



Impacto del cambio de cobertura y uso del suelo en el recurso hídrico de la subcuenca del río Luis, Ecuador: análisis de tendencias y gestión sostenible

Impact of land cover and use change on the water resources of the Luis River sub-basin, Ecuador: analysis of trends and sustainable management

Impacto da mudança de cobertura e uso da terra nos recursos hídricos da sub-bacia do rio Luis, Equador: análise de tendências e gestão sustentável

Alex Rodrigo Flores-Acosta ^I

aflores@utmachala.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0009-2123-3341>

Ronny Davis Salinas-Balon ^{II}

rsalinas4@utmachala.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0001-9143-5234>

María Cristina Pontón-Sánchez ^{III}

cris_p3095@hotmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-4799-1537>

Jaime Enrique Maza-Maza ^{IV}

jemaza@utmachala.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-4845-5165>

Alex Dumany Luna-Florín ^V

adluna@utmachala.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0003-4975-405X>

Correspondencia: aflores@utmachala.edu.ec

Ciencias Técnicas y Aplicadas

Artículo de Investigación

* **Recibido:** 11 de noviembre de 2024 * **Aceptado:** 23 de diciembre de 2024 * **Publicado:** 07 de enero de 2025

- I. Doctor en Bioquímica y Farmacia, Magister en Ingeniería Ambiental y Seguridad Industrial, Docente de Ingeniería Ambiental de la Universidad Técnica de Machala, Machala, El Oro, Ecuador.
- II. Estudiante de la carrera de Ingeniería Ambiental de la Universidad Técnica de Machala, El Oro, Ecuador.
- III. Bioquímica Farmacéutica, graduada en la Universidad Técnica de Machala, Machala, El Oro, Ecuador.
- IV. Ingeniero Agrónomo, Magister en Impacto Ambiental, Docente de Ingeniería Ambiental de la Universidad Técnica de Machala, Machala, El Oro, Ecuador.
- V. Ingeniero Agrónomo, Magister en Impacto Ambiental, Docente de Ingeniería Ambiental de la Universidad Técnica de Machala, Machala, El Oro, Ecuador.

Resumen

El artículo analiza la cobertura y uso del suelo en la subcuenca del río Luis, ubicada en el cantón Chilla, provincia de El Oro. Los resultados muestran una predominancia de pastizales (33.40%) y mosaicos agropecuarios (30.75%), lo que refleja un uso intensivo del suelo para actividades ganaderas y agrícolas. A pesar de esto, la subcuenca conserva ecosistemas estratégicos como bosque nativo (16.44%) y páramos (10.94%), esenciales para la regulación hídrica y la biodiversidad. Sin embargo, la presión antropogénica y la falta de prácticas sostenibles han generado impactos negativos en el ecosistema. Se proponen estrategias de conservación, manejo agropecuario sostenible y ordenamiento territorial para equilibrar el desarrollo socioeconómico con la preservación ambiental.

Palabras claves: subcuenca del río Luis; uso del suelo; conservación de ecosistemas; manejo sostenible; biodiversidad.

Abstract

The article analyzes the coverage and use of land in the sub-basin of the Luis River, located in the Chilla canton, province of El Oro. The results show a predominance of grasslands (33.40%) and agricultural mosaics (30.75%), which reflects a intensive use of land for livestock and agricultural activities. Despite this, the sub-basin preserves strategic ecosystems such as native forest (16.44%) and moors (10.94%), essential for water regulation and biodiversity. However, anthropogenic pressure and the lack of sustainable practices have generated negative impacts on the ecosystem. Conservation strategies, sustainable agricultural management and territorial planning are proposed to balance socioeconomic development with environmental preservation.

Keywords: Luis River subbasin; land use; ecosystem conservation; sustainable management; biodiversity.

Resumo

O artigo analisa a cobertura e o uso da terra na sub-bacia do rio Luis, localizada no cantão de Chilla, província de El Oro. Os resultados mostram uma predominância de pastagens (33,40%) e mosaicos agrícolas (30,75%), que. reflecte uma utilização intensiva da terra para a pecuária e actividades agrícolas. Apesar disso, a sub-bacia preserva ecossistemas estratégicos como a floresta nativa

(16,44%) e as charnecas (10,94%), essenciais para a regulação da água e a biodiversidade. Contudo, a pressão antrópica e a falta de práticas sustentáveis têm gerado impactos negativos no ecossistema. São propostas estratégias de conservação, gestão agrícola sustentável e planejamento territorial para equilibrar o desenvolvimento socioeconômico com a preservação ambiental.

