

Análisis multicriterio para identificación de áreas prioritarias en la conservación y restauración de la Provincia de Pastaza, Ecuador

Multi-criteria analysis for the identification of priority areas for conservation and restoration in the Pastaza Province, Ecuador

María José Zambrano Solís^{1*}

¹ Universidad Estatal Amazónica Facultad de Ingeniería Ambiental Ecuador.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-8609-1405>.

Correo: mj.zambranos@uea.edu.ec

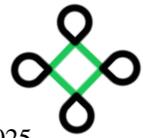
* Autor para correspondencia: mj.zambranos@uea.edu.ec

Resumen

La provincia de Pastaza, ubicada en la Amazonía ecuatoriana, se destaca por su alta biodiversidad, producto de su clima de bosque tropical lluvioso, y ha sido designada como Reserva de la Biosfera. Este estudio tuvo como objetivo identificar áreas prioritarias para la conservación y restauración mediante un análisis multicriterio basado en Sistemas de Información Geográfica (SIG). Se utilizó el método AHP (Proceso Analítico Jerárquico) para establecer relaciones entre variables cualitativas y cuantitativas mediante la valoración de Saaty. Se definieron tres criterios principales: Ambiental, Socioeconómico e Intrínseco. Las herramientas SIG, como Union, Intersect y Área de Interés (AOI), permitieron mapear por hectáreas las zonas de bosque y cuerpos de agua que deben conservarse o restaurarse. Los resultados incluyen la proporción de cada zona según los criterios definidos, permitiendo una planificación espacial eficiente para la conservación y restauración ecológica en la provincia.

Palabras clave: análisis multicriterio, áreas prioritarias, conservación, restauración, Sistema de Información Geográfica (SIG)





Abstract

Pastaza Province, located in the Ecuadorian Amazon, is recognized for its high biodiversity due to its tropical rainforest climate and has been designated a Biosphere Reserve. This study aims to identify priority areas for conservation and restoration through a multi-criteria analysis using Geographic Information Systems (GIS). The Analytical Hierarchy Process (AHP) was applied to evaluate both qualitative and quantitative variables using Saaty's scale. Three main criteria were defined: Environmental, Socioeconomic, and Intrinsic. GIS tools such as Union, Intersect, and Area of Interest (AOI) were employed to map, by hectares, the forest and water areas that should be prioritized for conservation or restoration. The results include the proportion of each zone according to the established criteria, enabling an efficient spatial planning framework for ecological management in the region.

Keywords: multi-criteria analysis, priority areas, conservation, restoration, Geographic Information System (GIS)





I. Introducción

La crisis medioambiental que surge en las selvas amazónicas se ha intensificado debido a diversos factores como el aumento poblacional, la agricultura, los incendios, entre otros. El Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF, 2018) comunica lo siguiente:

No hay información geográfica acerca de la devastación de los bosques, ya sea por agricultura o por incendios; lo que sí se sabe es que la disminución de los bosques comprometerá la capacidad de los ecosistemas para absorber dióxido de carbono provocando que las áreas estén expuestas a sequías e inundaciones (SENPLADES, 2017). La información que guía la creación de estrategias para la conservación y restauración de los recursos naturales debería respaldar la implementación de programas interdisciplinarios que involucren tanto a organizaciones públicas como privadas.

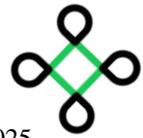
Determinar las rutas de cambio en las zonas de conservación y restauración de bosques y recursos hídricos en la provincia de Pastaza permite generar una memoria técnica basada en datos cartográficos, lo que optimiza los procesos de planificación a mediano y largo plazo, y fortalece la protección de áreas con alta biodiversidad. Además, se atiende al proyecto de "Geo información para la gestión del territorio" (SENPLADES, 2017) para caracterizar las zonas, lo que representa beneficios automáticos para las poblaciones internas y externas. El Gobierno Provincial de Pastaza tiene la responsabilidad de gestionar el medio ambiente en su jurisdicción y al no contar con información actualizada, es decir, desconocer las áreas concretas donde debe intervenir, se reduce su habilidad para llevar a cabo un ordenamiento territorial que satisfaga las demandas de preservación de recursos forestales e hídricos.

Según lo expuesto, el propósito de esta investigación es determinar las zonas de mayor importancia para la preservación y recuperación de bosques y agua en la provincia de Pastaza en Ecuador, mediante el uso de métodos de análisis multicriterio.

En respuesta a la crisis ambiental, la agenda global demanda la creación de estudios de preservación y reparación. Resulta crucial lograr la identificación de zonas prioritarias para la preservación y recuperación de bosques y aguas en la provincia de Pastaza. Esto se debe a que este análisis se adecúa a la política ambiental promovida por el Ministerio del Ambiente de Ecuador, que considera la administración sostenible de las zonas naturales como uno de sus pilares fundamentales. La investigación ayuda a incrementar el entendimiento de la legislación, las variables geográficas del territorio y la utilización de sistemas de información geográfica y cartográfica que se transforman en los caminos de la planificación del ordenamiento territorial.

La restauración y conservación de amplias áreas geográficas implica una considerable inversión económica en un contexto de recursos limitados; por ello, resulta crucial disponer de herramientas como métodos de análisis multicriterio, ya que facilita la obtención de eficacia para definir y dar prioridad a las zonas de restauración, donde es necesario actuar rápidamente para lograr mayores beneficios medioambientales. La implementación de una herramienta tecnológica innovadora, que emplea medios computarizados, proporcionará a la investigación indicadores de control que evidenciarán la administración territorial. Basándose en el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT) Provincial de Pastaza vigente hasta el 2025 (GAD Pastaza, 2017) herramienta que establece las pautas para la planificación territorial, orienta a la provincia hacia un crecimiento socioeconómico, sostenible y participativo; fundamentado en la protección, cuidado y preservación de los recursos naturales. Este trabajo, puede ser utilizado como una herramienta de gestión para el plan de desarrollo y ordenamiento territorial de la provincia, actuando como una línea de acción para la toma de decisiones en el territorio.





II. Materiales y métodos

2.1. Flujograma de la metodología

Según los criterios de descripción territorial, estudio socioeconómico, forestación, recursos acuáticos y zonas protegidas, se creó un modelo que facilitó el análisis de la preservación y recuperación de bosques y recursos hídricos. Como se muestra en la Figura 1:

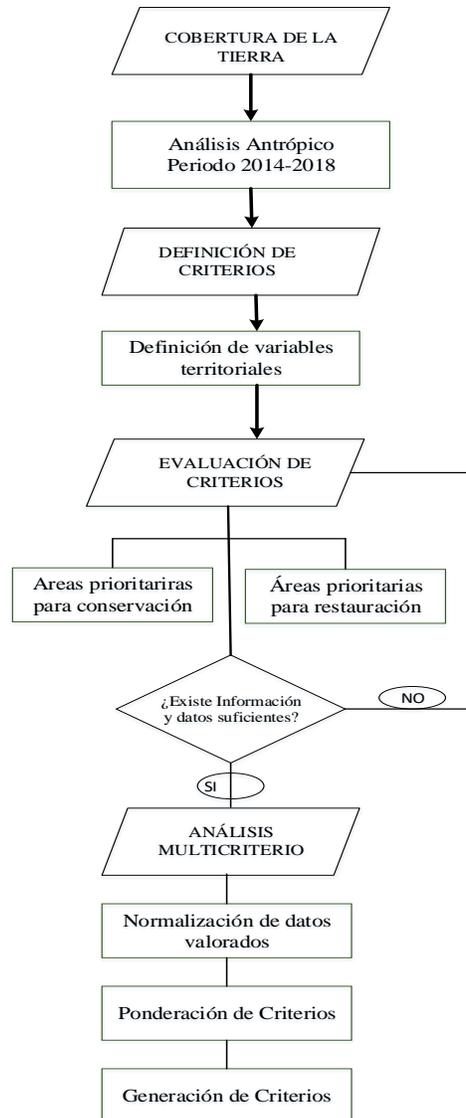


Figura 1. Flujograma de la metodología
Elaborado por: Ing. Zambrano (2020)
Fuente: MAE (2018)





2.2. Descripción de los datos

La gestión de los datos se llevará a cabo mediante el Proceso Analítico Jerárquico - AHP, que es una técnica que elige opciones basándose en una serie de criterios o variables, usualmente jerarquizadas, que a menudo entran en conflicto. En esta estructura jerárquica, el objetivo final está ubicado en el nivel más alto (López, Chung, & Ramírez, 2021). Una vez definida la estructura jerárquica, se contrastan los criterios de cada grupo del mismo nivel y se comparan directamente entre compañeros los posibles candidatos en relación a los criterios del nivel inferior. Para ello, se emplean matrices de comparación pareadas utilizando una *Escala Fundamental*, con el fin de realizar una toma de decisiones eficaz sobre la matriz definida; ofrece una valoración cuantitativa para las opciones asociadas a problemas en los que se entrelazan varios criterios (o juicios subjetivos), sin que los responsables de la decisión expresen sus preferencias ni analicen de manera completa la aportación de cada opción. Esta metodología permite al gerente elegir el método de gestión para las áreas de conservación y restauración prioritarias en la provincia de Pastaza.

La información requerida por el juez es una matriz $n \times n$ $W=W_{ij}$, que representa la evaluación subjetiva de la relevancia relativa del criterio i en comparación con el j . La escala utiliza números triangulares en una escala normalizada de 1 (misma importancia) a 9 (absolutamente más importante), los valores 2- 4 - 6 y 8 representan valores intermedios entre dos elementos como lo muestra la Figura 2, de la calificación de criterios por valoración semáforo (Mora, Riquelme, Troncoso, & Escobar, 2018).



Figura 2. Calificación de criterios por valoración semáforo
Elaborado por: Ing. Zambrano (2020)
Fuente: www.scielo.org

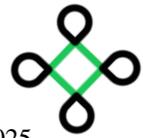
2.3. Desarrollo de la metodología

2.3.1. Cobertura de la Tierra

Basándonos en los datos proporcionados por el Ministerio del Ambiente acerca de la cobertura terrestre de 2014, 2016 y 2018 para el territorio continental del Ecuador en una escala 1:100, se llevó a cabo un análisis vectorial multitemporal con el objetivo de identificar las zonas que se han conservado en su estado natural y las que han experimentado algún cambio durante el periodo 2014-2018.

