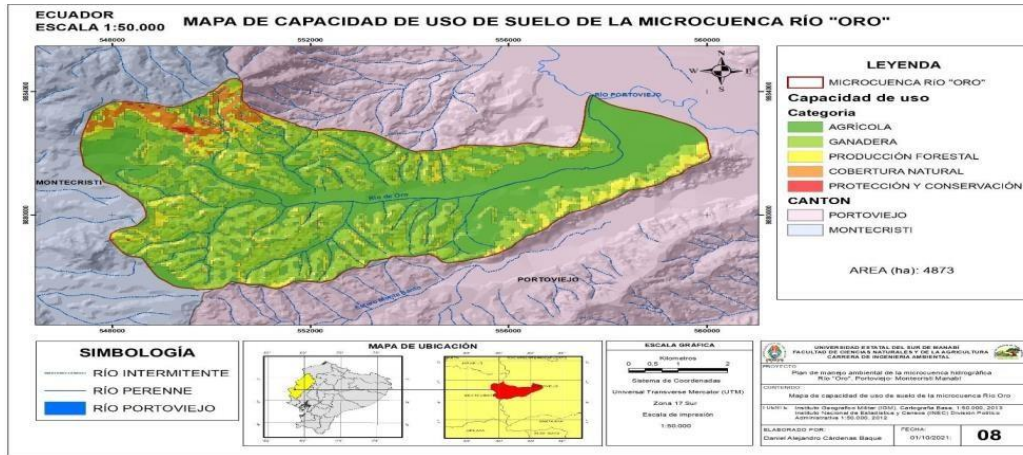
Uso de tierra.

Uso de la tierra	Área (km2)	Uso
Agrícola	21,22	Agropecuario
Ganadera	1,6	Regeneración/
Producción forestal	20,81	Restauración
Cobertura natural	5	Protección/
Protección y conservación	0,07	Conservación

Fuente: Elaboración Propia

Figura 4

Mapa de capacidad de uso de suelo de la microcuenca Río de Oro



Fuente: Elaboración Propia

Es observable que, de acuerdo con la inclinación del terreno, una mayor parte del área resulta apta para actividades como la agricultura y la producción forestal, constituyendo un 86% del total de la microcuenca. Esto podría indicar qué actividades son más ventajosas en función del contexto ambiental.

Valor ecológico

Tabla 10

Nivel de importancia.

Nivel de Importancia	Uso	Área (Km2)
Bajo	Agropecuario	24.29
Medio	Regeneración/ Restauración	0.99
Alto	Protección/Conservación	23.43

Figura 5

Mapa de valor ecológico de la microcuenca Río de Oro



Fuente: Elaboración Propia

Basándose en los diversos ecosistemas identificados en la zona de estudio, y utilizando información obtenida del archivo del MAGAP, la valoración de los criterios ecológicos reveló que un 48.08% del área posee una alta importancia ecológica, un 2.03% tiene una importancia media, y un 49.84% presenta una importancia baja.

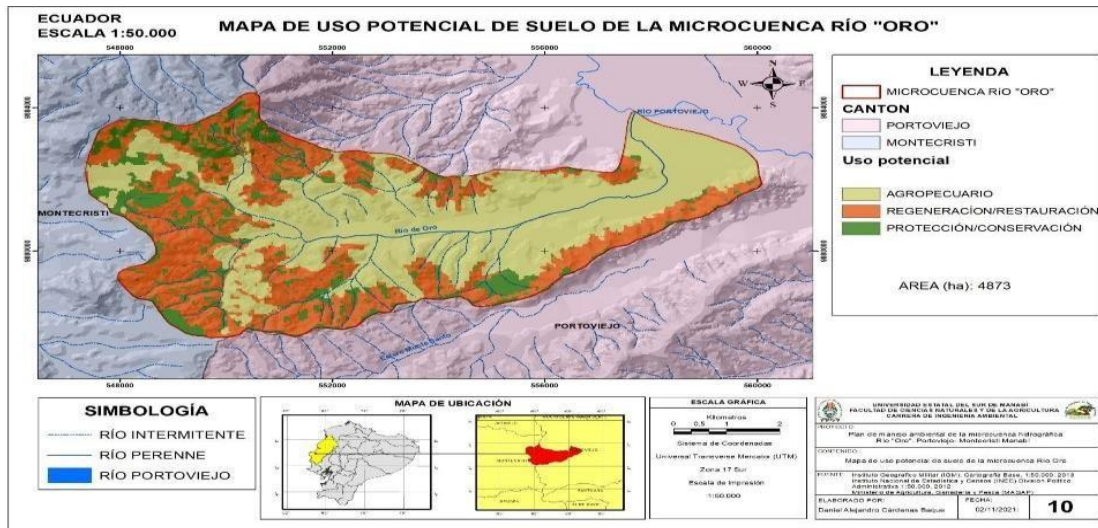
Tabla 11

Uso Potencial del suelo.

