

ARTÍCULO CIENTÍFICO

VALORACIÓN INTEGRAL DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DE ABASTECIMIENTO DE LA LAGUNA MIRAFLORES, CANTÓN BOLÍVAR, ECUADOR.**COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF THE ECOSYSTEM SERVICES OF THE MIRAFLORES LAGOON, BOLIVAR CANTON, ECUADOR.****Mendoza Roldán, Modesto Amadeo¹; Chicaiza Intriago, Jonathan Gerardo^{1*};**¹ Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López. Calceta, Ecuador; 130250

*Autor de correspondencia: jonathan.chicaiza@espam.edu.ec

Resumen

El estudio evaluó los servicios ecosistémicos de aprovisionamiento de la ciénaga Miraflores cantón Bolívar, Ecuador mediante un enfoque integrado que combinó análisis fisicoquímicos, percepción social y análisis del uso del suelo. La identificación de servicios basada en criterios funcionales evidenció la provisión de alimentos, agua dulce, madera, fibras y recursos genéticos como componentes esenciales para el sostenimiento local. La percepción mostró una baja interacción comunitaria, predominando las visitas esporádicas (35%) o nulas (28,85%); sin embargo, la contaminación fue reconocida como la principal amenaza (79%), y el fortalecimiento del monitoreo científico se identificó como la medida prioritaria de conservación (46%). En el ámbito biofísico, los niveles de oxígeno disuelto (2,7–3,2 mg/L) se ubicaron por debajo del estándar del TULSMA (≥ 5 mg/L), reflejando condiciones desfavorables para la fauna acuática. El pH (7,65–7,82) y la temperatura (27,5–27,8 °C) se mantuvieron dentro de límites permisibles, mientras que, los sulfuros (0,05 mg/L) y las concentraciones de aceites y grasas (110,4 mg/L) excedieron los valores normativos, lo que evidencia aportes antrópicos relevantes. Los pesticidas organoclorados ($< 0,00003$ mg/L) y los coliformes fecales (1×10^0 NMP/100 mL) permanecieron por debajo de los niveles máximos establecidos. El análisis espacial reveló un paisaje dominado por coberturas agropecuarias, especialmente pastos cultivados (32,47%), plátano (17,05%) y cacao (13,33%), conformando un

mosaico productivo que genera presiones difusas sobre la estructura y funcionalidad hidrológica del humedal. Demostrándose así, que la ciénaga mantiene servicios de aprovisionamiento relevantes, aunque presenta evidencias claras de degradación asociada a contaminación y al uso intensivo del suelo.

Palabras clave: Laguna natural, Servicios Ecosistémicos, Monitoreo Ambiental.**Abstract**

The study evaluated the provisioning ecosystem services of the Miraflores wetland, Bolívar canton, Ecuador, through an integrated approach that combined physicochemical analyses, social perception, and land-use assessment. The identification of services based on functional criteria revealed the provision of food, freshwater, timber, fibers, and genetic resources as essential components for local livelihoods. Social perception indicated low community interaction, with sporadic visits (35%) or none at all (28.85%) being the most common; however, pollution was recognized as the main threat (79%), and strengthening scientific monitoring was identified as the priority conservation measure (46%). In the biophysical domain, dissolved oxygen levels (2.7–3.2 mg/L) were below the TULSMA standard (≥ 5 mg/L), reflecting unfavorable conditions for aquatic fauna. pH (7.65–7.82) and temperature (27.5–27.8 °C) remained within permissible limits, while sulfides (0.05 mg/L) and concentrations of

* Correspondencia a: Jonathan Gerardo Chicaiza Intriago, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López. Calceta, Ecuador. Correo electrónico: jonathan.chicaiza@espam.edu.ec

oils and fats (110.4 mg/L) exceeded regulatory values, indicating significant anthropogenic inputs. Organochlorine pesticides (<0.00003 mg/L) and fecal coliforms (1×10^0 MPN/100 mL) were below maximum allowable levels. Spatial analysis revealed a landscape dominated by agricultural land uses, particularly cultivated pasture (32.47%), plantain (17.05%), and cacao (13.33%), forming a productive mosaic that exerts diffuse pressures on the hydrological structure and functionality of the wetland. Overall, the wetland still maintains relevant provisioning services, although clear evidence of degradation associated with pollution and intensive land use was observed.

Keywords: Natural Lagoon, Ecosystem Services, Environmental Monitoring.

I. INTRODUCCIÓN

El panorama ambiental está sujeto a cambios constantes, y cómo se percibe, utiliza y gestiona la naturaleza sigue siendo uno de los desafíos fundamentales para el desarrollo de sociedades sostenibles [1][2]. En contexto, los servicios ecosistémicos, y en especial los servicios de aprovisionamiento, son importantes porque brindan beneficios directos a la humanidad, como alimentos, agua dulce y recursos esenciales para la sociedad [3][4][5].

Los servicios tangibles son esenciales para la seguridad alimentaria, la economía local y la salud humana, especialmente en comunidades rurales dependientes del capital natural [6][7].

Estudios globales como la evaluación internacional de ecosistemas, han documentado que la degradación ambiental y el uso insostenible de los recursos naturales representan una amenaza directa al bienestar humano y a la capacidad de los ecosistemas para proveer servicios esenciales [8][9].

Este reconocimiento internacional ha sido impulsado por iniciativas como la comprensión global de los valores ecológicos compartidos, que evidencian cómo los ecosistemas sustentan funciones vitales y no solo materiales, incluyendo regulación hídrica, purificación del agua, control climático, mantenimiento de biodiversidad y provisión de servicios culturales [10][11].

Actualmente, el término servicios ecosistémicos

es popular en la investigación científica y la gestión política, debido a que son muy valiosos y beneficiosos para la sociedad, porque ayudan a mantener las condiciones de vida en la Tierra [12][13]. Asimismo, los ecosistemas saludables presentan beneficios importantes para la salud humana, como la regulación del clima, suministro de aire, agua, suelos y paisajes limpios [14][15].

En este sentido, valorar los servicios ecosistémicos es indispensable para cuantificar los beneficios sociales y económicos que derivan de la buena calidad de estos; este enfoque respalda la integración de procesos para la toma de decisiones [16][17].

Los humedales, por ejemplo, tienen un papel importante en el aprovisionamiento de recursos como agua y el suelo [18][19][20]. No obstante, el acelerado desarrollo urbano y los efectos antropogénicos afectan significativamente en la capacidad de este sistema para proveer los recursos esenciales para las comunidades locales [21][22][23].

Los humedales son ecosistemas altamente productivos con funciones ecológicas críticas, tales como: regulación del ciclo hidrológico, almacenamiento de agua, soporte de biodiversidad, provisión de materia prima, retención de nutrientes y amortiguación de impactos ambientales. En zonas rurales, estos ecosistemas representan bienes naturales vitales para el sustento humano y Ramsar [24].

En Ecuador existen pocos datos sobre la valoración de los servicios ecosistémicos, la poca información limita la conservación de los recursos naturales y obstaculiza los esfuerzos realizados para la gestión sostenible [25]. No obstante, una de las barreras para la conservación de estos recursos es la falta de conocimientos e interés por las partes interesadas [26]. Esta falta de conocimientos desarrolla una desconexión entre las políticas de conservación y las necesidades de una comunidad, obstaculizando el desarrollo de medidas necesarias para la protección de los recursos [27].

Informes nacionales sobre humedales en Ecuador confirman esta carencia de datos sistemáticos, lo que dificulta la implementación de políticas ambientales eficaces. Estudios recientes destacan la urgencia de fortalecer la investigación,

monitoreo y participación comunitaria para lograr una gestión sostenible de humedales y proteger los recursos naturales frente a la creciente presión antropogénica [28][29].

Ante estos antecedentes expuestos, En este estudio se evaluó los servicios ecosistémicos que la ciénaga brinda a las comunidades, permitiendo la

toma de decisiones pertinentes para conservarlas [30][31]. Adicional a esto, estudios destacan que para lograr aprovechar de manera sustentable los recursos naturales, es importante el desarrollo de este tipo de estudios, que brinden información sobre el valor y las funciones de estos recursos [32].