Las siguientes clasificaciones corresponden a las capas de cobertura de la tierra: Bosque, Cuerpos de Agua, Otras Tierras, Zona Agropecuaria, Vegetación Herbácea y Arbustiva y Zona Antrópica (Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, 2024).





El método empleado en el análisis multitemporal con capas vectoriales fue desarrollado por Franco (2016), donde se lleva a cabo un estudio del cambio en la cobertura de la tierra mediante la herramienta de geoprocésamiento Intersect de las tres coberturas 2014, 2016 y 2018 (González, y otros, 2024). Luego, se aplica un Summarize del software ArcGIS Pro, permitiendo así entender la dinámica del territorio de la provincia de Pastaza.

2.3.2. Análisis Antrópico 2014 - 2018

Se pudo identificar las zonas cuya cobertura ha persistido durante el periodo de análisis, zonas que con el transcurso del tiempo han experimentado una transformación como zonas deforestadas y otras que han recuperado su cobertura original. Por esta razón, se creó una reconocida nueva Categoría que engloba a los diferentes escenarios como:

- **Participante:** Se refiere a las zonas afectadas de manera permanente (zona antrópica, tierras agropecuarias) durante el periodo 2014-2016 -2018, así como a las áreas que en los dos últimos periodos (2016-2018) cuentan con un uso antrópico.
- **Artificial:** Son zonas que han experimentado una variación en su cobertura, pero la transición ha sido hacia una cobertura de naturaleza, como el Bosque, Cuerpos de Agua y la Vegetación Arbustiva y Herbácea.
- **Natural Estable:** Son las áreas naturales que han permanecido o conservado su estado inicial durante todo el período de análisis 2014-2016 -2018.
- **Pérdida:** Zonas que han experimentado una transformación drástica en su cobertura, zonas de cobertura natural que se han transformado en áreas intervenidas u otras tierras, gran parte de estas presentan un periodo de recuperación entre 2014 y 2016, pero desde el 2018 presentan algún uso antrópico.
- **Recuperación:** Se refiere a zonas que han experimentado una regeneración, han vuelto a su estado original, desde zonas intervenidas u otras tierras hasta zonas con cobertura de bosques, arbustos o cuerpos de agua en el último año 2018.
- **Otras:** Son zonas que no han mostrado un comportamiento constante que han evolucionado de zonas sin vegetación a zonas con cobertura de tierras agropecuarias en el último periodo, o en cambio, de zonas agropecuarias a zonas sin cobertura vegetal. Se muestra en la Figura 3, el análisis antrópico en los años 2014, 2016 y 2018.



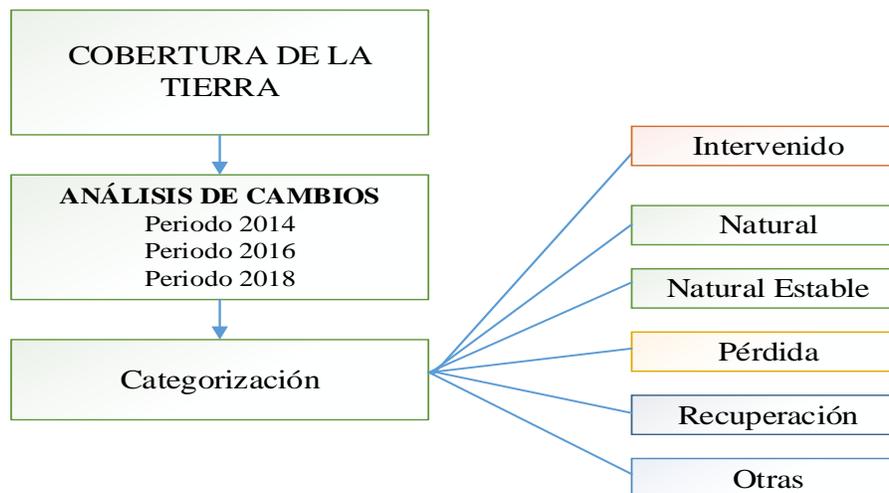


Figura 3. Análisis Antrópico 2014-2018
Elaborado por: Ing. Zambrano (2020)

Las categorías, de manera metodológica, definen el área destinada a la preservación de bosques y agua, además del área de restauración que, al cruzarse con las variables, facilita la identificación de los polígonos que simbolizarán las zonas ambientales en el área de estudio en la provincia de Pastaza.

2.3.3. Definición de criterios

La definición de criterios es un componente de la metodología que sirve como base para la toma de decisiones que facilitan la realización de una simplificación significativa en la adquisición de áreas prioritarias de conservación y restauración; mediante la utilización de elementos de planificación sistémica empleados para la protección de los recursos naturales, respaldados por procesos de consultoría relacionados con el medio ambiente.

Frente a la complejidad que implica representar la información geográfica, la elección y manejo de los criterios se basa principalmente en la disponibilidad de los datos espaciales, así como en el método de priorización y preservación que se asigna a las áreas de estudio. Para lo cual se define criterios ambientales, socioeconómicos e intrínsecos, lo que permite simplificar la indagación de áreas prioritarias de conservación y restauración en la provincia de Pastaza, esto se muestra en la Tabla 1, en la cual se define cada uno.

Tabla 1. Definición de Criterios

Criterio Ambiental	Criterio Socioeconómico	Criterio Intrínseco
Áreas de Conservación: Recoge todos los aspectos del territorio provincial que por sus características ambientales permiten identificar las áreas sensibles a cualquier impacto antrópico; estos espacios territoriales que guardan su composición como la cobertura boscosa natural, cuerpos de agua, áreas bajo mecanismos de protección o conservación dentro del área de estudio, servicios ecosistémicos, entre otros.	Hace referencia a las condiciones de orden poblacional, actividades que permiten la relación de la población con el recurso de agua y bosque de manera visual y recreativa.	Son aquellos factores naturales que no son influenciados por el ser humano, relacionados con la topografía y los riesgos naturales existentes en el territorio que de cierta manera estas condiciones físicas permiten identificar áreas de importancia de conservación y restauración.
Áreas de restauración: Comprende todos los factores que han provocado cambios en la cobertura del suelo, alteraciones en la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas, degradación de los servicios ecosistémicos y conflictos de uso.		

Elaborado por: Ing. Zambrano (2020)





2.3.4. Definición de variables territoriales

Las variables territoriales tienen un impacto en la definición de áreas de prioridad, las cuales se han escogido a partir del estudio de la información recolectada. Cada una de estas variables está vinculada a un criterio de decisión, y estas variables son cruciales en el proceso de evaluación multicriterio.

La Tabla 2 presenta los criterios divididos en subcriterios, definidos como los elementos que incrementan o reducen la evaluación de una opción, seleccionada como respuesta al problema. Se atribuyen las variables territoriales a cada subcriterio, las cuales influyen en la definición de zonas prioritarias para la conservación y restauración.

Tabla 2. Variables para la determinación de áreas de conservación

CRITERIO	SUBCRITERIOS	VARIABLES DEL TERRITORIO PROVINCIAL		
Ambiental	Áreas de Protección Hídrica (APH)	Zonas de Recarga Hídrica para el consumo humano	Conservación de vertientes de agua	
		Red Hídrica (ríos)	Conservación de cauces de ríos	
	Áreas Bajo Mecanismos de Conservación o Protección (ABMCP)	SNAP (Áreas Protegidas)	Mecanismos actuales de conservación	
		Bosques Protectores		
		Socio Bosque		
Servicios Ecosistémicos (SE)	Biodiversidad	Conservación de servicios ecosistémicos y biodiversidad		
		Disponibilidad Hídrica		
		Contenido de Carbono		
Capacidad de Uso (CU)		Áreas dentro de las categorías de capacidad de uso de la tierra VII y VIII	Conservación por limitaciones de uso	
Socioeconómico	Atractivos Turísticos (AT)	Atractivos turísticos relacionados con el recurso agua y bosque.	Conservación por belleza escénica	
	Red vial	Vías Estatales	Conservación en la red vial	
		Vías Rurales Provinciales		
Intrínseco	Riesgos Naturales (RN)	Movimientos en masa	Conservación por exposición a riesgos naturales	
		Inundaciones		
	Pendientes (P)	Pendientes >12% a 200 % (medias a muy escarpadas)	Conservación por limitaciones biofísicas	

Elaborado por: Ing. Zambrano (2020)

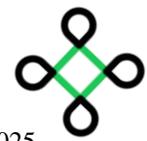
En la Tabla 3 se presentan las variables territoriales, valoradas en una escala de 1 a 9, donde 1 indica menor importancia y 9 mayor importancia. Esta valoración permite obtener tres mapas, cada uno correspondiente a los criterios seleccionados: ambiental, socioeconómico e intrínseco.

Tabla 3. Variables para la determinación de áreas de restauración

CRITERIO	SUBCRITERIOS	VARIABLES DEL TERRITORIO PROVINCIAL	
Ambiental	Áreas de Protección Hídrica (APH)	Zonas de Recarga Hídrica para el consumo humano	Restauración de vertientes de agua
		Red Hídrica (ríos)	Restauración de cauces de ríos
	Prioridades de Restauración Nacional (PRN)	Áreas de restauración nacional	Restauración nacional
		Conflicto de Uso (CU)	Áreas sobre utilizadas
Socioeconómico	Atractivos Turísticos (AT)	Atractivos relacionados con el recurso agua y bosque	Restauración por belleza escénica
	Red Vial	Vías estatales	Restauración vial
		Vías rurales provinciales	
Intrínseco	Riesgos Naturales (RN)	Movimientos en masa	Restauración por exposición a riesgos naturales
		Inundaciones	
	Pendientes (P)	Pendientes >12% a 200 % (medias a muy escarpadas)	Restauración por limitaciones biofísicas

Elaborado por: Ing. Zambrano (2020)





2.3.5. Evaluación de criterios

La valoración de los criterios ambiental, socioeconómico e intrínsecos se realiza con una asignación de peso según la valoración de la Escala Saaty (1, 3, 5, 7, 9). Luego, cada variable se rasteriza para que los puntos obtenidos sean distribuidos a un medio de salida digital. En otras palabras, las variables que contienen datos vectoriales son transformadas en datos ráster, definiendo un tamaño de celda de 100 m, normalizando así cada variable para su uso.