Palavras-chave: Sub-bacia do Rio Luís; uso da terra; conservação dos ecossistemas; gestão sustentável; biodiversidade.

Introducción

El agua es un recurso esencial para la vida y el desarrollo de las actividades humanas. Su disponibilidad y calidad están estrechamente vinculadas a los procesos de cobertura y uso del suelo en las cuencas hidrográficas (Kothari et al., 2019). La subcuenca del río Luis, perteneciente a la cuenca del río Puyango en el suroeste de Ecuador, representa un ecosistema de gran importancia tanto por su biodiversidad como por los servicios ecosistémicos que brinda a las comunidades locales. Sin embargo, en las últimas décadas, los cambios en el uso del suelo, derivados de la expansión agrícola, la urbanización y la deforestación, han generado una presión significativa sobre este sistema, comprometiendo su funcionalidad hídrica (Gonzaga, 2019).

El análisis de los patrones de cambio de cobertura y uso del suelo es fundamental para comprender cómo estas transformaciones afectan la cantidad y calidad del agua. Este tema adquiere especial relevancia en contextos como el de la subcuenca del río Luis, donde la interacción entre las actividades humanas y los ecosistemas naturales define los niveles de sostenibilidad ambiental y la seguridad hídrica de la región. Actualmente, esta subcuenca enfrenta desafíos relacionados con la pérdida de bosques nativos, la expansión de mosaicos agropecuarios y la creciente urbanización, como lo evidencia el mapa temático adjunto, que documenta la situación actual de la cobertura terrestre en el área de estudio (Bădîrcea et al., 2021).

El objetivo de este artículo es analizar los cambios históricos y actuales en la cobertura y uso del suelo en la subcuenca del río Luis y evaluar cómo estas transformaciones impactan el recurso hídrico. A través de una revisión bibliográfica exhaustiva, se busca identificar las principales tendencias en la dinámica del uso del suelo, los factores que las impulsan y sus implicaciones para la gestión del agua. Asimismo, se explorarán estrategias sostenibles que puedan mitigar los efectos negativos de estas transformaciones y garantizar la conservación de los recursos hídricos para las generaciones futuras.

En este contexto, la subcuenca del río Luis no solo es un objeto de estudio relevante por su contribución al sistema hidrológico regional, sino también por el papel que desempeña en la provisión de agua para uso doméstico, agrícola e industrial en las comunidades circundantes. Además, la región presenta una rica diversidad ecológica, que incluye ecosistemas de bosque nativo, páramo y vegetación arbustiva, todos los cuales están estrechamente ligados al ciclo hidrológico.

A pesar de su importancia, la subcuenca enfrenta amenazas significativas, como la fragmentación del paisaje, la erosión del suelo y la disminución de la cobertura vegetal. Estos procesos no solo alteran el equilibrio ecológico, sino que también contribuyen a una disminución en la capacidad de retención y regulación hídrica, aumentando la vulnerabilidad ante eventos extremos, como inundaciones y sequías. La expansión de infraestructuras y plantaciones forestales, aunque con fines productivos, también puede generar impactos negativos si no se gestionan adecuadamente (Wang et al., 2024).

Con base en los datos disponibles y en un enfoque interdisciplinario, este artículo busca aportar información valiosa para la toma de decisiones en el manejo sostenible de la subcuenca del río Luis. La integración de análisis históricos, proyecciones futuras y estudios de caso permitirá proponer recomendaciones prácticas que equilibren las necesidades socioeconómicas con la conservación de los recursos naturales (Zorraquín et al., 2020). En última instancia, el objetivo es contribuir al diseño de estrategias de planificación territorial que fomenten una convivencia armoniosa entre el ser humano y la naturaleza.