Uso Potencial	Área (Km2)
Agropecuario	24,77
Regeneración/ Restauración	16,87
Protección/Conservación	7,08

Figura 6

Mapa de uso potencial de suelo de la microcuenca Río de Oro.



Fuente: Elaboración Propia

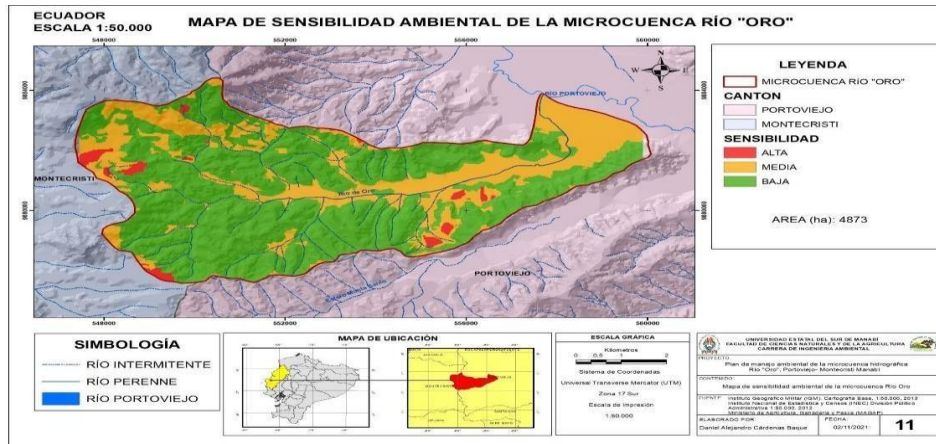
Tabla 12

Sensibilidad Ambiental.

Sensibilidad ambiental	Descripción	Área (km ²)
BAJA	La región no enfrenta amenazas significativas debido a su densa cobertura vegetal, suelos estables y suaves pendientes, además de su configuración morfológica. La escasa cantidad de agua en las microcuencas también indica que el riesgo de inundaciones es mínimo.	33,62 km
MEDIA	En las zonas media y alta de la microcuenca, donde las pendientes son moderadas y el suelo es estable, existe un riesgo medio de erosión. Este riesgo se asocia principalmente con la construcción de carreteras, la exposición del suelo y su uso excesivo.	13,64 km
ALTA	En gran parte de la región se presentan heladas y pendientes abruptas, donde el suelo desprovisto de vegetación es susceptible a la erosión eólica. En las zonas medias, se caracterizan por tener pendientes elevadas y marcadas. La inestabilidad en algunas áreas resulta de estas fuertes pendientes y de la baja estabilidad del suelo, agravada por el proceso geodinámico relacionado con la construcción de carreteras.	0,97 km

Figura 7

Mapa de sensibilidad ambiental de la microcuenca Río de Oro



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 13

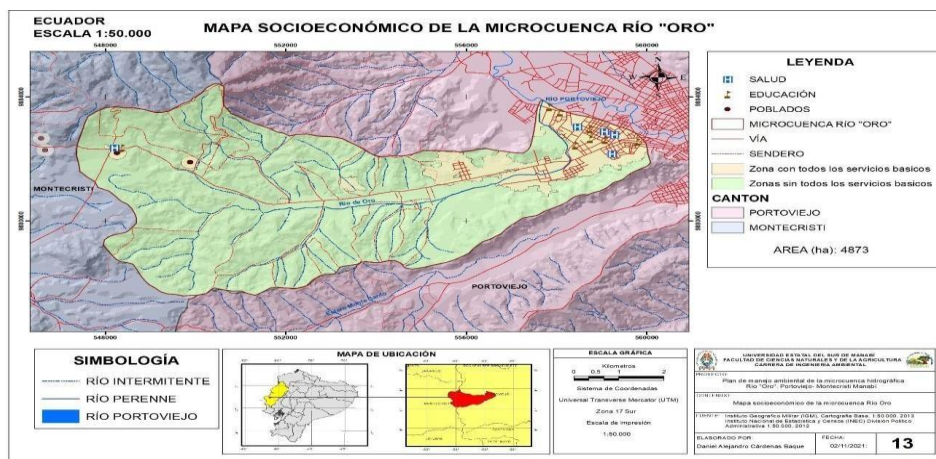
Socioeconómico.