2.3.6. Análisis Multicriterio

En el contexto de esta investigación, las zonas prioritarias para la preservación y recuperación del bosque y agua son representaciones geográficas del territorio, en las que se agrupan características ambientales, biofísicas, socioeconómicas, culturales o políticas específicas e ideales para una meta determinada; y cuya conservación está en peligro inmediato por razones naturales, humanas o ambas. El análisis multicriterio es un recurso de apoyo para la toma de decisiones que permite fusionar los factores ambientales, socioeconómicos e intrínsecos (Ministerio de Ambiente, 2018) en un único contexto de análisis, lo que facilita la obtención de una perspectiva completa de las zonas prioritarias para la conservación y restauración en la provincia de Pastaza.

2.3.7. Normalización de datos valorados

Se sugiere el método de comparación por pares de Saaty, mediante el cual se lleva a cabo una comparación individual entre pares con cada criterio. Se genera una matriz de normalización donde se determina la sumatoria de cada criterio de acuerdo al peso asignado dividido por la suma total de sus componentes. Esta normalización de los pesos da como resultado el valor de 1.

2.3.8. Ponderación de criterios

Para establecer los niveles de relevancia de los criterios escogidos, se definen ponderaciones que se presentan en secuencia descendente para cada criterio. La Tabla 4 muestra los criterios sugeridos para cada criterio, los cuales son los siguientes:

Tabla 4. Ponderación de criterios

Ponderación de criterios		
Criterio Ambiental	Criterio Socioeconómico	Criterio Intrínseco
0.43 (43%)	0.36 (36%)	0.21 (21%)

Elaborado por: Ing. Zambrano (2020)

2.3.9. Generación de criterios

Los criterios generados para áreas prioritarias para conservación y restauración son (Ver Tabla 5):

Tabla 5. Criterios de conservación y preservación

Criterio Ambiental	Socioeconómico	Intrínseco
<ul style="list-style-type: none">Áreas de protección hídricaÁreas bajo mecanismos de conservación o protecciónServicios ecosistémicosCapacidad de uso de la tierra	<ul style="list-style-type: none">Atractivos turísticosRed vial	<ul style="list-style-type: none">Riesgos naturalesPendientes

Elaborado por: Ing. Zambrano (2020)





Los criterios para conservación serán organizados de acuerdo al método multicriterio Saaty. La Figura 4 muestra la jerarquización metodológica para conservación y restauración de Áreas prioritarias.

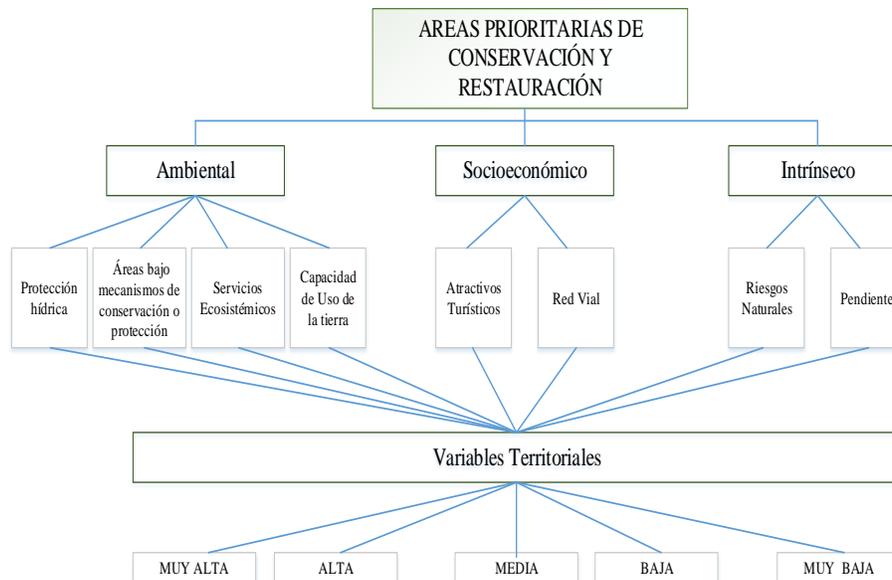


Figura 4. Jerarquización de los criterios considerados para áreas prioritarias a conservar
Elaborado por: Ing. Zambrano (2020)
Fuente: Método Saaty (2017)

III. Resultados y discusión

3.1. Diagnóstico de la zona de estudio

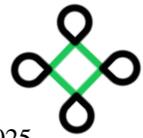
3.1.1. Descripción

La provincia de Pastaza está ubicada en el centro de la Región Amazónica de la República del Ecuador, limita al Norte con las provincias de Napo y Orellana al Sur con la provincia de Morona Santiago, al Este con el Perú y al Oeste la provincia de Tungurahua. Es la provincia más extensa del territorio ecuatoriano, comprendida entre las coordenadas geográficas 1°10'14.99" latitud Sur y 78° 10'47.28" de longitud Oeste; 2° 36'36.98" de latitud Sur y 75° 35'6.58" de longitud Oeste. La provincia presenta un clima cálido húmedo tropical, el rango altitudinal va entre los 162 msnm en el extremo este y 3,194 msnm en el extremo oeste de la provincia. Se caracteriza por ser una zona lluviosa, presenta una precipitación anual mínima de 2,000 mm y máxima 4,000 mm (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial, Pastaza PDOT, 2019, pág. 21).

Desde el punto de vista ecológico, en Pastaza se identifican tres pisos climáticos:

- Pie de monte andino-amazónico (1,500-66 msnm), ubicado hacia el oeste, con un área aproximada del 5% de la superficie (1,360 Km² aproximados) donde se congrega al 55% de la población;
- Zona intermedia de selva alta (600-300 msnm) que equivale al 30% de la superficie (8,165 Km²); y
- La llanura amazónica de bosque húmedo tropical (menos de 300 msnm) con una extensión de 17,692 Km² correspondiente al 65 % del territorio provincial (Ortiz, 2012).





El PDOT Provincial Pastaza (2017) señala, que la planificación territorial está enmarcada en 3 zonas de planificación: zona intervenida, (desarrollo comercial con la mayor población, infraestructura vial y de servicios), zona de transición o amortiguamiento (área intervenida y de conservación ambiental y cultural, conectada por los corredores estratégicos y anillos viales) y, zona conservada (asentamientos dispersos de 7 nacionalidades se comunican por ejes multimodales enlazados por los principales ríos navegables). (pág.88) de acuerdo a la Figura 5, que muestra 3 zonas de planificación.

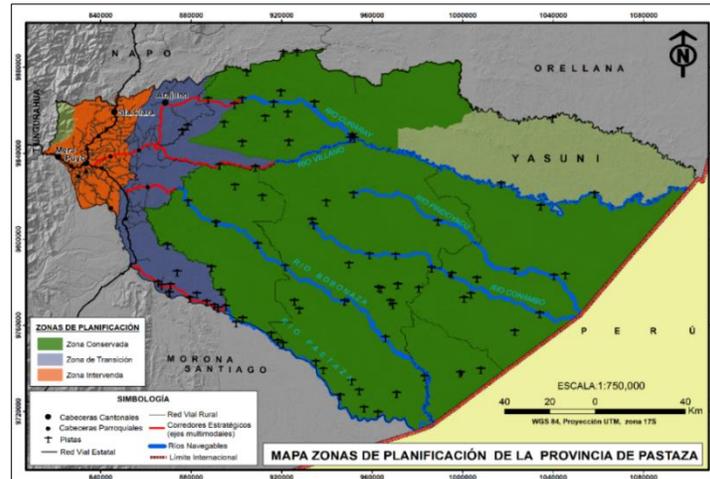


Figura 5. Mapa Zonas de Planificación provincia de Pastaza

Elaborado por: Ing. Zambrano (2020)

Fuente: PDOT Pastaza (2018)

3.1.2. Diagnóstico demográfico

Pastaza es la provincia más extensa del Ecuador continental, pero la segunda menos poblada después de Zamora Chinchipe, representando apenas el 0,66 % de la población nacional (16,938,986 habitantes), con un total de 111,915 habitantes según el censo de 2022. La población está concentrada en las parroquias de Puyo con 39,473 habitantes, Tarquí con 14,242 y Shell con 9,494 habitantes (INEC, 2022). La distribución de la población urbana representa el 34.3% (38,386 habitantes) y la población rural el 65.7% restante (73,529 habitantes). La población por sexo es equilibrada siendo el 49.18% la población masculina (55,042 habitantes) y 50.82% la población femenina (56,873 habitantes) (INEC, 2022).

3.1.3. Diagnóstico de infraestructura y servicios

La red vial rural de la provincia de Pastaza se ha extendiendo hacia las comunidades más distantes, enlazándose a la red vial estatal, partiendo de tres ejes principales: Vía interprovincial Puyo – Baños; Vía interprovincial Puyo - Tena y Vía interprovincial Puyo - Macas (PDOT Pastaza, 2018, pág. 308). La clasificación vial se basa en corredores estratégicos, corredores secundarios y ramales. La Tabla 6 muestra los corredores estratégicos, que son ejes multimodales que articulan la movilidad terrestre, fluvial y aérea, permiten movilización y conectividad a toda la población y con el vecino país, Perú.