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación

La investigación se realizó en la Ciénaga del sector Miraflores de la parroquia Calceta del cantón Bolívar, en la provincia de Manabí, Ecuador (Fig.1). En las coordenadas cartesianas Norte 9905415,3 y Este 592262,4. Con características de clima tropical, influenciada por los cambios que ocurren en el océano Pacífico [33].

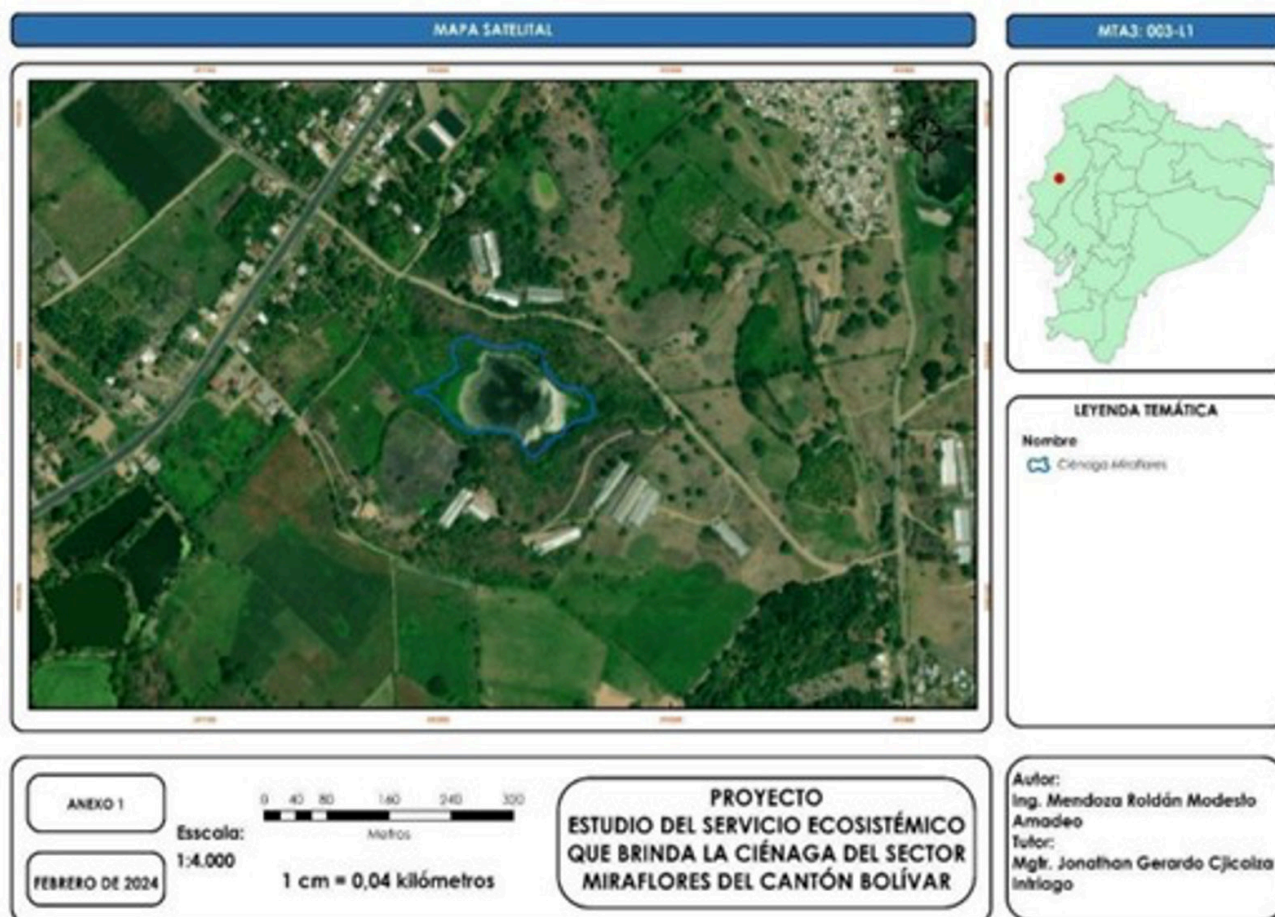


Fig. 1. Ubicación de la ciénaga en el cantón Bolívar – Manabí

Identificación de los servicios ecosistémicos de aprovisionamiento

Reconocimiento en campo

Mediante visitas de campo con levantamiento directo y observación sistemática, se identificaron los servicios ecosistémicos de aprovisionamiento presentes en la ciénaga, empleando la clasificación internacional propuesta por The Economics of

Ecosystems and Biodiversity (TEEB) [25], lo que permitió mantener coherencia conceptual y facilitar la comparación con otros estudios. La selección de las variables ecológicas se centró en los servicios de provisión alimentos, agua dulce, madera y fibras, y recursos genéticos debido a su relevancia y representatividad en humedales tropicales, cuya descripción detallada se presenta en la Tabla 1.

TABLA 1. VARIABLES CLAVE PARA LA VALORACIÓN ECOLÓGICA DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DE APROVISIONAMIENTO DE UNA CIÉNAGA.

Servicio Ecosistémico	Tipo	Descripción	Ejemplo
Servicios de aprovisionamiento	Alimentos	Obtenido de los ecosistemas para el consumo humano [34].	Peces nativos, moluscos, crustáceos.
	Agua dulce	Agua disponible para diversos usos [35].	Aguas superficiales de la ciénaga.
	Madera y fibras	Materiales de origen vegetal utilizados en construcción, papel, textiles [36].	Mangles, cañas, fibras vegetales locales
	Recursos genéticos	Diversidad genética de plantas, animales y microorganismos [37].	Semillas, especies endémicas, variedades locales.

Percepción comunitaria de los servicios ecosistémicos de aprovisionamiento

Se emplearon encuestas semiestructuradas basadas en instrumentos previamente utilizados en investigaciones similares [29,30], lo que fortaleció la validez de contenido. El

tamaño muestral se calculó para una población de 60 habitantes utilizando un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 5%, resultando en 53 participantes. Esto garantiza representatividad estadística. Además, las encuestas incluyeron preguntas cerradas y de opción múltiple (Tabla 2).

TABLA 2. PREGUNTAS DE LA ENCUESTA APLICADA.

Pregunta	Opciones de respuesta
¿Con qué frecuencia visita la ciénaga?	A menudo (varias veces al mes) Algunas veces (una o dos veces al mes) Rara vez (menos de una vez al mes) Nunca
¿Qué actividades le gustaría hacer en la ciénaga?	Observar aves Caminar o hacer senderismo Pescar Navegar Hacer picnic Otras
¿Qué opina del estado actual de las ciénagas en su región?	Muy bueno Bueno Regular Malo Muy malo
¿Cuáles son las principales amenazas para las ciénagas en su región?	Contaminación Desarrollo Sobreexplotación Cambio climático Otras (por favor, especifique)
¿Qué se puede hacer para proteger las ciénagas en su región?	Aumentar la regulación y el cumplimiento Restaurar hábitats degradados Educar al público sobre la importancia de las ciénagas Apoyar la investigación y el monitoreo Otras

Análisis de la calidad del agua de la ciénaga

Muestreo

Para evaluar la salud del ecosistema, su capacidad de autodepuración y la biodiversidad de la ciénaga, se siguieron los criterios metodológicos establecidos por [38]. El proceso de muestreo se desarrolló mediante la recolección de agua superficial bajo procedimientos estandarizados, aplicando la NTE INEN 1105 para el examen microbiológico y la NTE INEN 2169:2013 para el manejo y conservación de las muestras. El cumplimiento estricto de estas normas garantizó la trazabilidad, integridad y repetibilidad de todas las etapas del muestreo.