Socioeconómico	Área (Km2)
Zona sin todos los servicios básicos	42.49
Zona con todos los servicios básicos	6.22

Fuente: Elaboración Propia

Figura 8

Mapa socioeconómico de la microcuenca Río de Oro



Fuente: Elaboración Propia

Para la elaboración del mapa socioeconómico, se consideró como factor clave los servicios básicos. Estos se evaluaron mediante el análisis de los poblados y áreas urbanas,

complementado con información obtenida de encuestas realizadas en varios sectores ubicados en las proximidades del río principal.

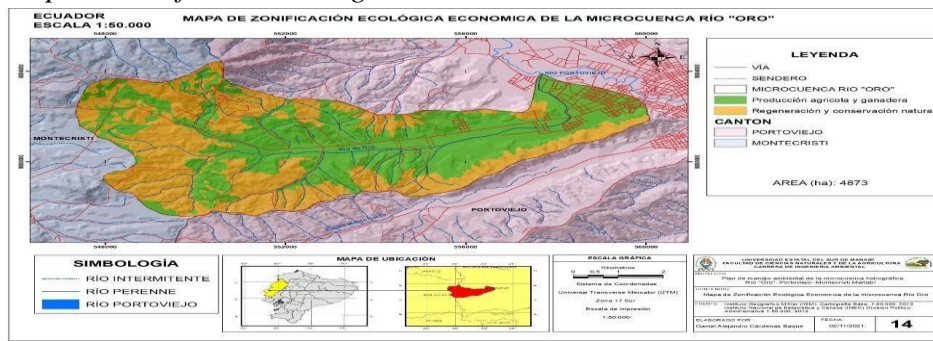
Tabla 14

Zonificación Ecológica – Económica.

ZEE	Área (Km2)
Producción agrícola y ganadera	26.27
Regeneración y conservación natural	22.43

Figura 9

Mapa de zonificación ecológica económica de la microcuenca Río de Oro.



Fuente: Elaboración Propia

Tomando en cuenta las características específicas de la región y los factores socioeconómicos, se identifica que el 54% de la microcuenca es idóneo para actividades como la agricultura, la ganadería y la producción forestal. Esto se debe a que estas áreas han experimentado una notable intervención antropológica. Por otro lado, las zonas de mayor altitud son mayormente adecuadas para la regeneración de áreas afectadas ambientalmente, siendo crucial la restauración de la vegetación en lugares que lo necesiten. Además, las áreas que no han sido alteradas significativamente por la actividad humana requieren protección. Estas últimas conforman el 46% restante de la microcuenca.

Discusión

La Zonificación Ecológica Económica es una estrategia aplicable tanto en entornos urbanos como rurales, destinada a identificar opciones para un uso sostenible del territorio,

teniendo en cuenta sus variadas capacidades y considerando aspectos físicos, biológicos, sociales, económicos y culturales. Los resultados de este estudio indican que el 54% de la microcuenca se presta para un desarrollo sostenible, especialmente destacando la presencia de un bosque seco tropical. Por otra parte, el 46% restante, correspondiente a las zonas más elevadas, se identifica como propicio para la regeneración de áreas dañadas por la agricultura y la ganadería, influenciadas por el crecimiento demográfico de la región. Esto contrasta con los hallazgos en las cuencas de Pastaza y Morona, donde las principales actividades económicas están vinculadas a 56 sitios arqueológicos asociados a interacciones históricas con grupos humanos pasados, el uso y manejo de recursos, y conexiones culturales con comunidades indígenas actuales como los wampis, shapra, candoshi, achuar y quechua, según Panduro, Mendoza, LLaque, Zumaeta y Carrillo (2008).

En los estudios realizados por Guerrero Padilla, Rodríguez Rodríguez, Leiva González y Pollack Velásquez (2019), se enfocaron en catalogar los distintos ecosistemas de la provincia de Trujillo, en la región La Libertad, Perú. En esta área se identificaron zonas de clima seco-subtropical, semiárido, matorral desértico-montano y superárido-Premontano Tropical. Las principales actividades económicas en esta región se concentran en la agricultura, con áreas de riego permanente, complementarias y de secano. Esto contrasta con los hallazgos de nuestro estudio, donde las principales actividades económicas son la agricultura y la ganadería. En nuestra investigación, se determinó que el 50.83% de la microcuenca es apto para uso agropecuario, el 34.61% para regeneración o restauración, y solo el 14.52% para protección y conservación. Este último porcentaje es relativamente bajo, reflejando el impacto de las actividades económicas en la conservación de los recursos naturales de la zona.