Tabla 6. Ejes multimodales

Eje multimodal 1	Eje multimodal 2	Eje multimodal 3
<p>Carrozable: Puyo Diez de Agosto - El Triunfo Arájuo Curaray - Toñampare.</p> <p>Fluvial: Toñampare - San José de Curaray Pavacachi - Nina Amarun - Lorocachi - Perú.</p> <p>Aéreo: Lorocachi - Shell – Puyo.</p> <p>Eje multimodal 1.1. Carrozable: Puyo - Diez de Agosto - El Triunfo - Curaray - Santa Cecilia de Villano - Paparawa - Piwiri - Callana.</p> <p>Fluvial: Callana - Jaime Roldós - Playas - San José de Curaray - Pavacachi - Nina Amarun - Lorocachi - Perú.</p> <p>Aéreo: Lorocachi - Shell – Puyo</p>	<p>Carrozable: Puyo Veracruz Simón Bolívar Canelos Umupi.</p> <p>Fluvial: Umupi Pakayaku, Sarayacu Jatun Molino Teresa Mama Montalvo Kapirna Chichirat Perú.</p> <p>Aéreo: Chichirat Shell Puyo</p>	<p>Carrozable: Puyo Veracruz - Simón Bolívar - Chuwitayo - Chapintza - Copataza.</p> <p>Fluvial: Copataza. Santiak, Mashurash, Guarani, Numbaimi, Charapacocha, Muitsentsa, Sharamentsa - Kapawi - Perú.</p> <p>Aéreo: Kapawi – Shell – Puyo</p>

Elaborado por: Ing. Zambrano (2020)
Fuente: PDTO Pastaza (2018)

Además de los ejes multimodales, la provincia se caracteriza por varios recursos que se enuncian en la Figura 6. La provincia se destaca por su diversidad de recursos y actividades. Además de los ejes multimodales, cuenta con importantes recursos hídricos, un sistema aéreo, atractivos turísticos y una activa economía. Esta combinación sugiere un potencial para el desarrollo integrado, requiriendo una gestión cuidadosa de los recursos hídricos, el impulso del turismo y el fortalecimiento de la actividad económica, posiblemente en conexión con otras provincias como Guayas. La Estrategia Territorial Nacional puede ser una referencia para este desarrollo:

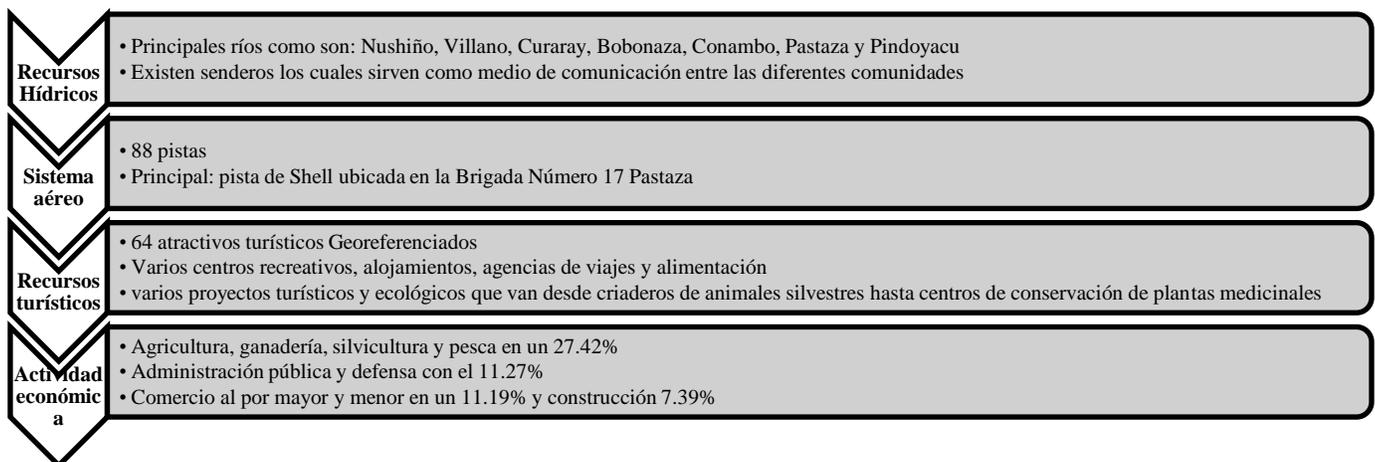


Figura 6. Recursos de la provincia
Elaborado por: Ing. Zambrano (2020)





3.2. Áreas prioritarias para criterios de conservación

3.2.1. Áreas prioritarias criterio de conservación Ambiental

Para lograr los resultados, se incorporó a la capa vectorial de preservación de vertientes de agua, una columna conocida como VALOR, asignada según la valoración Saaty (1, 3, 5, 7, 9). Para las áreas de retención de agua, el valor es de 9, esto se refleja en la Fig. a. conservación de vertientes de agua. En la red hídrica, la capa vectorial de conservación de cauces de ríos (Fig. b.), se añadió una columna denominada VALOR, asignado de acuerdo a la valoración Saaty (1, 3, 5, 7, 9). Para las franjas de protección de los ríos principales el valor es de 7 (Mendoza, et al 2019). Las áreas prioritarias para la conservación ambiental en las vertientes de agua y cauces de río de la provincia de Pastaza, Ecuador, se enfocan en la protección de las subcuencas hidrográficas que abastecen el río Pastaza. Estas subcuencas, como Patate, Chambo, Topo, Palora y Bobonaza, son cruciales para la salud del río y la biodiversidad de la región. Las áreas que alimentan los ríos y las zonas de recarga de agua subterránea son esenciales para la salud del ecosistema. Los bosques y áreas forestales que rodean las vertientes y cauces de río actúan como filtros naturales y ayudan a mantener la calidad del agua (ver Tabla 7).

Tabla 7. Áreas de conservación hídrica

Fig. a. Conservación de vertientes de agua	Fig. b. Conservación de cauces de ríos
<p>Las zonas de recarga hídrica (93 polígonos) para el consumo humano se intersecaron con la cobertura de la tierra que contiene áreas naturales (estrategia de conservación), a través de la herramienta <i>Intersect</i>, obteniendo la capa de conservación de vertientes de agua.</p>	<p>En los ríos principales de la provincia de Pastaza se realizó una zona de amortiguamiento (<i>buffer</i>) de 100 metros, la cual fue intersecada con la estrategia de conservación, obteniéndose así la capa de conservación de cauces de ríos.</p>

3.2.2. Áreas bajo mecanismos de conservación

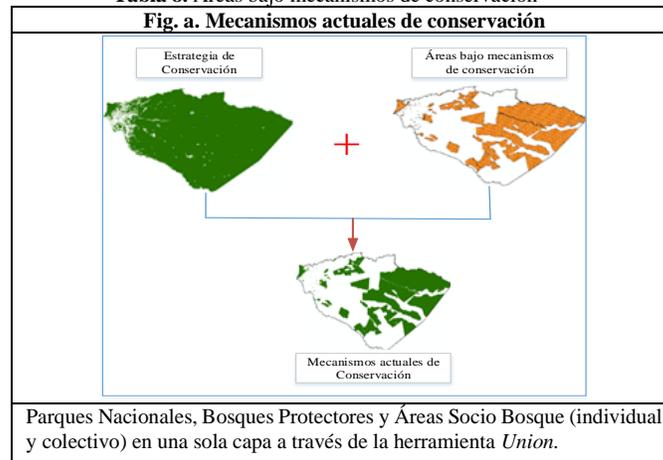
En la capa vectorial de los actuales mecanismos de conservación, se incorpora una columna conocida como VALOR, asignada según la valoración Saaty (1, 3, 5, 7, 9). Teniendo en cuenta los mecanismos de conservación o protección provincial, se consiguen los siguientes valores: parques nacionales con un valor de 9, bosques protectores con un valor de 5, para las zonas del programa socio bosque: individual 3 y colectivo 7 (socio bosque individual son propiedades y socio bosque colectivo son terrenos compartidos). La provincia de Pastaza cuenta con varios mecanismos de conservación y protección ambiental, incluyendo el Parque Nacional Llanganates y áreas bajo gestión como Zonas Intangibles, Socio Bosque, Bosques Protectores y Reservas Ecológicas Municipales. También se encuentran áreas de conservación bajo gestión comunitaria y de nacionalidades indígenas. Las zonas intangibles son áreas protegidas que





buscan preservar los ecosistemas sensibles y la biodiversidad. En Pastaza existen áreas bajo la gestión y cuidado de comunidades indígenas, quienes buscan preservar sus territorios y recursos naturales, como las comunidades Shuar, Achuar, Kichwa, Sapara, Andoa, Shiwar y Waorani (ver Tabla 8, Fig. a).

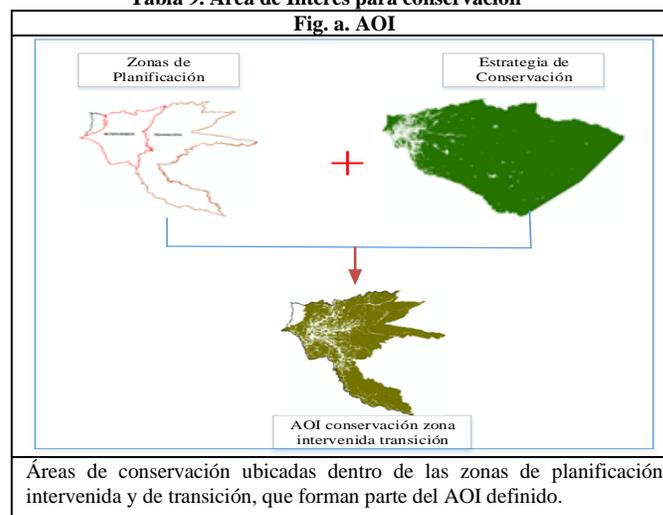
Tabla 8. Áreas bajo mecanismos de conservación



3.2.3. Servicios ecosistémicos

Se generó una máscara específica para este análisis mediante la herramienta *Intersect*, al cruzar el área establecida para conservación con los límites de la zona intervenida y de transición. Este procedimiento permitió delimitar el Área de Interés (AOI, por sus siglas en inglés *Area of Interest*), identificando las áreas de conservación correspondientes a dichas zonas intervenida y de transición (ver Tabla 9, Fig. a).

Tabla 9. Área de Interés para conservación



El análisis de servicios ecosistémicos incluyó tres componentes fundamentales: biodiversidad, disponibilidad hídrica y contenido de carbono, seleccionados por su relevancia ecológica en la provincia de Pastaza. Para cada uno se generaron capas temáticas independientes, que posteriormente fueron integradas para delimitar zonas prioritarias de conservación.