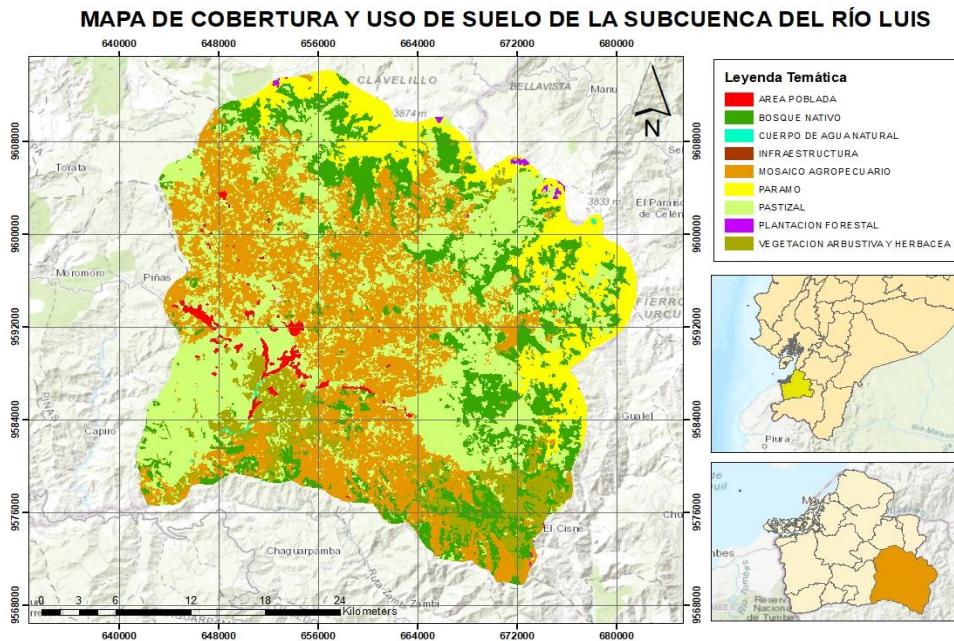
Desarrollo

Área de estudio

La subcuenca del río Luis, ubicada en el cantón Chilla, provincia de El Oro, Ecuador, constituye un ecosistema clave dentro de la cuenca hidrográfica del río Puyango. El río Luis actúa como un afluente importante del sistema hídrico regional, alimentando actividades agrícolas, ganaderas y domésticas en las comunidades locales. Presenta un clima subtropical húmedo con precipitaciones estacionales que oscilan entre los 800 y 1,200 mm anuales, concentradas principalmente durante la temporada de lluvias entre diciembre y mayo. La vegetación original de la región incluye bosques nativos y páramos, pero estos han sido gradualmente reemplazados por pastizales, cultivos y áreas de infraestructura, alterando el balance hidrológico y los flujos ecológicos. Geográficamente, la

subcuenca se encuentra entre las coordenadas aproximadas de 640,000 a 680,000 UTM en longitud y 9,580,000 a 9,600,000 UTM en latitud. Su ubicación estratégica en el cantón Chilla le otorga una relevancia particular en la planificación territorial de la provincia de El Oro, especialmente en lo relacionado con la gestión de recursos hídricos y la adaptación al cambio climático (MAGAP, 2015).

Ilustración 1 Área de estudio



Fuente: Los autores, 2024

Materiales y métodos

El análisis de los cambios en la cobertura y uso del suelo en la subcuenca del río Luis, así como su impacto en el recurso hídrico, se desarrolló a partir de una combinación de herramientas tecnológicas, datos geospaciales y fuentes bibliográficas. Para delimitar el área de estudio y llevar a cabo el análisis, se utilizaron mapas temáticos obtenidos de fuentes oficiales como el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE). Esta fuente proporcionó información en formato ráster y vectorial, esencial para establecer los límites geográficos de la subcuenca y caracterizar sus principales elementos físicos y ecológicos. Imágenes satelitales de alta resolución, específicamente de las misiones Landsat y Sentinel, fueron fundamentales para realizar un análisis multitemporal de la cobertura del suelo. Estas imágenes, correspondientes a diferentes periodos

entre los años 2000 y 2023, permitieron identificar las transformaciones en el uso del suelo, tales como la pérdida de bosque nativo, la expansión de áreas agrícolas y la aparición de nuevas infraestructuras. El procesamiento y análisis de las imágenes se realizaron mediante software especializado como ArcGIS, que facilitaron la clasificación de los tipos de cobertura y la visualización de los cambios espaciales en el tiempo. La integración de los datos geoespaciales con información sobre precipitación, escorrentía y calidad del agua permitió evaluar cómo los cambios en el uso del suelo impactan el régimen hídrico de la subcuenca, especialmente en términos de la capacidad de retención de agua y la regulación de flujos.