Parámetros evaluados

Físicos

Se analizaron oxígeno disuelto, pH y sólidos suspendidos totales (Tabla 3), parámetros ampliamente utilizados para evaluar salud ecosistémica en humedales [39]. Y Los análisis instrumentales correspondientes a sulfuros y pesticidas organoclorados fueron realizados en Seidlaboratory Cia. Ltda., laboratorio acreditado que opera bajo estándares de calidad reconocidos para ensayos fisicoquímicos y contaminantes ambientales empleando métodos validados, incluyendo el procedimiento **HACH 8131**.



ORDEN TRABAJO No. 325324

Factura No.

Informe No.

Código de Laboratorio



325324-1

Cliente: MENDOZA AMADEOMENDOZA AMADEO

Dirección envío:

Fecha Recepción: 2024/12/05

Nombre Producto: AGUA DE CIENEGA

Cantidad Muestra: 4 muestras

Lot:

Condiciones de almacenamiento: Refrigeración

Condiciones de llegada de la muestra: BOTELLA DE PLASTICO

Tipo: RUTINA

Ruc: 13105214531310521453

Teléfono: 0994078817

Correo de Información: ronaldbravo95@gmail.com

Fecha entrega Informe: 2024/12/17

Fecha entrega Técnico: 2024/12/17

Peso Muestra: 350.0 Mililitros

Fecha Elaboración: 2024/12/02

Tiempo permanencia de la muestra: 8 Días

Condiciones ambientales de llegada de la muestra: 14 °C

ENSAYOS SOLICITADOS DENTRO Y FUERA DEL ALCANCE DE LA ACREDITACIÓN			
DENTRO DEL ALCANCE		FUERA DEL ALCANCE	
Ensayo(Método)	Resultado	Ensayo(Método)	Resultado
ACEITES Y GRASAS AGUAS – GRAV. (SEA-ACGR (SM 5520 B))	110.4	COLIFORMES FECAL (FM)* (SEM-FM)	1x10 ⁴
		PESTICIDAS ORGANOCORADOS EN AGUAS* (EPA 8270D-3510C MODIFICADOS-CG-MS)	0.00 mg/L
		SULFUROS AGUAS* (HACH 8131)	<0.05

Observaciones: ING. MODESTO MENDOZA/ OFERTA NR. 6288 II-2024/ N° 5804

INFORME DE ENSAYO NR. 325324						
INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE						
Cliente:	MENDOZA AMADEO					
Dirección:	CALCETA					
Nombre Producto:	AGUA DE CIENEGA					
Fecha de Elaboración:	2024-12-02	Fecha de Caducidad:	ND			
Lote:	ND	Control de Recarga:	ND			
Material Recvener:	BOTELLA DE PLASTICO DE 350 ml.		Forma de conservación:	Refrigeración		
INFORMACIÓN DE LA MUESTRA						
Código Laboratorio:	325324-1	Contenido Encontrado:	150 Mililitros			
Fecha Recepción:	24/12/05	Fecha Inicio Ensayo:	24/12/05			
Condiciones Ambientales de Llegada de la muestra:		14.0 °C	Muestreo:	En responsabilidad del cliente y, los resultados aplican a la muestra entregada por el cliente. (Elaboración: 02/12/24)		
ENSAYOS INSTRUMENTAL		MÉTODO	ACREDITACIONES	UNIDAD	RESULTADO	ESPECIFICACIONES SEGUN NORMA TULIUM- TABLA 3.1
SULFUROS		HACH 8131	*	mg/l	<0.05	---

TABLA 3. PARÁMETROS DEL AGUA DE LA CIÉNAGA ANALIZADOS.

Parámetro	Método	Referencia	Materiales/equipos
Oxígeno disuelto	Oximetría	NTE INEN 1106:2013	Oxímetro, membranas de repuesto, soluciones de calibración, vasos precipitados, agitador magnético, termómetro
pH	Electrometría	NTE INEN 2169:2013	pH metro, guantes, frasco lavador
Sólidos suspendidos	Espectrofotometría		Espectrofotómetro

Los resultados del muestreo se compararon con los criterios del anexo 1 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA) [40].

Caracterización de los servicios ecosistémicos de aprovisionamiento

Muestreo

Maapeo del uso de suelo:

mediante herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG), se realizó una clasificación supervisada de los usos presentes en el área, donde se georreferenció las coberturas in situ y luego se digitalizaron en el software ArcGIS 10.4 [41].

Valoración de los servicios ecosistémicos de aprovisionamiento

Método de ponderación

La valoración de los servicios ecosistémicos se realizó con la escala adaptada de Bedoya et al. [43], asignando tres niveles de importancia: alta (3), cuando el servicio es indispensable para la vida diaria o la economía local; media (2), cuando es útil pero no esencial; y baja (1), cuando su uso es ocasional o secundario. La ponderación se basó en criterios de disponibilidad, acceso y sostenibilidad, y los resultados se organizaron en una matriz (Tabla 4) que considera características específicas para cada servicio, como disponibilidad y acceso en alimentos, calidad y uso en agua dulce, cantidad y sostenibilidad en madera y fibras, y diversidad y potencial en recursos genético.

TABLA 4. VALORACIÓN DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DE APROVISIONAMIENTO.

Servicio Ecosistémico	Característica	Importancia
Alimentos	Disponibilidad y acceso	Alta/Media/Baja
Agua dulce	Calidad y uso (consumo, riego)	Alta/Media/Baja
Madera y fibras	Cantidad y sostenibilidad del recurso	Alta/Media/Baja
Recursos genéticos	Diversidad y potencial	Alta/Media/Baja

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los servicios ecosistémicos de aprovisionamiento identificados en la ciénaga cumplen funciones esenciales para el bienestar de la población local y el equilibrio ecológico del sistema se detalla en la tabla 5.

TABLA 5. IDENTIFICACIÓN DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DE LA CIÉNAGA.

Servicio ecosistémico (TEEB)	Función principal	Relevancia ecológica	Relevancia socioeconómica	Análisis TEEB
Alimentos	Producción de cultivos, pesca y ganadería	Mantiene la productividad primaria y estructura trófica; indicador de equilibrio del ecosistema	Contribuye a la seguridad alimentaria y genera ingresos para la población local	La provisión de alimentos refleja la capacidad del ecosistema de sostener la vida humana; su uso sostenible asegura resiliencia ecológica y continuidad de recursos
Agua dulce	Uso para consumo humano y riego	Regulación hídrica, almacenamiento de nutrientes, soporte de la biodiversidad acuática	Garantiza abastecimiento de agua para consumo y agricultura	Funciona como reservorio natural y modulador de ciclos hidrológicos; su conservación asegura la disponibilidad de agua y protege contra sequías y erosión
Madera y fibras	Recursos forestales para construcción y leña	Conserva la vegetación arbórea, previene erosión y mantiene hábitats	Provisión de materiales para vivienda, energía doméstica y economía local	La extracción controlada mantiene la integridad del ecosistema, evitando degradación y pérdida de biodiversidad
Recursos genéticos	Conservación de especies y semillas locales	Mantiene diversidad genética y capacidad de adaptación del ecosistema	Base para agricultura sostenible, restauración ecológica y potencial biotecnológico	La diversidad genética soporta adaptación a cambios ambientales y climáticos; la pérdida de este servicio limita resiliencia y oportunidades de desarrollo sostenible

Percepción comunitaria de los servicios ecosistémicos de aprovisionamiento de la ciénega

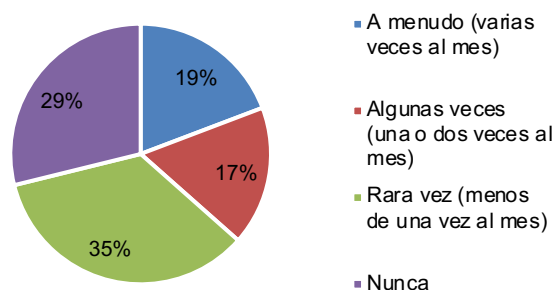


Fig. 2. ¿Con qué frecuencia visita la ciénaga?