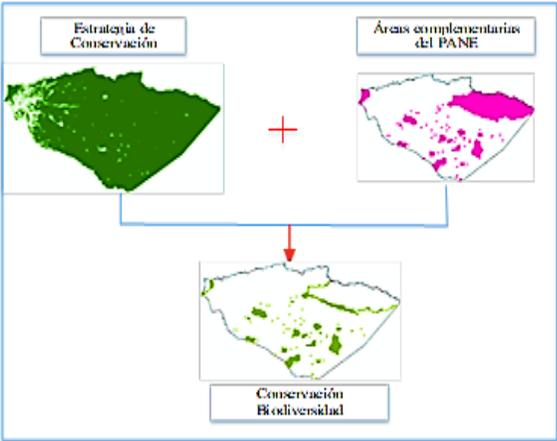
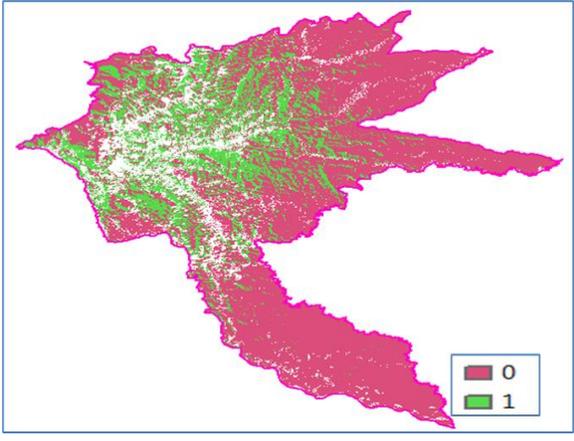
En el caso de la **biodiversidad**, se identificaron coberturas vegetales naturales como bosque húmedo, humedales, moretal y vegetación arbustiva y herbácea, las cuales fueron cruzadas con la información de vacíos de conservación nacional, con el objetivo de reconocer aquellas áreas que, sin formar parte del sistema SNAP, presentan alto valor biológico y requieren protección adicional (Fig. a).

Respecto a la **disponibilidad hídrica**, se utilizó información de balance hídrico proporcionada por la plataforma WaterWorld, reclasificada en rangos de alta y baja concentración de agua. Esta variable fue restringida a las zonas de conservación determinadas previamente, lo cual permitió focalizar áreas clave para la regulación del recurso hídrico, obteniendo la capa de conservación de balance hídrico (Fig. b).

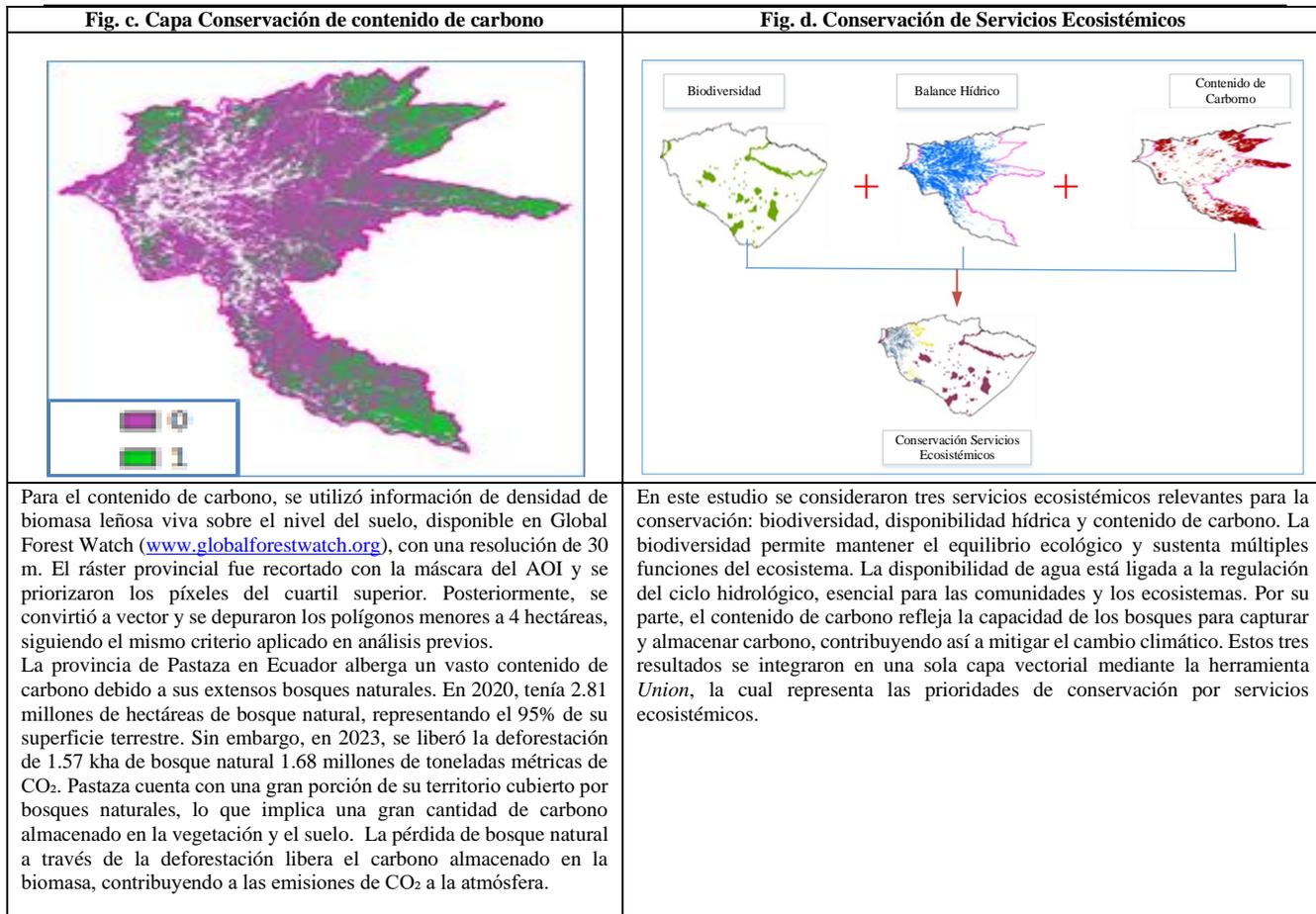
El **contenido de carbono** se analizó a partir de la densidad de biomasa leñosa viva, utilizando datos del Global Forest Watch. A través de un proceso de reclasificación, se extrajeron los valores correspondientes al cuartil superior, representando zonas con alto potencial de almacenamiento de carbono (Fig. c).

Finalmente, las capas obtenidas para cada servicio ecosistémico fueron transformadas a formato vectorial, depuradas topológicamente y combinadas mediante la herramienta *Union* del SIG, generando una única capa que representa la integración de los tres servicios analizados. Esta información permite delimitar áreas estratégicas que contribuyen simultáneamente a la conservación de biodiversidad, agua y carbono (Fig. d, ver Tabla 10).

Tabla 10. Servicios Ecosistémicos

Fig. a. Capa de conservación de biodiversidad	Fig. b. Capa conservación balance hídrico
	
<p>La identificación de áreas de importancia para la biodiversidad en la provincia de Pastaza, especialmente aquellas que complementan la conservación actual del PANE (Patrimonio de Áreas Naturales del Estado), es crucial para asegurar la protección de ecosistemas y especies. Esta identificación se basa en la evaluación de coberturas de bosque húmedo, humedal, moretal, vegetación arbustiva húmeda, vegetación herbácea de humedal y vegetación herbácea húmeda, con el análisis nacional de vacíos de conservación. El objetivo es fortalecer la red de áreas protegidas y garantizar la conservación de la biodiversidad en la región.</p>	<p>La información fue obtenida a través de la plataforma web WaterWorld (www.policysupport.org/waterworld), la cual proporciona datos espaciales detallados con resoluciones de 1 kilómetro cuadrado y 1 hectárea a nivel global. Esta herramienta integra modelos espaciales para el análisis de procesos biofísicos y socioeconómicos, así como escenarios de cambio climático, uso del suelo y dinámicas económicas.</p> <p>En primer lugar, se definió el área de estudio, observándose que la provincia de Pastaza abarca al menos seis cuadrantes completos. Posteriormente, se ejecutó la descarga de datos, delimitando un área de cobertura de 1 hectárea. Se emplearon los datos ráster del balance hídrico con el objetivo de identificar las zonas con mayor disponibilidad de agua, considerando que el valor “1” representa las áreas con la más alta concentración del recurso.</p> <p>La provincia de Pastaza en Ecuador, rica en recursos hídricos, cuenta con una gran disponibilidad de agua, especialmente debido a su ubicación en la Amazonía. La cuenca hidrográfica del río Pastaza, y sus subcuencas como Patate, Chambo, Topo, Palora y Bobonaza, contribuyen a esta abundancia. La provincia se beneficia de esta disponibilidad para actividades como el riego, la pesca y la generación de energía hidroeléctrica.</p>





3.2.4. Áreas prioritarias criterio de conservación Socioeconómico

Del inventario de 64 atractivos turísticos, tras examinar la información, se seleccionaron aquellos relacionados con los recursos hídricos y forestales, identificando 47 atractivos que cumplieran con este criterio.

En la base de datos de atractivos, se añadió una nueva columna denominada “recurso”, que fue completada con las palabras “bosque” o “agua”, según la naturaleza de cada atractivo. No obstante, la mayoría de estos lugares presentan ambos recursos.