Resultados

Análisis socioambiental de la subcuenca del río Luis

El análisis de la cobertura y uso del suelo en la subcuenca del río Luis revela una diversidad de usos que impactan tanto los recursos naturales como las dinámicas sociales de la zona. Utilizando imágenes satelitales y mapas geoespaciales, se identificaron las siguientes categorías principales de uso del suelo que se detallan en tabla 1.

Tabla 1 Cobertura y uso de suelo, Subcuenca del río Luis

| Cobertura y uso de suelo | áreas_ha | Porcentaje |
|---------------------------------|-----------|------------|
| Área Poblada | 1319,25 | 1,12 |
| Bosque Nativo | 19286,68 | 16,44 |
| Cuerpo de Agua | 116,90 | 0,10 |
| Infraestructura | 34,83 | 0,03 |
| Mosaico Agropecuario | 36079,21 | 30,75 |
| Páramo | 12839,70 | 10,94 |
| Pastizal | 39185,81 | 33,40 |
| Plantación Forestal | 210,45 | 0,18 |
| Vegetación Arbustiva y Herbácea | 8244,65 | 7,03 |
| TOTAL | 117317,49 | 100 |

Fuente: Los autores, 2024

La subcuenca del río Luis, ubicada en el cantón Chilla, provincia de El Oro, presenta una diversidad de coberturas y usos del suelo, reflejando una marcada influencia de actividades humanas y naturales sobre su territorio. Según los datos más recientes disponibles en el sistema, que

corresponden al año 2022, la superficie total de la subcuenca es de 117,317.49 hectáreas, distribuidas en diferentes categorías de cobertura.

El **pastizal** constituye la cobertura predominante, abarcando 39,185.81 hectáreas, lo que equivale al 33.40% del área total. Este dato sugiere un uso intensivo del suelo para actividades ganaderas, lo cual podría generar impactos significativos sobre el ecosistema, como la compactación del suelo y la reducción de la biodiversidad nativa.

El predominio del pastizal, responde a la extensa utilización de terrenos para actividades ganaderas. La alta proporción de esta cobertura se debe a una histórica conversión de ecosistemas naturales, como bosques y páramos, en áreas destinadas al pastoreo. Este patrón es común en zonas rurales como Chilla, donde la ganadería es una actividad económica principal para las comunidades locales. Además, el uso intensivo de pastizales puede ser favorecido por las características del terreno, que en muchas áreas presenta pendientes moderadas y suelos aptos para el crecimiento de pastos, aunque con el riesgo de erosión y degradación si no se maneja adecuadamente (Caicedo et al., 2019).

En segundo lugar, el **mosaico agropecuario** ocupa 36,079.21 hectáreas, representando el 30.75% de la subcuenca. Este uso refleja una mezcla de cultivos y pequeñas áreas de vegetación natural, lo que evidencia una intensa actividad agrícola. La alta proporción de mosaicos agropecuarios resalta la importancia de estas actividades para el sustento económico de la población local, aunque también podría implicar retos para la sostenibilidad ambiental, como la pérdida de cobertura forestal y la degradación del suelo (Useche et al., 2023).

El mosaico agropecuario, refleja la combinación de pequeñas parcelas agrícolas con áreas de vegetación natural remanente. Esta cobertura es indicativa de una agricultura de subsistencia y pequeña escala, típica de comunidades rurales como las de Chilla. El porcentaje relativamente alto se debe a la dependencia de la población local de cultivos alimenticios como maíz, plátano y otros productos agrícolas. Además, la expansión de estas áreas puede estar vinculada a la presión demográfica y a la falta de estrategias de ordenamiento territorial, lo que lleva a un uso intensivo de terrenos cercanos a las áreas pobladas y carreteras.

El **bosque nativo**, que cubre 19,286.68 hectáreas (16.44%), representa una de las principales reservas de biodiversidad en la subcuenca. Sin embargo, su proporción relativamente baja respecto a otras categorías de uso del suelo podría indicar una presión histórica de conversión a otros usos, como la agricultura y el pastoreo. La conservación de este ecosistema resulta crucial para garantizar

la estabilidad hídrica y ecológica de la subcuenca. La cobertura de bosque nativo, refleja la persistencia de fragmentos de vegetación natural en la subcuenca. Sin embargo, el porcentaje limitado muestra la presión histórica ejercida por actividades humanas, como la agricultura, el pastoreo y la tala (Marcillo et al., 2021). La ubicación de Chilla, en una zona de transición entre el bosque seco y el bosque montano, podría influir en la distribución de estas áreas forestales. Aunque aún se conserva una parte significativa del bosque, su reducción amenaza la biodiversidad y los servicios ecosistémicos, como la regulación hídrica, el control de erosión y la captura de carbono (Llerena et al., 2021).