En cuanto a la frecuencia de visita a la ciénaga (Fig.2), los resultados muestran que el 35% de los residentes la visitan con poca frecuencia, un 28,85% nunca la visita y solo el 19% lo hace de manera frecuente. Esta baja interacción indica que la presión directa sobre el ecosistema es limitada, lo que puede ayudar a conservar su integridad ecológica. Sin embargo, también refleja que gran parte de la población tiene un contacto limitado con la ciénaga, lo que puede reducir la conciencia ambiental y el compromiso con su protección. Desde un punto de vista socioeconómico, estos datos sugieren que la mayoría de la comunidad obtiene pocos beneficios directos del ecosistema, lo que puede afectar su disposición a participar en acciones de manejo sostenible.

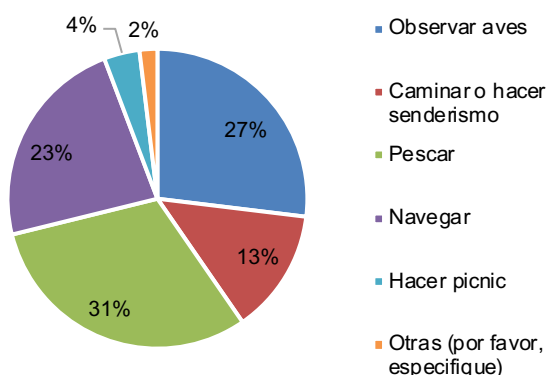


Fig. 3. ¿Qué actividades le gustaría hacer en la ciénaga?

Respecto a las actividades que la comunidad quisiera realizar en la ciénaga (Fig. 3), la pesca (31%) y la observación de aves (27%) son las principales, seguidas de la navegación (23%) y caminatas o senderismo (13%), mientras que actividades como picnic y otras representan un porcentaje mínimo. Esta distribución indica que el ecosistema es percibido principalmente como fuente de recursos alimentarios y oportunidades recreativas. Ecológicamente, la combinación de actividades extractivas y recreativas sugiere la necesidad de un manejo que equilibre el uso de los recursos con la conservación de la biodiversidad. Socioeconómicamente, refleja el potencial de la ciénaga para generar ingresos mediante pesca sostenible y ecoturismo.

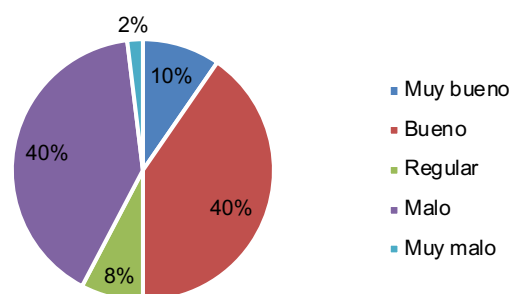


Fig. 4. ¿Qué opina del estado actual de las ciénagas en su región?

En cuanto a la percepción del estado actual de las ciénagas (Fig.4), el 40% de los encuestados considera que el estado es bueno, otro 40% lo califica como malo, un 10% como muy bueno, 8% como regular y 2% como muy malo. Esta polarización refleja una percepción mixta sobre la salud del ecosistema, lo que puede estar relacionado con problemas visibles de degradación o contaminación. Desde el punto de vista ecológico, evidencia que existen áreas que requieren medidas de restauración y conservación. En términos socioeconómicos, esta percepción mixta puede influir en la motivación de la comunidad para apoyar iniciativas de protección y manejo sostenible.

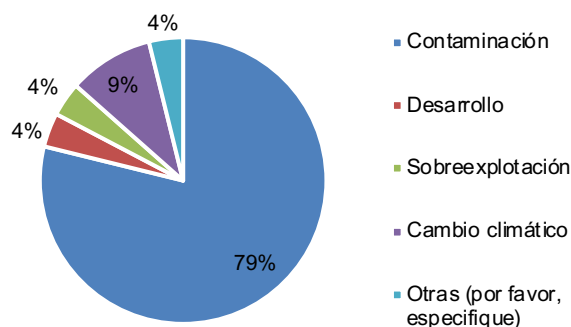


Fig. 5. ¿Cuáles son las principales amenazas para las ciénagas en su región?

Sobre las principales amenazas que se presentan en la ciénaga (Fig. 5), el 79% de los encuestados identificó la contaminación como el mayor riesgo, seguida del cambio climático (9%) y factores como desarrollo y sobreexplotación (4% cada uno). Esto demuestra que la comunidad reconoce los impactos antropogénicos sobre la ciénaga, especialmente la contaminación, y tiene conciencia de los efectos negativos sobre la biodiversidad y los servicios ecosistémicos. Desde un enfoque socioeconómico, resalta la necesidad de educación ambiental y políticas locales para proteger los recursos que sustentan alimentos, agua y materiales.

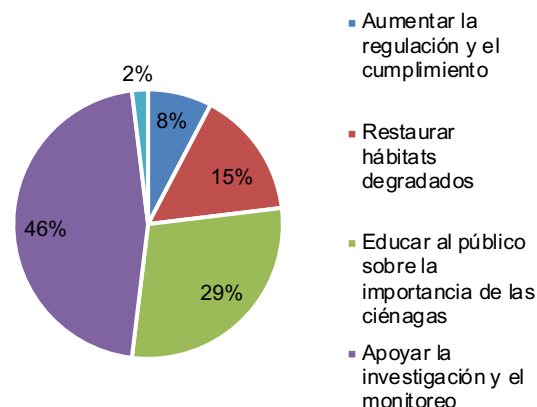


Fig. 6. ¿Qué se puede hacer para proteger las ciénagas en su región?

Finalmente, sobre las medidas para proteger la ciénaga (Fig.6), el 46% de los encuestados considera que el apoyo a la investigación y monitoreo es crucial, 29% prioriza la educación ambiental, 15% la restauración de hábitats, 8% la regulación y cumplimiento, y 2% otras acciones. Esto indica que la comunidad valora estrategias basadas en conocimiento científico y seguimiento, lo que facilita la implementación de planes de conservación adaptativa. Socioeconómicamente, estas preferencias reflejan que la población comprende la relación entre la salud del ecosistema y su bienestar, mostrando disposición a participar en programas de manejo sostenible.

Calidad fisicoquímica del agua de la ciénaga

TABLA 6. PARÁMETROS FÍSICOS

Parámetro	Resultado	Norma, libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA)
OD (mg/L)	3,2	5,0 a 10,0 (Norma ISO 5813) Mínimo 5,0 mg/L (TULSMA*)
	2,7	
	2,9	
pH	7,65	6,5 a 8,5 (Norma ISO 10523) 6,5 a 9,0 (TULSMA)
	7,82	
	7,73	
	27,5	
Temperatura (°C)	27,8	15°C a 30°C
	27,7	

*Criterios tomados de la tabla 3 del anexo 1 del libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA) . **Rango favorable para el desarrollo y la supervivencia de la mayoría de las especies acuáticas que habitan en las ciénagas.

La temperatura del agua se mantuvo en un rango de 27,5 a 27,8 °C, considerado adecuado para la fisiología y el comportamiento de las especies acuáticas locales. Este rango asegura el metabolismo normal de peces, crustáceos y

vegetación acuática, evitando estrés térmico. Sin embargo, cambios bruscos en la temperatura podrían afectar la reproducción, la actividad alimentaria y la resiliencia del ecosistema frente a eventos extremos.

TABLA 7. RESULTADOS DE ANÁLISIS DE SULFUROS Y PESTICIDAS ORGANOCLORADOS.