En lo que respecta al uso del suelo en nuestra área de estudio, este se distribuye entre actividades agrícolas, ganaderas, producción forestal, y áreas dedicadas a la protección, conservación y restauración de recursos naturales. De manera similar, en los estudios de Torres

y Km (2010), se identifican usos del suelo que incluyen agricultura con cultivos limpios y permanentes, áreas de pastoreo para la ganadería, producción forestal y zonas destinadas a la protección natural. Esto guarda una notable similitud con los hallazgos de Madrigal Martínez (2014), quien también encontró que el uso del suelo en su estudio se centraba en actividades semejantes.

Conclusiones

Mediante la combinación y reorganización de diferentes variables, se logró la creación de mapas que muestran la Capacidad de uso del suelo, el Valor ecológico, el Uso potencial del suelo, la Sensibilidad del suelo, el Conflicto en el uso del suelo, aspectos Socioeconómicos y la Zonificación Ecológica Económica. En esta última categoría, se identificaron áreas propicias para la producción agrícola y ganadera, abarcando el 54% de la microcuenca. El análisis realizado con sistemas de información geográfica permite generalizar los datos y abarcar una amplia gama de aspectos que constituyen el mapa.

La región urbana, caracterizada por un terreno de pendiente plana a ligeramente inclinada, se clasifica para uso en producción agrícola o ganadera, a pesar de que su producción actual sea principalmente industrial. Por otro lado, las áreas designadas para la regeneración y conservación natural, que comprenden el 46% del área total, son ideales para la replantación con especies arbóreas autóctonas. Posteriormente, estas áreas podrían ser designadas como zonas de conservación natural, lo que ayudaría a prevenir deslizamientos de tierra o inundaciones.

Referencias bibliográficas

Barrera-Narváez, C.-F., González-Sanabria, J.-S., & Cáceres-Castellanos, G. (2020). Toma de decisiones en el sector turismo mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica e inteligencia de negocios. *Revista Científica*(38), 160-173. Retrieved from

- http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0124-22532020000200160&script=sci_arttext
- Cárdenas Baque, D. A. (2022). Plan de Manejo Ambiental de la Microcuenca Hidrográfica del Río de Oro, Portoviejo–Montecristi-Manabí. Jipijapa-Unesum, Retrieved from <http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/3885/1/CARDENAS%20BAQUE%20DANIEL.pdf>
- CEPAL, N. (2016). Definición de población urbana y rural utilizadas en los censos de LSO países latinoamericanos.
- Dourojeanni, A., Jouravlev, A., & Chávez, G. (2002). Gestión del agua a nivel de cuencas: teoría y práctica: Cepal.
- Flores, N., Castro, I., & Aponte, H. (2020). Evaluación de las unidades de vegetación en Los Pantanos De Villa (Lima, Perú) mediante sistemas de información geográfica y teledetección. *Arnaldoa*, 27(1), 303-321. Retrieved from http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2413-32992020000100303
- García Leyton, L. A. (2004). Aplicación del análisis multicriterio en la evaluación de impactos ambientales: Universitat Politècnica de Catalunya.
- Guerrero Padilla, A. M., Rodríguez Rodríguez, E. F., Leiva González, S., & Pollack Velásquez, L. E. (2019). Zonas de vida en el proceso de la Zonificación Ecológica Económica (ZEE) de la provincia de Trujillo, región La Libertad, Perú. *Arnaldoa*, 26(2), 761-792. Retrieved from http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2413-32992019000200017&script=sci_arttext
- <https://scholar.archive.org/work/mkgnkbqv7bgfxfyjipohbv6wsu/access/wayback/http://amazoniaperuana.caaap.org.pe/index.php/amazoniaperuana/article/download/58/40>
- Madrigal Martínez, S. (2014). Tipología de unidades de síntesis definidas por criterios ecológicos que pueden adoptarse en los procesos de meso zonificación ecológica económica: Una aproximación al territorio peruano. *Ecología Aplicada*, 13(1), 1-13. Retrieved from http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1726-22162014000100001&script=sci_arttext
- Panduro, S. R., Mendoza, A. M., LLaque, J. A., Zumaeta, R. R., & Carrillo, C. C. (2008). Arqueología de las cuencas del Pastaza y Morona. Reporte de zonificación ecológica económica. *Amazonia Peruana*(31), 269-300. Retrieved from <http://www.iiap.org.pe/Archivos/publicaciones/PUBL508.pdf>
- Retrieved from https://www.cepal.org/sites/default/files/def_urbana_rural.pdf
- Sigtierras. (2017). Mapa Digital, Conflictos de Uso de las Tierras en Ecuador. Escala 1:4 300.000.
- Torres, R. E., & Km, A. J. A. Q. (2010). Zonificación Ecológica y Económica del Departamento de Amazonas.