Las áreas de **páramo**, esenciales para la regulación hídrica y la captura de carbono, abarcan 12,839.70 hectáreas, equivalente al 10.95%. Este ecosistema, característico de las zonas altas andinas, cumple un papel vital en el suministro de agua para las comunidades aguas abajo y en la mitigación del cambio climático (Ayala- et al., 2017). El páramo corresponde como uno de los ecosistemas más representativos de las zonas altas andinas. Esta cobertura es fundamental para la regulación hídrica, ya que actúa como una "esponja" que almacena agua y la libera gradualmente hacia los ríos y arroyos. Sin embargo, la presión ejercida por la expansión agrícola y el sobrepastoreo ha reducido su extensión y funcionalidad en las últimas décadas (Harden, 1993). La ubicación de la subcuenca en una región montañosa y el clima característico de los páramos explican la presencia de este ecosistema, aunque su porcentaje moderado también refleja la intervención humana y la falta de prácticas sostenibles en su manejo.

Por otro lado, las categorías de **vegetación arbustiva y herbácea** (7.03%), **área poblada** (1.12%), **plantaciones forestales** (0.18%) y **cuerpos de agua** (0.10%) representan proporciones menores de la superficie total. Estas coberturas reflejan usos específicos del suelo, como asentamientos humanos, iniciativas de reforestación o plantaciones comerciales y la presencia de pequeños embalses o lagunas. Aunque estas categorías ocupan una superficie menor, su manejo adecuado es fundamental para evitar conflictos de uso del suelo y promover la sostenibilidad ambiental (Ordóñez, 2011).

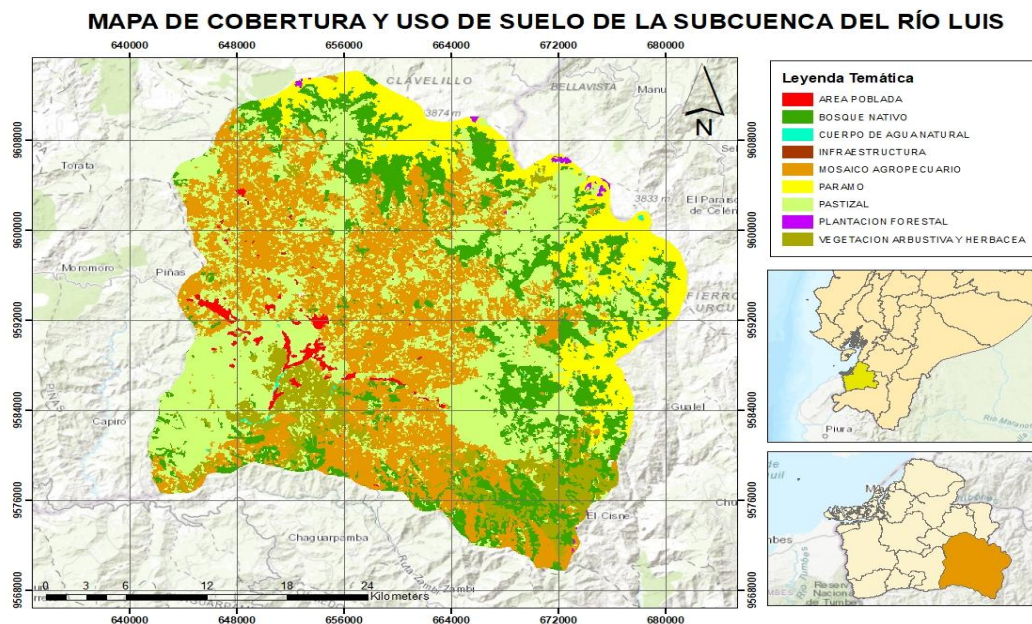
Finalmente, la **infraestructura** ocupa apenas 34.83 hectáreas (0.03%), destacándose como un uso poco significativo en términos espaciales. Sin embargo, su ubicación estratégica puede tener impactos relevantes sobre los ecosistemas y los flujos hídricos de la subcuenca. Esto es consistente con la baja urbanización y desarrollo vial en la región de Chilla. Aunque su impacto directo sobre el paisaje es pequeño, la infraestructura puede influir en la conectividad ecológica, alterar flujos

hídricos y fomentar el acceso a zonas previamente no intervenidas, acelerando la transformación del paisaje (Guarderas et al., 2022).