Ensayos Instrumentales	Unidad	Resultado	Criterio de Calidad
Sulfuros	mg/L	<0,05	0.01
Aldrin	mg/L	<0.00003	
Dieldrín	mg/L	<0.00003	
Clordano Total	mg/L	<0.00003	
α -Clordano	mg/L	<0.00003	
γ -Clordano	mg/L	<0.00003	
p,p-DDT (Diclorodifeniltricloroetano)	mg/L	<0.00003	
Endrina	mg/L	<0.00003	
BCH (Lindano)	mg/L	<0.00003	
pp-DDD	mg/L	<0.00003	
pp-DDE	mg/L	<0.00003	
Aldrin	mg/L	<0.00003	
BCH	mg/L	<0.00003	
γ -CIISB	mg/L	<0.00003	
δ -CIISB	mg/L	<0.00003	
Clorobencilato	mg/L	<0.00003	
Clorotalonil	mg/L	<0.00003	
Cloroneb	mg/L	<0.00003	
Dacthal	mg/L	<0.00003	
Endosulfán I	mg/L	<0.00003	
Endosulfán II	mg/L	<0.00003	
Sulfito de endosulfán	mg/L	<0.00003	
Aldehído de endrina	mg/L	<0.00003	
Etridazol	mg/L	<0.00003	
Heptacloro	mg/L	<0.00003	
Epóxido de heptacloro (isómero B)	mg/L	<0.00003	
Metoxicloro	mg/L	<0.00003	
cis-Permetrina	mg/L	<0.00003	
trans-Permetrina	mg/L	<0.00003	
trans-nonacloro	mg/L	<0.00003	

El análisis de sulfuros y pesticidas organoclorados (Tabla 7) indican que, las concentraciones de estos compuestos se encuentran por debajo de los límites permisibles establecidos por la normativa del TULSMA. A su vez, los pesticidas como Aldrin, Dieldrin, Chlordane (α y γ), p,p-DDT, Endrin y diversas formas de BCH (Lindano) presentaron concentraciones menores a 0,00003 mg/L, cuyos valores se encuentran dentro del rango permitido, indicando una presencia mínima de estos contaminantes en el agua de la ciénaga.

Por otro lado, los sulfuros registraron concentraciones inferiores a 0,05 mg/L, aunque es relativamente bajo, supera el límite permisible de

0,01 mg/L según las especificaciones técnicas del TULSMA. Esto evidencia la presencia de sulfuros en el agua de la ciénaga y sugiere un problema de contaminación leve, que podría tener efectos negativos sobre la calidad del agua y la biota acuática si no se controla.

Otros compuestos como Clorothalonil (fungicida de amplio espectro), Cloroneb, Dacthal, y los derivados de Endosulfán (I, II y sulfito), así como Heptachlor, su derivado epóxido, Methoxychlor y Permetrinas (cis y trans), mostraron concentraciones muy bajas, inferiores a los límites establecidos, indicando que su presencia en la actualidad, no representa un riesgo significativo para el ecosistema.

TABLA 8. RESULTADOS DE ANÁLISIS DE ACEITES Y GRASAS

Parámetro	Unidad	Resultado	Unidad	Criterio de Calidad
Aceites y grasas	SEA-ACGR (SM 5520 B)	110.4	mg/L	0.3

El análisis de aceites y grasas en la ciénaga (Tabla 8) mostró una concentración de 110,4 mg/L, valor que excede ampliamente el criterio de calidad establecido por el TULSMA, que es de 0,3 mg/L. Este resultado visibiliza una contaminación por hidrocarburos, la cual puede generar efectos negativos sobre la biota acuática,

incluyendo disminución de la disponibilidad de oxígeno, alteración de la fisiología de peces y macroinvertebrados, y afectación de los procesos de descomposición natural.

Concentración de parámetros microbiológicos

TABLA 9. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE COLIFORMES FECALES

Parámetro	Unidad	Resultado
Coliformes fecales	UFC/100ml	1x10 ⁰

El análisis de coliformes fecales en la ciénaga (Tabla 9), registró una concentración de 100 NMP/100 ml, valor que se encuentra por debajo del límite máximo permitido por el TULSMA de 600 NMP/100 ml. Este resultado indica que la presencia de coliformes fecales es mínima, lo que sugiere una baja contaminación microbiológica del agua.

Cobertura y uso de la tierra

TABLA 10. COBERTURA Y USOS DE LA TIERRA EN LA CIÉNAGA

Categoría	Área (Ha)	Porcentaje (%)
Pasto cultivado	35.45	32.47
Plátano	18.61	17.05
Cacao	14.55	13.33
Misceláneo indiferenciado	10.59	9.7
Vegetación herbácea húmeda	10.38	9.51
Piscícola	7.96	7.29
Granja avícola	4.58	4.2
Cafetería	4.31	3.95
Cementerio	2.48	2.27
Área en proceso de urbanización	0.26	0.24

Tabla10. La cobertura y uso de la tierra en el área de estudio se caracteriza principalmente por actividades agropecuarias, acompañadas de diversos usos complementarios. Los pastos cultivados son la cobertura predominante, ocupando 35,45 ha, lo que representa el 32,47% del área total. Esta extensión refleja la importancia de la actividad ganadera o de pastoreo en la región, constituyendo la base de la producción agropecuaria tradicional. Los cultivos de plátano se presentan como la segunda cobertura más significativa, con 18,61 ha (17,05%), seguidos por los cultivos de cacao, que abarcan 14,55 ha (13,33%), los cuales tienen una alta demanda en el

mercado local y representan una fuente importante de ingresos para la comunidad. El uso misceláneo indiferenciado ocupa 10,59 ha, compuesto por cultivos mixtos, matorrales y suelos descubiertos, lo que evidencia una diversificación de los sistemas productivos en menor escala. La piscicultura se extiende sobre 7,96 ha y las granjas avícolas abarcan 4,58 ha, ambas actividades complementarias que contribuyen a la diversidad productiva del área y al suministro de alimentos locales. Finalmente, aunque los cultivos de café ocupan un área menor (4,31 ha), este cultivo mantiene su relevancia debido a su valor económico y cultural en la región.

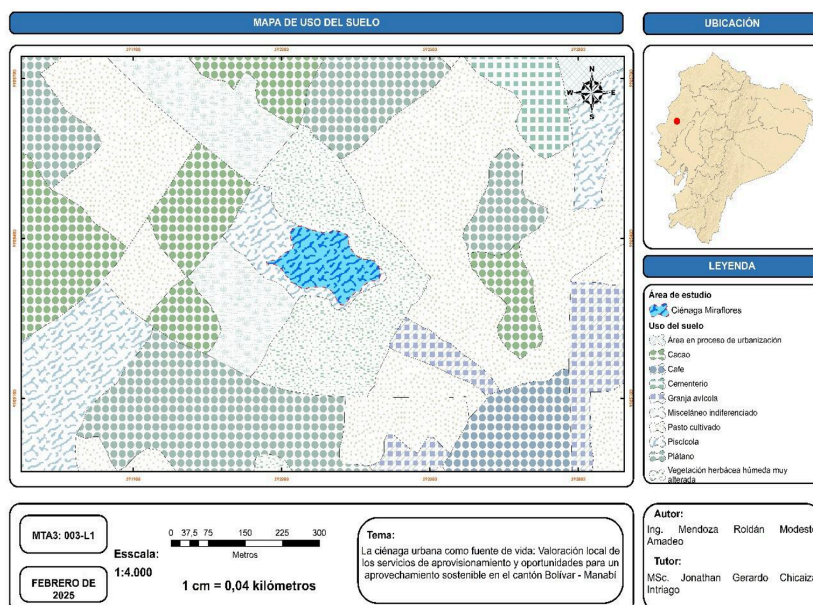


Fig. 7. Mapa de cobertura y uso de la tierra.

Valoración de los servicios ecosistémicos de aprovisionamiento

TABLA 11. IMPORTANCIA DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DE APROVISIONAMIENTO

Servicio ecosistémico	Característica	Importancia
Alimentos	Disponibilidad y acceso	Alta
Agua dulce	Calidad y uso (consumo, riego)	Alta
Madera y fibras	Cantidad y sostenibilidad del recurso	Medio
Recursos genéticos	Diversidad y potencial agrícola	Medio

La valoración de los servicios ecosistémicos de aprovisionamiento realizada mediante la metodología TEEB refleja directamente los resultados obtenidos en el estudio. Los servicios de alimentos fueron calificados con alta importancia debido a que las coberturas de suelo predominantes, como pastos cultivados (32,47%), plátano (17,05%) y cacao (13,33%), aseguran la provisión de productos agropecuarios fundamentales. De manera similar, el servicio de agua dulce también recibió alta importancia, ya que la disponibilidad y calidad del agua (pH dentro del rango permitido, temperatura adecuada, coliformes dentro del límite, aunque con oxígeno disuelto bajo y presencia de sulfuros y aceites y grasas) son determinantes para el uso de este recurso en consumo y riego.