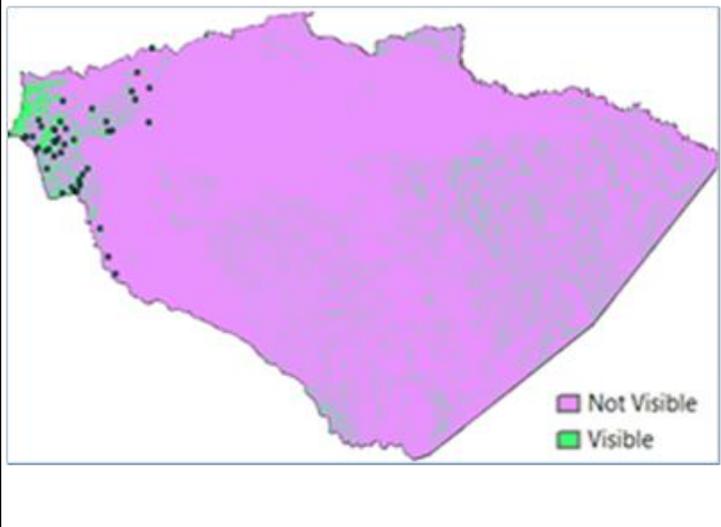
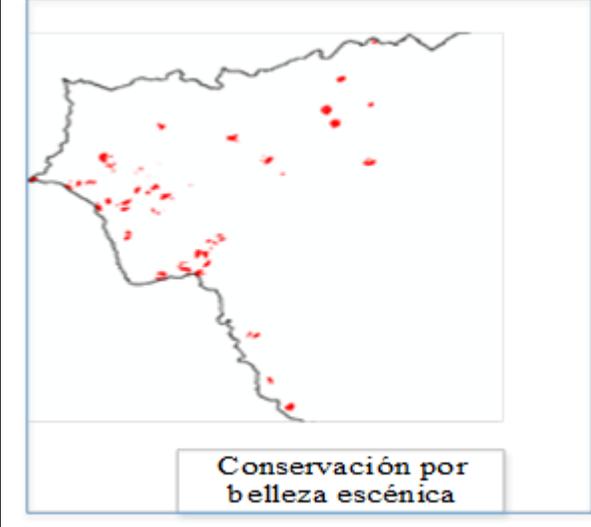
Para determinar el área de conservación de sitios turísticos vinculados a los bosques y al agua, se generó la cuenca visual de los atractivos mediante la herramienta *Viewshed*. Además, se utilizó un modelo digital del terreno (DTM) para clasificar las áreas en dos categorías: visible y no visible (Fig. a).

Posteriormente, se realizó la unión de dos capas vectoriales con el fin de obtener la capa de conservación por belleza escénica (Fig. b). Ver Tabla 11.





Tabla 11. Áreas prioritarias criterio Socioeconómico

Fig. a. Mapa Atractivos Turísticos	Fig. b. Conservación por Belleza Escénica
	
<p>Se generó una capa transformada a vector (<i>Raster to Polygon</i>) y que a posterior se intersecó con la capa denominada estrategia de conservación, obteniendo una capa de conservación visual en 1 km. Se realizó una reclasificación 0 = No visible y 1 = Visible en un buffer de 1 km con los atractivos turísticos, este buffer sirvió de máscara para cortar el ráster en mención, el cual contiene el área visible del sitio para ello se usó la herramienta <i>Extract by mask</i>.</p> <p>La conservación y el turismo sostenible pueden generar ingresos para las comunidades locales a través de la venta de productos artesanales, guías turísticas, servicios de alojamiento y gastronomía. La conservación de los recursos naturales contribuye a la salud y el bienestar de las comunidades, además de proporcionar acceso a agua limpia, aire puro y alimentos. La gestión participativa de las áreas protegidas permite a las comunidades locales tener voz en la toma de decisiones y beneficiarse directamente de la conservación.</p>	<p>Se generó una capa de conservación de 500 metros alrededor de sitios turísticos asociados a recursos hídricos y forestales, y una zona adicional de 1 km para la conservación visual. Se añadió la columna VALOR, asignando el valor 7 según la escala de Saaty, indicando una alta prioridad en el análisis multicriterio.</p> <p>La provincia de Pastaza, según la información proporcionada, cuenta con zonas bajo algún tipo de conservación, aunque no se detallan específicamente los datos sobre la capa de “Conservación por Belleza Escénica”. Una de las actividades que podría representar una amenaza para estas áreas es la minería, en particular la extracción de material pétreo. Esta actividad se lleva a cabo principalmente en las riberas de los ríos Pastaza, Bobonaza, Alpayacu, Anzu, Arajuno, entre otros. Además, se hace referencia a la existencia de mapas y mecanismos de conservación, lo que evidencia un esfuerzo institucional por preservar zonas de interés ambiental y paisajístico en la provincia.</p>

3.2.5. Áreas prioritarias criterio de conservación Intrínseco

Para esto se consideró los diferentes riesgos naturales:

Movimiento de masa. La capa de movimientos de masa es una información ráster la cual contiene la susceptibilidad a movimientos en masa de acuerdo a la siguiente categorización: muy alta, alta, media, baja, muy baja (5, 4, 3, 2, 1) dicha información fue proporcionada por la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos, escala 1:50,000. Se realizó una reclasificación con la herramienta *Reclassify* con el objetivo de generar un nuevo ráster únicamente con las categorías muy alta (5) y alta (4) (Fig. a). Ver Tabla 9.

Inundaciones. La capa de inundaciones es una información ráster la cual contiene la susceptibilidad a inundaciones de acuerdo a la siguiente categorización: muy alta, alta, media, baja, muy baja (5, 4, 3, 2, 1), dicha información fue proporcionada por la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos, escala 1:25,000. Se realizó una reclasificación con la herramienta *Reclassify* con el objetivo de generar un nuevo ráster únicamente con las categorías muy alta y alta (Fig. b).

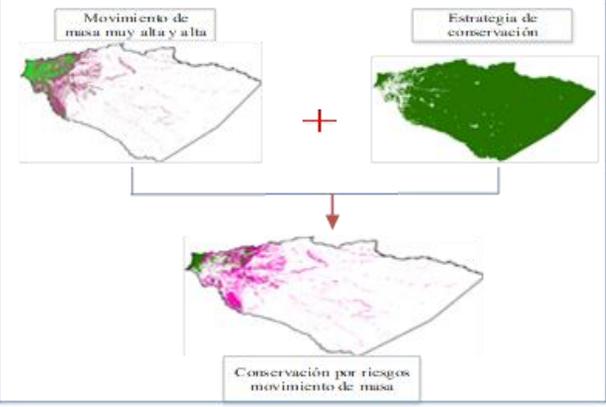
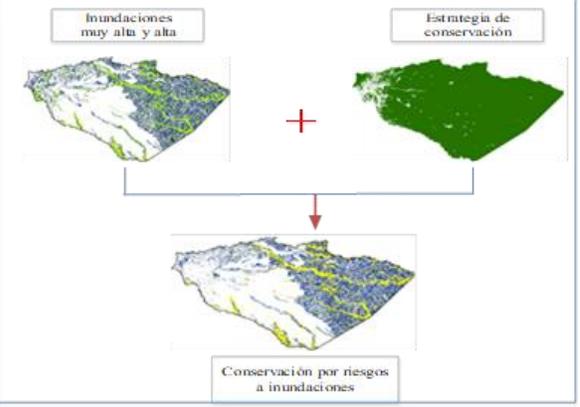
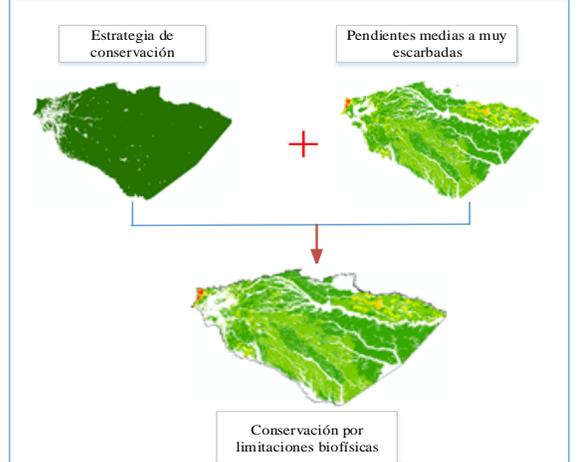
Para obtener la capa de conservación por limitaciones biofísicas, se le asignó los siguientes valores de la escala de Saaty de manera manual, estableciendo el valor de 9 a las categorías muy escarpada y escarpada; muy fuerte el valor de 7, fuerte el valor de 5; media a fuerte el valor de 3 y media el valor de 1. De la capa



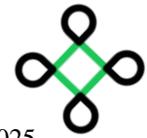


de pendientes únicamente se seleccionó las categorías: muy escarpada, escarpada, muy fuerte, fuerte, media a fuerte y media, a estas áreas se intersecaron con la cobertura de la tierra que contiene áreas naturales (estrategia de conservación) (Fig. c). Ver Tabla 12.

Tabla 12. Áreas prioritarias criterio Intrínseco

Fig. a. Conservación por Riesgo de Movimientos de Masa	Fig. b. Conservación por Riesgo a Inundaciones
	
<p>Este nuevo ráster fue transformado a vector (<i>raster to polygon</i>) e intersecado con la capa vectorial que abarca la cobertura de la tierra de áreas naturales (estrategia de conservación) a través de la herramienta <i>Intersect</i>, obteniendo la capa de conservación por riesgo a movimientos de masa.</p> <p>La capa “Conservación por Riesgos de Movimiento de Masa” en la provincia de Pastaza está vinculada al monitoreo de amenazas naturales, específicamente aquellas asociadas a deslizamientos y otros tipos de movimientos en masa. Para la elaboración de mapas de monitoreo, se utiliza información oficial del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), como boletines hidrometeorológicos y pronósticos de precipitación a 24 horas. Esta información permite identificar zonas vulnerables y establecer medidas de prevención y conservación en áreas expuestas a riesgos geodinámicos.</p>	<p>La capa vectorial que abarca la cobertura de la tierra de áreas naturales (estrategia de conservación) a través de la herramienta <i>Intersect</i>, obteniendo la capa de conservación por riesgo a inundaciones, la misma que fue reclasificada nuevamente en función a la escala de <i>Saaty</i> asignando un valor de importancia de 7 a estas áreas.</p> <p>La provincia de Pastaza ha sido afectada por eventos de inundación provocados por lluvias intensas y prolongadas, especialmente durante los meses de noviembre y enero. Estos fenómenos han generado emergencias en diversos sectores, incluyendo barrios urbanos de la ciudad de Puyo y otros cantones de la provincia. La recurrencia de estos eventos evidencia la alta vulnerabilidad del territorio frente a condiciones hidrometeorológicas extremas, lo cual resalta la necesidad de fortalecer los sistemas de monitoreo y gestión del riesgo.</p>
<p>Fig. c. Conservación por Limitaciones Biofísicas</p> <p>Intersecadas desde la estrategia de conservación y las pendientes muy escarpadas.</p> <p>La capa de conservación por limitaciones biofísicas en la provincia de Pastaza hace referencia a zonas destinadas a la protección debido a condiciones físicas restrictivas, como pendientes superiores al 70 %. Esta delimitación, presumiblemente incorporada en el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT), tiene como objetivo preservar áreas con características geográficas y ecológicas particulares, que limitan su uso para actividades productivas o asentamientos humanos.</p>	