El porcentaje de cada cobertura y uso del suelo en la subcuenca del río Luis es el resultado de una interacción compleja entre factores naturales y antropogénicos. La topografía montañosa, el clima andino y las características del suelo influyen en la distribución de ecosistemas como el páramo y el bosque nativo (Ramírez, 2015). Al mismo tiempo, las actividades humanas, como la ganadería, la agricultura y la expansión de áreas pobladas, han transformado significativamente el paisaje, priorizando usos económicos inmediatos sobre la conservación a largo plazo.

El análisis de la cobertura y uso del suelo en la subcuenca del río Luis revela una predominancia de actividades agropecuarias y pastizales, con una proporción considerable de ecosistemas naturales como bosque nativo y páramos. Estos resultados destacan la necesidad de implementar estrategias sostenibles que permitan un manejo integral de los recursos, equilibrando las necesidades socioeconómicas de la población local con la conservación de los ecosistemas estratégicos. En este contexto, el diseño de políticas de conservación, reforestación, agroecología y manejo sostenible de los pastizales se torna esencial para garantizar la funcionalidad ambiental y la resiliencia de la subcuenca frente a los desafíos del cambio climático y la presión antrópica. (Trávez & Guarderas, 2023).

Ilustración 2 Mapa de cobertura y uso de suelo de la subcuenca del río Luis



Fuente: Los autores, 2024

Diseño de estrategias sostenibles para el manejo integral de la subcuenca del río Luis

1) Estrategia: Restauración y Conservación de Ecosistemas Estratégicos

Objetivo: Recuperar y conservar áreas críticas como el bosque nativo, los páramos y los cuerpos de agua para mantener los servicios ecosistémicos, como la regulación hídrica y la biodiversidad.

Programa de reforestación con especies nativas

- Restauración de áreas degradadas con árboles y arbustos autóctonos para mejorar la cobertura forestal.
- Creación de corredores ecológicos que conecten fragmentos de bosque nativo.

Programa de manejo sostenible del páramo

- Delimitación y protección de áreas de páramo críticas para la regulación hídrica.
- Reducción del sobrepastoreo mediante acuerdos con las comunidades locales.

Programa de conservación de cuerpos de agua

- Monitoreo de la calidad y cantidad de agua en ríos y lagunas.
- Control de fuentes de contaminación cercanas a cuerpos de agua, como desechos agrícolas o ganaderos.

Programa de educación ambiental comunitaria

- Campañas de sensibilización sobre la importancia de los ecosistemas estratégicos y su rol en el bienestar humano.

2. Estrategia: Manejo Agropecuario Sostenible

Objetivo: Promover prácticas agropecuarias sostenibles que reduzcan la presión sobre los ecosistemas, mejoren la productividad y preserven la calidad del suelo y el agua.

Programa de implementación de sistemas agroforestales

- Combinación de cultivos con árboles y arbustos para mejorar la biodiversidad en áreas agrícolas.
- Incremento de la cobertura vegetal y reducción de la erosión del suelo.

Programa de manejo sostenible de pastizales

- Introducción de técnicas de rotación de pastoreo para evitar la compactación y sobreexplotación del suelo.
- Uso de cercos vivos y siembra de forrajes mejorados para aumentar la productividad sin expandir áreas de pastizales.

Programa de agricultura regenerativa

- Uso de prácticas como abonos orgánicos, rotación de cultivos y cobertura del suelo para mejorar su fertilidad.
- Capacitación a los agricultores locales en técnicas que minimicen el uso de agroquímicos y maximicen la resiliencia de los cultivos frente al cambio climático.

Programa de certificación de productos sostenibles

- Creación de un sello ecológico para productos agrícolas y ganaderos que se produzcan con prácticas sostenibles.
- Fomento de mercados locales y nacionales para estos productos.

3. Estrategia: Ordenamiento Territorial y Gestión Participativa

Objetivo: Garantizar el uso sostenible del suelo mediante la planificación territorial y la participación activa de las comunidades locales en la gestión de los recursos.

Programa de gobernanza comunitaria

- Creación de comités locales para la gestión de la subcuenca, con representación de todas las comunidades.
- Capacitación en manejo de recursos naturales y resolución de conflictos.