Por otro lado, los servicios de madera y fibras y recursos genéticos fueron valorados como de importancia media, dado que las coberturas asociadas (uso misceláneo, vegetación secundaria y cultivos menos representativos) representan recursos disponibles, pero no dominantes en el paisaje. Esta valoración indica que, aunque estos servicios contribuyen al funcionamiento del ecosistema, su provisión depende de áreas más limitadas y no constituye un recurso prioritario frente a alimentos y agua dulce.

Valores de pH de agua en ciénegas similares a este estudio, se atribuyen a sus niveles al intercambio gaseoso entre la respiración de los organismos fotosintéticos y la atmósfera [44]. Así como, valores por debajo del rango óptimo de pH pueden limitar la vida acuática [45]. Otra variable importante son los niveles de oxígeno disuelto (OD) en ríos y

arroyos saludables, que varían entre 0 y 18 ppm, siendo 5 a 6 ppm el umbral mínimo necesario para la supervivencia de la biota acuática [46].

En los ecosistemas del litoral ecuatoriano, la disminución de la cobertura vegetal ribereña y el incremento de actividades agrícolas elevan la carga de nutrientes principalmente fosfatos y nitratos favoreciendo procesos de eutrofización y proliferación algal. La descomposición de esta biomasa reduce el OD y afecta la fauna acuática, limitando la capacidad de autodepuración y la resiliencia ecológica de los humedales con mayor presión antrópica [47].

Las variaciones de pH también influyen en la disponibilidad de nutrientes y en la actividad de los organismos acuáticos. Thacker y Balasubramanian observaron que la mayoría de las áreas estudiadas presentaban condiciones alcalinas o ligeramente ácidas [48], mientras que Thacker y Karthick identificaron al pH y al OD como variables determinantes en la distribución de comunidades de diatomeas en ciénegas [49].

Está demostrado que la temperatura, junto con la variabilidad del contenido hídrico del suelo, regula la respiración de los ecosistemas [50]. Esto permite determinar si un potencial bioacumulativo es relevante, capaz de influir en la salud humana y el equilibrio ecológico [52,53].

Entre los pesticidas detectados, Cloroneb, Dacthal y los derivados de Endosulfán (I, II y sulfito) mostraron concentraciones bajas, al igual que Heptacloro, su derivado epóxido, Methoxychlor y las Permetrinas (cis y trans). Sin embargo,

su carácter bioacumulativo los convierte en compuestos de riesgo para la salud humana y ambiental [54,55].

Los aceites y grasas son contaminantes frecuentes en efluentes domésticos. Su presencia en niveles elevados genera películas superficiales que interfieren en el intercambio de oxígeno y afectan la vida acuática [56–57]. En humedales subsuperficiales expuestos a descargas con alto contenido orgánico, la acumulación de estos compuestos limita el intercambio gaseoso y reduce la capacidad auto depuradora del sistema [58].

Los coliformes fecales son indicadores microbiológicos de contaminación biológica en ambientes acuáticos. Por ejemplo, en humedales del Paraguay, la presencia de coliformes totales y fecales, se atribuyen principalmente a procesos de urbanización [59]. De forma similar, en comunidades rurales del Ecuador la presencia de estos microorganismos refleja la infiltración de aguas residuales y desechos animales, comprometiendo la calidad del agua al superar los límites establecidos por la normativa INEN 1108-2020 y representando riesgos sanitarios por enfermedades hídricas [60].

En cuanto a la cobertura y uso del suelo, en un estudio estimaron que alrededor del 27% de la región costera ecuatoriana está destinada a pastoreo [61]. Mientras que, según el GAD de Bolívar, los pastos ocupan cerca del 32% del territorio cantonal [62]. El plátano representa un cultivo dominante en la provincia de Manabí, con una cobertura del 40% de la producción nacional [63], mientras que Silva et al. reportan 3437 ha dedicadas a cultivos agrícolas en el cantón Bolívar [64]. El cacao, además de su importancia económica, contribuye al desarrollo sostenible [65], al igual que el café, reconocido por su valor cultural y demanda constante [66].

La expansión de pastos cultivados y cultivos permanentes como plátano y cacao ejerce presión sobre los humedales, incrementando la escorrentía y el aporte de nutrientes y sedimentos, lo que altera la regulación hídrica y limita los servicios de aprovisionamiento, como el agua y los alimentos [67,68].

La percepción social constituye un componente esencial en la gestión de los servicios

ecosistémicos, ya que el conocimiento local y las percepciones sobre la calidad ambiental orientan las estrategias participativas de conservación [69,70].

Los servicios ecosistémicos de aprovisionamiento sustentan la producción alimentaria y la calidad del suelo [71]. La seguridad alimentaria, estrechamente ligada al funcionamiento de los ecosistemas, depende de la conservación de estos sistemas naturales [72–73].

La estructura del uso y cobertura de la tierra registrada en la ciénaga refleja un territorio predominantemente agroproductivo, donde las actividades pecuarias y agrícolas conforman la matriz del paisaje. La presencia dominante de pastos cultivados (32,47%) evidencia un sistema de producción orientado al pastoreo y la ganadería, dinámica ampliamente observada en zonas rurales donde la conversión de áreas naturales hacia sistemas de pasturas contribuye a una homogeneización del paisaje y una reducción de la cobertura vegetal natural, tal como se describe en evaluaciones globales sobre cambio de uso del suelo [74]. Este predominio de pastizales implica una fuerte dependencia económica hacia la ganadería y, a su vez, genera presiones sobre procesos ecológicos clave como la capacidad de regulación hídrica y la dinámica de la biodiversidad.

Los cultivos de plátano (17,05%) y cacao (13,33%) representan las principales actividades agrícolas permanentes del área. Ambos cultivos son característicos de paisajes tropicales húmedos y se consideran pilares importantes en la economía agrícola de América Latina, aportando tanto al mercado local como a circuitos comerciales más amplios [75]. Su presencia sugiere una estrategia de producción estable basada en cultivos perennes, que además de su valor económico contribuyen a mantener cierta estructura vegetal que favorece procesos como la retención de suelos y la provisión de hábitat para especies asociadas a sistemas agroforestales.

El uso misceláneo indiferenciado (9,7%), compuesto por cultivos mixtos, matorrales y áreas descubiertas, indica una condición de heterogeneidad en transición, donde los sistemas productivos no se encuentran completamente establecidos o donde existe una dinámica de uso variable. Este patrón es común en zonas rurales donde coexisten prácticas agrícolas tradicionales, parcelas en recuperación y remanentes de vegetación secundaria [75]. Su presencia contribuye a una mayor diversidad estructural del paisaje, aunque generalmente con menor productividad y estabilidad ecológica en comparación con sistemas agroforestales o bosques secundarios maduros.

Las coberturas asociadas a piscicultura (7,29%) y granjas avícolas (4,2%) reflejan una diversificación progresiva de la matriz productiva. Ambos usos se alinean con tendencias actuales de ruralidad, donde los sistemas de producción complementarios como acuicultura y avicultura fortalecen la seguridad alimentaria local y reducen la dependencia exclusiva de los cultivos y la ganadería [76]. Se debe de entender que, la diversificación productiva contribuye a aumentar la resiliencia socioecológica del territorio, especialmente frente a fluctuaciones climáticas o económicas.

Finalmente, la presencia de cafeterías (3,95%), un cementerio (2,27%) y un área en proceso de urbanización (0,24%) evidencia la interacción entre usos rurales y dinámicas de ocupación humana. Aunque ocupan superficies menores, estos usos reflejan un proceso de transformación gradual vinculado a la expansión de infraestructura y servicios, consistente con patrones descritos en la literatura sobre transición rural-urbana en América Latina [76].

La disponibilidad y calidad del agua dulce son esenciales para la vida humana y la producción agrícola, siendo los humedales reguladores naturales por su capacidad para filtrar contaminantes y recargar acuíferos [77–78]. Estos ecosistemas también contribuyen a la

resiliencia frente a eventos extremos como sequías e inundaciones [79–80].