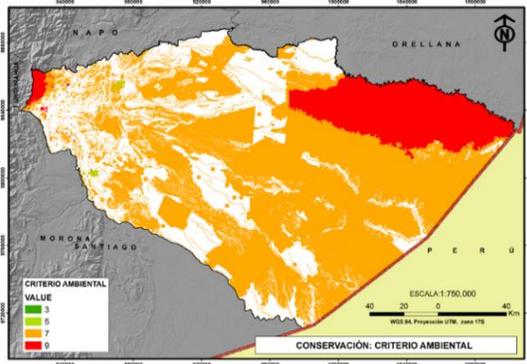
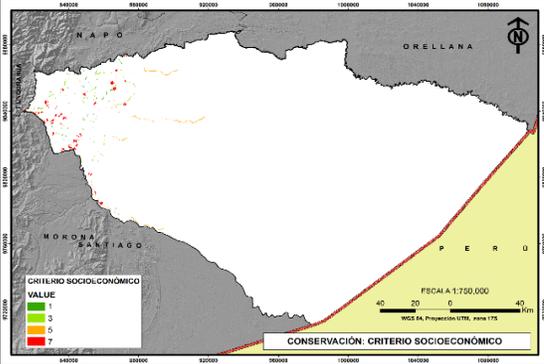
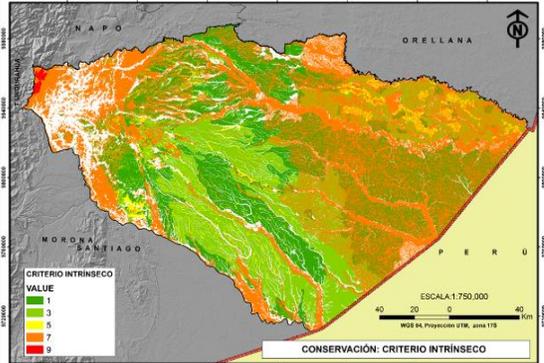




3.2.6. Integración de criterios de conservación

Una vez obtenidas las variables que conforman cada criterio de conservación, a través de la herramienta *Union* se integraron cada uno de los criterios ambiental, socioeconómico e intrínseco, como se muestra la Tabla 13:

Tabla 13. Integración de criterios de conservación

<p style="text-align: center;">Criterio Ambiental</p> 	<p style="text-align: center;">Criterios Socioeconómico</p> 
<p>En Pastaza, se ha establecido un enfoque ambiental integral que busca la conservación y uso sostenible de los recursos naturales, así como la protección del medio ambiente. Esto se refleja en la creación de un Área Ecológica de Desarrollo Sostenible Provincial, que cubre la mayor parte de la superficie de la provincia. Además, se implementan políticas y acciones para prevenir y controlar la contaminación, promoviendo la gestión sostenible de los recursos naturales. En resumen, el criterio ambiental en Pastaza se basa en la conservación de la biodiversidad, el uso sostenible de los recursos naturales, la prevención y control de la contaminación, y la promoción de la educación y conciencia ambiental.</p>	<p>La provincia de Pastaza presenta un criterio socioeconómico caracterizado por una economía diversificada que incluye el comercio, el turismo, la ganadería y la agricultura. Sin embargo, también se enfrenta a desafíos como la desigualdad y la pobreza, con un alto porcentaje de población con necesidades básicas insatisfechas. La provincia se beneficia de sus recursos naturales, como el cacao, la caña, el plátano y el cacao. El sector industrial, las actividades profesionales privadas, inmobiliarias, la construcción, el comercio, la agricultura, ganadería, silvicultura y pesca son importantes para la producción de la provincia.</p>
<p style="text-align: center;">Criterio Intrínseco</p> <p>El "criterio intrínseco" en la provincia de Pastaza parece estar relacionado con la valoración de la identidad y cosmovisión indígena, así como el cumplimiento de objetivos de desarrollo. Esto implica considerar elementos propios de la región, como las tradiciones y la relación entre el hombre y su entorno, al momento de evaluar cualquier iniciativa. La provincia de Pastaza, rica en diversidad cultural y recursos, requiere de un enfoque que respete y promueva sus valores intrínsecos.</p>	

3.3. Áreas prioritarias para criterios de restauración

3.3.1. Áreas prioritarias: criterio de restauración Ambiental

La capa vectorial de restauración de vertientes de agua, se añadió una columna denominada VALOR en la que se asignó un valor de acuerdo a la valoración de Saaty (1, 3, 5, 7, 9) considerando a la restauración de zonas de recarga hídrica el valor de 9 (Fig. a). En la capa vectorial de restauración de cauces de ríos,

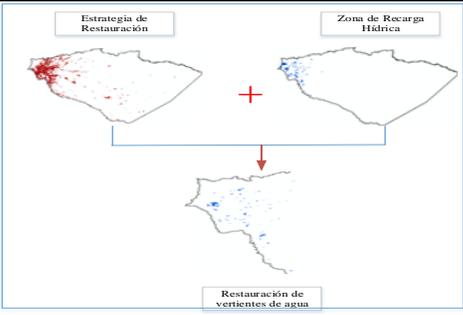
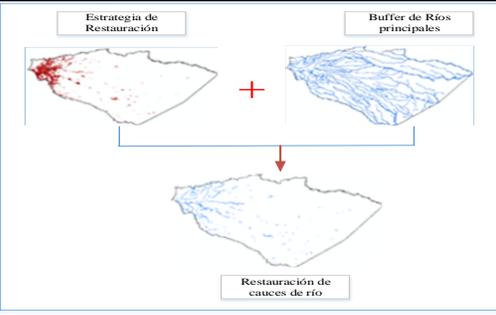
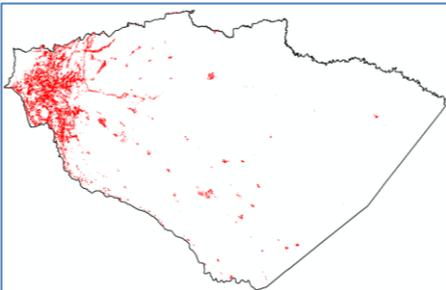
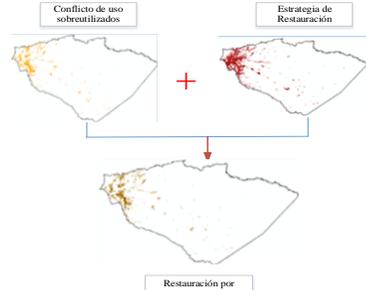




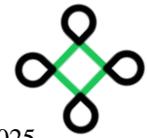
se añadió una columna denominada VALOR en la que se asignó un valor de acuerdo a la valoración de Saaty (1, 3, 5, 7, 9) considerando a las áreas de restauración de los ríos principales el valor de 7 (Fig. b). El Ministerio del Ambiente (2019) ha generado una cobertura de áreas destinadas a restauración, dicha capa contiene las siguientes categorías: muy alta, alta, media y baja, seleccionando únicamente las categorías muy alta y alta, se realiza un *Dissolve* mediante las herramientas de geoprocésamiento, se obtiene la capa de prioridades de restauración nacional, en la cual se añadió una columna denominada VALOR en la que se asignó un valor de acuerdo a la valoración de Saaty (1, 3, 5, 7, 9) considerando a esta variable el valor de 7 (Fig. c).

En el caso de conflictos de uso, se utilizó la información generada por SIGTIERRAS, escala 1:25,000 (2016), de acuerdo al uso potencial y actual del suelo de dicha capa se seleccionan las áreas sobre utilizadas, se intersecó con la cobertura de la tierra que contiene áreas intervenidas (estrategia de restauración), obteniendo la capa de restauración por limitaciones de uso, en la cual se añadió una columna denominada VALOR en la que se asignó un valor de acuerdo a la valoración de Saaty (1, 3, 5, 7, 9) considerando el valor de 9 a sobreutilización alta y 7 a sobreutilización moderada (Fig. d). Ver Tabla 14.

Tabla 14. Áreas prioritarias de criterios de restauración Ambiental

Fig. a. Restauración de Vertientes de agua	Fig. b. Restauración de Cauces de ríos
	
<p>En la provincia de Pastaza, la conservación y restauración de vertientes de agua se enfoca en la reducción de emisiones de CO₂, la protección de áreas naturales y la implementación de energías limpias. Esto se logra mediante la conservación y restauración de áreas boscosas, la promoción de proyectos como el uso de bambú para absorber dióxido de carbono y la implementación de energías renovables como la energía solar.</p>	<p>En la provincia de Pastaza, la conservación y restauración de cauces de ríos se enfocan en la protección de la biodiversidad, el uso sostenible de los recursos hídricos y la mitigación del cambio climático. Se aplican criterios basados en la participación comunitaria, la gestión integrada de cuencas y la restauración ecológica, con el objetivo de preservar la integridad de los ecosistemas acuáticos y su capacidad para brindar servicios ambientales. Se identifican y protegen hábitats críticos para especies acuáticas amenazadas o en peligro, como los peces, anfibios y reptiles. Se promueve el uso responsable del agua para riego, consumo y actividades económicas, evitando la sobreexplotación y la contaminación.</p>
Fig. c. Restauración Nacional	Fig. d. Restauración por Limitaciones de Uso
	