Programa de monitoreo y evaluación participativa

- Desarrollo de sistemas de monitoreo comunitario para evaluar cambios en la cobertura del suelo y los recursos hídricos.
- Uso de herramientas tecnológicas, como drones o GPS, para registrar datos y tomar decisiones basadas en evidencia.

Programa de diversificación económica sostenible

- Promoción del ecoturismo y actividades económicas que dependan de la conservación, como guías locales, venta de productos artesanales o actividades recreativas.
- Apoyo a emprendimientos verdes y proyectos comunitarios que generen ingresos sin degradar los ecosistemas.

Conclusiones

El análisis de la cobertura y uso del suelo en la subcuenca del río Luis revela una transformación significativa del paisaje, impulsada principalmente por actividades humanas como la ganadería y la agricultura. Los pastizales y el mosaico agropecuario dominan la cobertura del suelo, ocupando

en conjunto el 64.15% del área total. Esta predominancia indica un alto grado de intervención humana, resultado de la conversión de ecosistemas naturales para satisfacer demandas económicas inmediatas. Aunque estas actividades son fundamentales para el sustento económico de la población local, generan impactos negativos en los ecosistemas, como la compactación del suelo, la pérdida de biodiversidad y la degradación de servicios ecosistémicos esenciales, como la regulación hídrica.

A pesar de la presión antrópica, la subcuenca conserva importantes ecosistemas estratégicos, como los bosques nativos (16.44%) y los páramos (10.94%), que desempeñan un papel crítico en la regulación del ciclo hidrológico y la mitigación del cambio climático. Sin embargo, su extensión limitada y su fragmentación reflejan la necesidad urgente de implementar medidas de conservación y restauración que eviten su desaparición. El manejo insostenible del suelo y la falta de planificación territorial han reducido la capacidad de la subcuenca para proporcionar servicios ecosistémicos, especialmente en lo que respecta al recurso hídrico, un elemento vital para las comunidades locales.

Los resultados evidencian una compleja interacción entre las dinámicas socioeconómicas y ambientales de la subcuenca. La presión demográfica, la dependencia de actividades agropecuarias y la falta de prácticas sostenibles han llevado a un uso intensivo del suelo, comprometiendo la resiliencia de los ecosistemas frente a los desafíos del cambio climático. Este panorama destaca la importancia de diseñar estrategias integrales que promuevan un equilibrio entre el desarrollo socioeconómico y la conservación ambiental.

Recomendaciones

Fortalecer la restauración y conservación de ecosistemas estratégicos: Se recomienda priorizar la reforestación con especies nativas en áreas degradadas y la protección de los páramos y bosques remanentes. Esto incluye establecer corredores ecológicos que conecten fragmentos de bosque y limitar el acceso a áreas críticas para la regulación hídrica. Estas acciones contribuirán a mejorar la capacidad de la subcuenca para almacenar y regular el agua, garantizar la biodiversidad y mitigar los impactos del cambio climático.

Promover prácticas agropecuarias sostenibles: Es fundamental introducir técnicas como la rotación de pastoreo, el manejo sostenible de pastizales y la agricultura regenerativa. La implementación de sistemas agroforestales también es clave para reducir la presión sobre los ecosistemas, incrementar

la productividad y preservar la calidad del suelo. Capacitar a los agricultores y ganaderos locales en prácticas sostenibles ayudará a reducir la degradación ambiental mientras se mantienen los medios de vida.

Implementar un ordenamiento territorial efectivo: Se debe realizar una zonificación ecológica y económica que defina claramente las áreas de conservación, restauración y producción. Esto permitirá regular el uso del suelo de acuerdo con su capacidad y vulnerabilidad ambiental. Además, es necesario promover la gestión participativa de la subcuenca, involucrando a las comunidades locales en la toma de decisiones y el monitoreo de los recursos.

Fomentar la diversificación económica: Para reducir la dependencia de actividades extractivas, se recomienda desarrollar actividades alternativas como el ecoturismo, la producción de productos sostenibles y el apoyo a emprendimientos verdes. Esto no solo generará ingresos adicionales para las comunidades, sino que también incentivará la conservación de los ecosistemas.

Desarrollar programas de educación y sensibilización ambiental: Las comunidades locales deben ser conscientes de la importancia de los ecosistemas estratégicos y su papel en el bienestar humano. Campañas educativas y talleres prácticos ayudarán a generar un cambio cultural hacia un manejo sostenible de los recursos naturales.