En cuanto a los recursos maderables, destacan que los humedales pueden proporcionar materiales renovables siempre que se mantenga un manejo responsable que equilibre la demanda con la capacidad de regeneración [81]. Su explotación descontrolada, sin embargo, genera escasez y pérdida de funciones ecosistémicas [80].

De igual forma, la valoración alta del servicio de agua dulce responde a las características fisicoquímicas registradas en el análisis del recurso. La presencia de parámetros dentro de los rangos aceptables como pH adecuado, temperatura compatible con condiciones naturales y niveles de coliformes dentro del límite respalda la disponibilidad del agua para consumo humano y actividades agrícolas. Sin embargo, la baja concentración de oxígeno disuelto y la detección de sulfuros y aceites y grasas indican procesos de carga orgánica y posible interferencia antrópica, fenómenos ampliamente documentados como limitantes para los servicios hídricos en ecosistemas intervenidos [81]. Aun así, la valoración alta se justifica porque estos parámetros no anulan la disponibilidad del recurso, sino que evidencian necesidades de manejo para garantizar su sostenibilidad.

En contraste, los servicios de madera y fibras y recursos genéticos recibieron una valoración media debido a su menor representación espacial y a la naturaleza de sus coberturas asociadas como vegetación secundaria, uso misceláneo y cultivos menos dominantes que, si bien aportan materiales y diversidad genética, no constituyen una fuente principal de aprovisionamiento en el área. Esto coincide con lo planteado por el que señala que los servicios asociados a recursos genéticos y materiales suelen verse reducidos en paisajes donde la matriz predominante es agrícola y donde la vegetación natural queda restringida a fragmentos secundarios o relictos con menor capacidad productiva [81].

IV. CONCLUSIONES

La ciénaga estudiada es importante debido a su capacidad de aprovisionar servicios ecosistémicos, como: alimentos, agua dulce y recursos genéticos. No obstante, a pesar de que un porcentaje considerable de los residentes no visiten la ciénaga frecuentemente, la pesca y la observación de aves siguen siendo actividades importantes.

Los resultados del monitoreo de la calidad del agua indican que los niveles de oxígeno disuelto se encuentran bajo el límite permisible, importantes para una vida acuática saludable. Mientras que, los sulfuros superan el límite permitido. Los pesticidas organoclorados se mantienen dentro de los niveles aceptables. Sin embargo, los aceites y grasas presentan un foco crítico de contaminación y resaltando la necesidad de aplicar medidas de mitigación.

En el uso del suelo, se observa la predominancia de actividades agropecuarias, principalmente pastoreo, cultivos de plátano y cacao, mostrando del área tanto la importancia económica como los posibles impactos ambientales. Todo esto está relacionado con los servicios de aprovisionamientos identificados.

CONFLICTOS DE INTERÉS

Los autores declaran no tener conflictos de interés.

REFERENCIAS

- [1] Hidalgo Zambrano J, Rosero P, Dustet A. Producción y evaluación de lipasas a partir de *Aspergillus niger* en sistemas de fermentación en estado sólido. Rev Colomb Biotecnol. 2023;25(1):45–58.
- [2] Rosero P, Dustet A. Metodologías para producción de enzimas en estado sólido. Biotecnol Univ. 2017;12(2):33–47.
- [3] Aveiga C, Lucas M, Sánchez J, Meza M, Briones J. Clima y factores ambientales del litoral ecuatoriano. J Trop Ecol. 2022;38:112–125.
- [4] TEEB. The Economics of Ecosystems and Biodiversity. Geneva: UN; 2025.
- [5] Rodrigues M, Sannigrahi S, Basu T, Pilla F, Chakraborti S. Ecosystem provisioning services and food security. Ecol Econ. 2023;210:107–115.
- [6] TEEB. The economics of ecosystems and biodiversity: Mainstreaming the economics of nature. London: Earthscan; 2010.
- [7] De Groot R, Brander L, van der Ploeg S, Costanza R, Bernard F, Braat L, Christie M, Crossman N, Ghermandi A, Hein L, Hussain S, Kumar P, McVittie A, Portela R, Rodriguez LC, ten Brink P, van Beukering P. Global estimates of the value of ecosystems and their services in monetary units. Ecosyst Serv. 2012;1(1):50–61. doi:10.1016/j.ecoser.2012.07.005.
- [8] Millennium Ecosystem Assessment (MEA). Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. Washington, DC: Island Press; 2005.
- [9] IPBES. Global Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services. Bonn: Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services; 2019.
- [10] Mitsch WJ, Gosselink JG. Wetlands. 5th ed. Hoboken: Wiley; 2015.
- [11] Junk WJ, An S, Finlayson CM, Gopal B, Kvet J, Mitchell SA, Mitsch WJ, Roberts RD. Current state of knowledge regarding the world's wetlands and their future under global climate change: A synthesis. Aquat Sci. 2013;75(1):151–67. doi:10.1007/s00027-012-0278-z.
- [12] Canning P, Helmer M, Moore J, Sullivan B. Freshwater resources in tropical wetlands. Water Resour J. 2022;18(4):77–90.
- [13] Fajardo L, González-Espinosa M, Ramírez-Marcial N, Bonfil C, Pulido-MT S. Plant-

- based materials for human use: fibers and timber. *J Environ Manag.* 2022;310:114751.
- [14]Bedoya R, Giraldo A, Muriel S. Community-based ecosystem service assessment. *Ecol Indic.* 2021;123:107331.
- [15]Valencia A, Du J, Beisiegel M, McCourt L, Grêt-Regamey A. Methodological tools for ecosystem service valuation. *Sustain Sci.* 2017;12:445–457
- [16]Díaz-Pinzón L, Sierra L, Trillas F. The economic value of wetlands in urban areas: the benefits in a developing country. *Sustainability.* 2022;14(14):8302.
- [17]NTE INEN 1105. Aguas. Muestreo para examen microbiológico. Quito: INEN; 2013.
- [18]NTE INEN 2169. Agua. Calidad del agua. Muestreo. Manejo y conservación de muestras. Quito: INEN; 2013.
- [19]NTE INEN 1106. Agua. Oxígeno disuelto. Métodos de análisis. Quito: INEN; 2013.
- [20]Ministerio del Ambiente. Texto Unificado de Legislación Secundaria del Agua (TULSMA). Quito: MAE; 2018.
- [21]Aguirre A, Pérez M, Sánchez L, López R. pH in tropical freshwater ecosystems. *J Hydrol.* 2021;599:126–135.
- [22]Dodds W, Whiles M. Freshwater ecology: structure and function. Academic Press; 2010.
- [23]Morrisette P. Dissolved oxygen ranges in healthy rivers. *Environ Sci Water Res Technol.* 2019;5:1442–1453.
- [24]Ramsar Convention Secretariat. Global Wetland Outlook: State of the world's wetlands and their services to people. Gland: Ramsar Convention Bureau; 2018.
- [25]Vera-García F, Tirado-Sánchez N, Carvajal-Rodríguez R, Solís-Castro R, Cuenca-León K, Galarza-Mora D, et al. Eutrophication in Ecuadorian coastal wetlands. *Wetlands Ecol Manage.* 2022;30:1221–1238.
- [26]Thacker J, Balasubramanian K. pH variations and aquatic ecosystems. *Aquat Sci.* 2022;84:12.
- [27]Thacker J, Karthick B. Diatom distribution and water quality indicators. *Ecol Indic.* 2022;143:109412.
- [28]Ministerio del Ambiente del Ecuador. Informe sobre el estado de los humedales del Ecuador. Quito: Ministerio del Ambiente; 2015.
- [29]Cruz M, Torres J, Villareal H. Ecosystem services and community dependence in Ecuadorian wetlands. *Environ Sci Policy.* 2019;101:90–8. doi:10.1016/j.envsci.2019.07.012.
- [30]Wei X, Zhang X, Zhou Y, Yang Z, Xu M, Zhu G. Soil moisture and temperature effects on ecosystem respiration. *Ecol Model.* 2022;475:109825.
- [31]Aguilar J, Flores M, Castillo G, Rivera H. Temperature ranges in tropical wetlands. *J Trop Ecol.* 2022;38:201–213.
- [32]Madiha S, Malik RN, Muhammad S, Khan MS, Eqani SAMAS. Bioaccumulative potential of pollutants in wetlands. *Environ Pollut.* 2021;288:117793.
- [33]Ulaganathan S, Maran S, Perumal S, Ramasamy K. Persistent compounds in aquatic ecosystems. *Sci Total Environ.* 2022;822:153558.
- [34]Torres R, Pérez L, Martínez J, García S. Pesticide residues in tropical wetland ecosystems. *Chemosphere.* 2023;333:138853. Madiha S, et al. Bioaccumulative potential of pollutants in wetlands. *Environ Pollut.* 2021;288:117793.
- [35]Ray S, Sanjana P. Bioaccumulative effects of organochlorine pesticides. *Environ Res.* 2023;225:115–125.
- [36]Singh P, Singh G, Singh R, Arya S, Kumar P, Singh A, et al. Oils and fats in domestic effluents. *Environ Sci Pollut Res.* 2022;29:45215–45228.
- [37]Koul S, Singh S, Sharma S, Singh G, Bhatti S, Singh J. Organic pollutants in wetland ecosystems. *Sci Total Environ.*

- 2021;788:147–159.
- [38]Elijah O. Surface oils and oxygen transfer in aquatic systems. *J Water Resour Prot.* 2022;14:345–359.
- [39]González-Roche C, Cruz-López A, Benitez-Aurioles J. Organic loading effects on wetland autodepuration. *Ecol Eng.* 2019;127:232–241.
- [40]Vergara F, Paredes D, Cantero C. Fecal coliforms in Paraguayan wetlands. *Water Sci Technol.* 2020;81:2621–2634.
- [41]Sánchez Aroca D, Guangasig Toapanta D. Coliform contamination in rural Ecuador. *J Water Health.* 2023;21:456–469.
- [42]Márquez D, Velastegui-Montoya A, Zhirzhan-Azanza B, Herrera-Matamoros V, Adami M, de Lima A, et al. Land cover in Ecuadorian coastal regions. *Land Use Policy.* 2021;108:105524
- [43]GAD Bolívar. Uso del suelo cantonal. Bolívar, Ecuador: GAD; 2019.
- [44]Alvarado-Zabala J, Martillo Alchundia I, Naspud Espinoza MG, Vásquez Calle K. Banana cultivation in Manabí province. *Agric Syst.* 2021;191:103–112.
- [45]Silva Alvarado PM, Sablón Cossío N, Bravo Giler MA. Agricultural land distribution in Bolívar canton. *Agroforest Syst.* 2021;95:1501–1512.
- [46]Pérez R, Aguilar L, Zambrano J, Rodríguez M. Cacao and sustainable development in Ecuador. *J Sustain Agric.* 2022;46:321–334.
- [47]Heindorf M, Bruns S, Bröring S. Coffee production and cultural value. *Food Cult Soc.* 2021;24:511–529.
- [48]Zhang Y, Li X, Cheng G, Huang C, Wang L, Li G, et al. Agricultural intensification and wetland resilience. *Ecol Indic.* 2021;128:107–116.
- [49]Maithya K, Kimani J, Mutua J, Mbeche R. Impacts of land use change on wetland ecosystems. *Ecol Eng.* 2022;179:106–119.
- [50]Dueñas L, Castro AJ, Villegas-Palacio C, García-Llorente M. Participatory approaches in ecosystem service management. *Ecosyst Serv.* 2022;54:101394.
- [51]Pinos C, Timbe L, Feyen J. Integrating local knowledge and technical monitoring. *Ecol Soc.* 2021;26:12.
- [52]Yang J, Shi S, Li J, Duan J, Wu S, Zhang H, et al. Ecosystem services and soil quality. *Soil Biol Biochem.* 2023;176:108–119.
- [53]Ramírez A, Arango J, Pulleman M, Cardoso A, Quintero M. Ecosystem services and food security. *Food Policy.* 2020;96:101–112.
- [54]Rizzo D, Marraccini E, Lardon S. Conservation of ecosystem services for food production. *Agric Ecosyst Environ.* 2021;310:107–118.
- [55]Newton P, Civitaese A, Rosenstock T, Taylor A, Vermuelen S. Natural systems and food security. *Glob Food Secur.* 2021;28:100–110.
- [56]Atencio G, Jaramillo F, Destouni G. Freshwater availability and wetland regulation. *J Hydrol.* 2024;622:127–139.
- [57]Nayak S, Bhushan B. Wetlands for water purification and recharge. *Ecol Eng.* 2021;165:106–118.
- [58]Vanham D, Leip A, Galli A, Kastner T, Bruckner M, Uwizeye A, et al. Role of wetlands in freshwater provision. *Water Res.* 2021;198:117–129.
- [59]Kingsford RT, Bino G, Finlayson CM, Falster D, Fitzsimons JA, Gawne B, et al. Wetlands and resilience to extreme events. *Ecol Appl.* 2021;31:e02215.
- [60]Somayeh A, Saeid E, Gholamreza S. Wetland ecosystem services for disaster mitigation. *Environ Sci Policy.* 2021;120:22–32.
- [61]Bhowmik S. Wetland ecosystem functions and climate adaptation. *Clim Change.* 2022;171:45–60.
- [62]Oettel J, Lapin S. Renewable resources from wetlands. *Forest Ecol Manag.*

- 2021;486:118–130.
- [63]Sultan B, Kanyamurwa J. Sustainable timber use in wetlands. *J Environ Manag.* 2021;288:112–122.
- [64]Taye T, et al. Overexploitation of wetland resources. *Wetlands Ecol Manage.* 2021;29:441–454.
- [65]Mafiana F, et al. Wetland resource scarcity and ecosystem loss. *Environ Monit Assess.* 2022;194:123–134.
- [66]Kouassi K, et al. Human pressures on wetland functions. *Environ Dev.* 2021;38:100–110.
- [67]Ramos P, et al. Genetic diversity conservation in wetlands. *Biodivers Conserv.* 2023;32:1189–1205.
- [68]Poloché F. Biodiversity and genetic resources in aquatic ecosystems. *Aquat Conserv.* 2023;33:1124–1137.
- [69]Dueñas L, et al. Participatory approaches in ecosystem service management. *Ecosyst Serv.* 2022;54:101394.
- [70]Pinos C, et al. Integrating local knowledge and technical monitoring. *Ecol Soc.* 2021;26:12.
- [71]Daily GC, editor. *Nature's services: Societal dependence on natural ecosystems.* Washington, DC: Island Press; 1997.
- [72]Daily GC, editor. *Nature's services: Societal dependence on natural ecosystems.* Washington, DC: Island Press; 1997.
- [73]IPBES. *Global assessment report on biodiversity and ecosystem services.* Bonn: Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services; 2019.
- [74]FAO. *The future of food and agriculture – Trends and challenges.* Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations; 2017.
- [75]FAO. *The State of the World's Forests 2020. Forests, Biodiversity and People.* Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations; 2020.
- [76]UN-Habitat. *World Cities Report 2020: The Value of Sustainable Urbanization.* Nairobi: UN-Habitat; 2020.
- [77]Millennium Ecosystem Assessment (MEA). *Ecosystems and Human Well-being: Current State and Trends.* Washington, DC: Island Press; 2005.
- [78]Barrera L, Córdova J, Quintana C. Wetland conservation challenges in Ecuador: A review of status, threats, and management strategies. *J Environ Manag.* 2020;268:110670. doi:10.1016/j.jenvman.2020.110670.
- [79]TEEB. *The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Ecological and Economic Foundations.* In: Kumar P, editor. London: Earthscan; 2010.
- [80]Millennium Ecosystem Assessment (MA). *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis.* Washington, DC: Island Press; 2005..
- [81]IPBES. *Global Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services.* Bonn: Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services; 2019.