Referencias

1. Ayala-, J. E., Márquez, C. O., García, V. J., Recalde, C. G., Rodrigue, M. V., & Damián, D. A. (2017). Land cover classification in an ecuadorian mountain geosystem using a random forest classifier, spectral vegetation indices, and ancillary geographic data. *Geosciences (Switzerland)*, 7(2). <https://doi.org/10.3390/geosciences7020034>
2. Bădîrcea, R. M., Drăgan, C., Tănasie, A., Axinte, G., Rădoi, M. I., & Enescu, M. (2021). Cohesion performance and sustainable development progress in eustates. *Revista de Economia Mundial*, 2021(57), 25–44. <https://doi.org/10.33776/rem.v0i57.3837>
3. Caicedo, O., Dueñas, D., Franco, J., & Triana, Á. (2019). Descripción y propuesta de manejo agroecológico de la subcuenca del río Babahoyo, Ecuador. *Killkana Técnica*, 3(3). https://doi.org/10.26871/killkana_tecnica.v3i3.577
4. Gonzaga, A. (2019). Gestión comunitaria para la conservación de la Microcuenca Mónica, Loja, Ecuador. *INNOVA Research Journal*, 4(3.2), 131–143. <https://doi.org/10.33890/innova.v4.n3.2.2019.1243>

5. Guarderas, P., Smith, F., & Dufrene, M. (2022). Land use and land cover change in a tropical mountain landscape of northern Ecuador: Altitudinal patterns and driving forces. *PLoS ONE*, 17(7 July). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0260191>
6. Harden, C. (1993). Land Use, Soil Erosion, and Reservoir Sedimentation in an Andean Drainage Basin in Ecuador. *Mountain Research and Development*, 13(2), 177–184. http://www.jstor.orgURL:http://www.jstor.org/stable/3673635http://www.jstor.org/stable/3673635?seq=1&cid=pdf-reference#references_tab_contents
7. Kothari, A., Cooney, R., Hunter, D., Mackinnon, K., Müller, E., Nelson, F., Oli, K., Pandey, S., Rasheed, T., & Vavrova, L. (2019). GESTIÓN DEL USO DE RECURSOS Y DESARROLLO.
8. Llerena, S., Velastegui, A., Zhirzhan, B., Herrera, V., Adami, M., De Lima, A., Moscoso, F., & Encalada, L. (2021). Multitemporal analysis of land use and land cover within an oil block in the ecuadorian amazon. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 10(3). <https://doi.org/10.3390/ijgi10030191>
9. MAGAP. (2015). “LEVANTAMIENTO DE CARTOGRAFÍA TEMÁTICA ESCALA 1:25.000, LOTE 2.”
10. Marcillo, M., Luis, J., & Cara, B. (2021). Gestión integrada de recursos hídricos y gobernanza: Subcuenca del río Vinces, provincia Los Ríos-Ecuador. *Revista de Ciencias Sociales*, XXVII, 471–497.
11. Ordóñez, M. (2011). María Verónica Ordóñez Arízaga.
12. Ramirez, J. (2015). ALTERNATIVAS DE MANEJO SUSTENTABLE DE LA SUBCUENCA DEL RÍO PITURA, PROVINCIA DE IMBABURA, ECUADOR.
13. Trávez, W. G., & Guarderas, P. (2023). Land Use Affects the Local Climate of a Tropical Mountain Landscape in Northern Ecuador. *Mountain Research and Development*, 43(1), R10–R19. <https://doi.org/10.1659/MRD-JOURNAL-D-21-00016>
14. Useche, L., Gonzalez, A., & Saquicela, R. (2023). Sampling the spatial variability of grassland soil properties. *Minerva*, 2023(Special), 74–86. <https://doi.org/10.47460/minerva.v2023ispecial.119>
15. Wang, Z., Gao, Z., Zhao, Y., Yu, C., Yu, Z., Tang, J., & Yu, S. (2024). Impacts of Forest Fires on Landscape Patches. In *Academic Journal of Science and Technology* (Vol. 11, Issue 1).

16. Zorraquín, F., Pascual, M. A., Brandizi, L., Malnero, H. A., & Kaless, G. (2020). Análisis de Factibilidad de Fondo Agua Cuenca del Río Chubut, Argentina. Alianza Latinoamericana de Fondos de Agua.

© 2025 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).