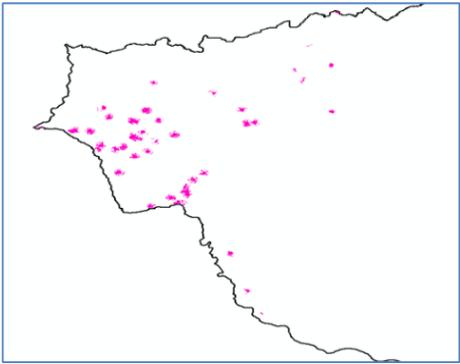
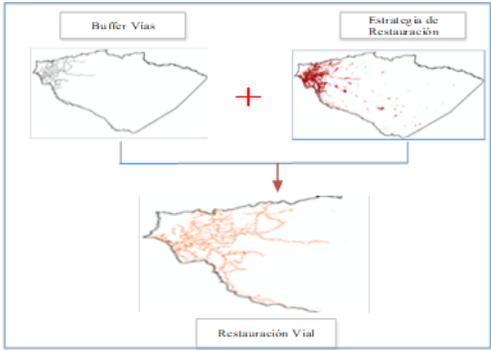
<p>En la provincia de Pastaza, Ecuador, se han implementado iniciativas de restauración de ecosistemas como parte del Proyecto Nacional de Restauración del Paisaje (PNRP) y otras acciones de conservación y restauración forestal, como la restauración de 7,600 hectáreas en Napo y Pastaza. Estas iniciativas buscan revertir la degradación de las tierras, fortalecer los ecosistemas locales y mejorar los servicios ambientales. Este proyecto, que forma parte de la política de conservación y restauración del REDD+, busca restaurar 1,000 hectáreas de tierras degradadas en Morona Santiago y Pastaza. Se están restaurando bosques nativos con especies nativas, lo que contribuye a mitigar el cambio climático y mejorar la calidad de vida de las comunidades amazónicas.</p>	<p>En Pastaza, la expansión de la frontera agrícola y ganadera ha generado importantes conflictos y limitaciones en el uso del suelo, afectando la funcionalidad de los ecosistemas y la calidad de vida local. Actividades como la producción de cacao, caña y lechería han impulsado procesos de deforestación y sobreutilización, mientras que la tala, pesca, caza y minería informal intensifican la degradación ambiental. Estos conflictos también se expresan en disputas territoriales entre comunidades indígenas, campesinas y colonos, evidenciando la necesidad de una planificación territorial sostenible e inclusiva.</p>
---	---

3.3.2. Áreas prioritarias: criterio de restauración socioeconómica

Atractivos turísticos con recursos naturales (agua y bosques). Con los 47 atractivos turísticos se realizó un buffer de 500 m para establecer el área de restauración de sitios turísticos relacionados con los recursos de agua y bosque, dicho buffer se intersecó con la estrategia de restauración, obteniendo una capa de áreas de restauración dentro de los 500 m. La capa de la cuenca visual de los atractivos turísticos con un radio de 1 km obtenido en procesos anteriores se intersecó con la capa de áreas intervenidas, obteniendo la capa de restauración en la cuenca visual de estos atractivos turísticos (Fig. a).

Red vial. Las fajas mínimas de retiro para las carreteras del sistema vial estatal 25 m, para el sistema vial rural provincial se tiene varias categorías: corredores estratégicos, corredores secundarios y ramales estableciendo fajas de 25 m, 15 m y 10 m respectivamente. Se realizó la intersección con la capa que de áreas intervenidas (estrategia de restauración), obteniendo la capa de restauración vial (Fig. b). Ver Tabla 15.

Tabla 15. Áreas prioritarias criterio de restauración Socioeconómica

Fig. a. Restauración por Belleza Escénica	Fig. b. Restauración Vial
	
<p>Se realizó una unión de las dos capas vectoriales (capa de restauración en 500 m y la restauración visual en 1km), obteniendo la capa de restauración por belleza escénica, a la cual se añadió la columna VALOR asignando de acuerdo a la escala de Saaty el valor 7.</p> <p>La provincia de Pastaza ofrece diversos atractivos turísticos basados en sus recursos naturales de agua y bosques, como la Cascada Hola Vida, la Reserva y Lodge Altos del Pastaza, cabañas a orillas del río Puyo, y el parque Tamandúa. Además, se pueden encontrar sitios como el Jardín Botánico las Orquídeas, el Zoorefugio Tarqui, la cascada Nueva Vida y el Bosque Tropical Amazónico. Pastaza ofrece una variedad de experiencias turísticas en contacto con la naturaleza, desde el senderismo y la observación de aves hasta la exploración de cascadas y la práctica de deportes acuáticos, como el kayak y el rafting en los ríos amazónicos.</p>	<p>La capa de restauración vial, a la cual se añadió la columna VALOR en asignando de acuerdo a la escala de Saaty el valor 5 a las vías estatales y corredores estratégicos y a los corredores secundarios el valor 3 y ramales el valor de 1.</p>





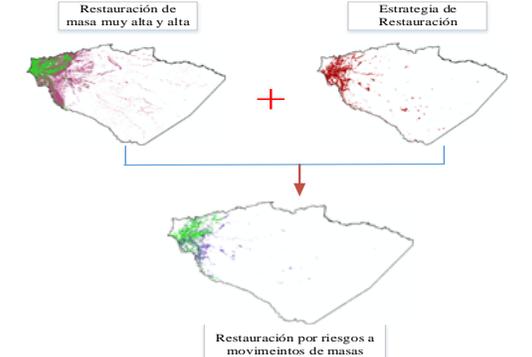
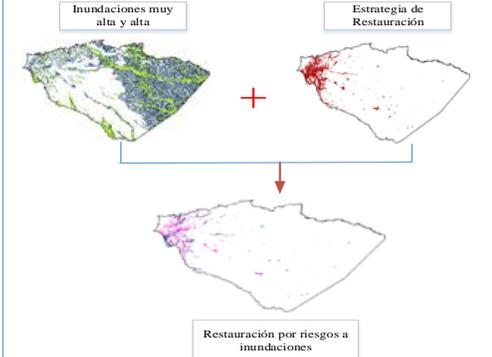
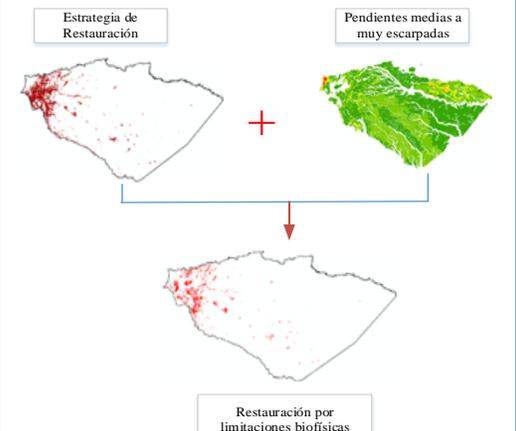
3.3.3. Áreas prioritarias: criterio de restauración Intrínseco

Movimiento de masa. Las categorías de susceptibilidad muy alta y alta a movimientos de masa convertidas a vector anteriormente, se intersecaron con las áreas intervenidas o que han sufrido pérdida natural (estrategia de restauración), obteniendo la capa de restauración por riesgo a movimientos de masa (Fig. a).

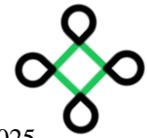
Inundaciones. Las categorías de susceptibilidad muy alta y alta a inundaciones se intersecaron las áreas intervenidas o que han sufrido pérdida natural (estrategia de restauración), obteniendo la capa de restauración por riesgo a inundaciones (Fig. b).

Pendientes. Se utilizó la capa de pendientes establecida en el proceso anterior, la cual contiene las categorías: muy escarpada, escarpada, muy fuerte, fuerte, media a fuerte y media, dicha capa se intersecó con la con la cobertura de la tierra que contiene áreas intervenidas y áreas que han perdido su cobertura natural (estrategia de restauración), obteniendo la capa de restauración por limitaciones biofísicas (Fig. c). Ver Tabla 16.

Tabla 16. Áreas prioritarias criterio de restauración Intrínseco

Fig. a. Restauración por Riesgo de Movimientos de Masa	Fig. b. Restauración por Riesgo a Inundaciones
	
<p>A través del atributo VALOR en función a la escala de Saaty asignando un valor de importancia de 7 a estas áreas.</p>	<p>Fue reclasificada manualmente a través del atributo VALOR en función a la escala de Saaty asignando un valor de importancia de 7 a estas áreas.</p>
Fig. c. Restauración por Limitaciones Biofísicas	<p>A la conservación por pendientes se le asignó los siguientes valores de la escala de Saaty de manera manual, estableciendo el valor de 9 a las categorías muy escarpada y escarpada; muy fuerte el valor de 7, fuerte el valor de 5; media a fuerte el valor de 3 y media el valor de 1. Se observaron pendientes que varían desde suaves hasta muy escarpadas (aproximadamente entre 5° y 87°). Los suelos predominantes corresponden a inceptisoles y andosoles con alto contenido de humedad, y presentan texturas entre franco, franco limoso y franco arcilloso. Esta combinación sugiere una composición equilibrada de partículas, lo que permite una moderada retención de agua y nutrientes. No obstante, su uso está condicionado por el grado de pendiente y las características de drenaje del terreno.</p>
	

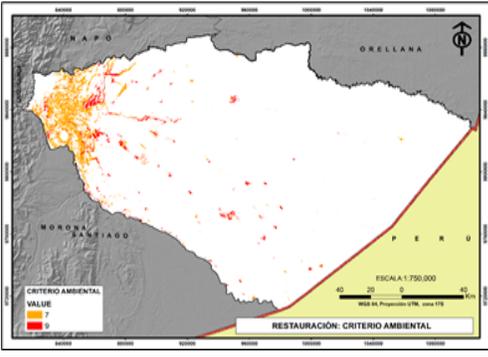
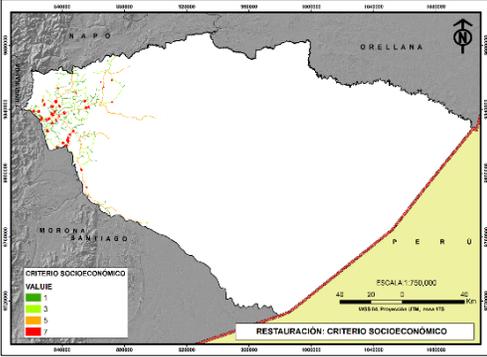
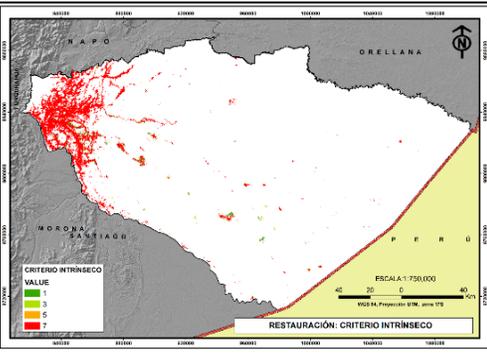




3.3.4. Integración de criterios de restauración

Una vez obtenidas las variables que conforman cada criterio de restauración, a través de la herramienta *Unión* se integraron cada uno de los criterios ambiental, socioeconómico e intrínseco, como se muestra la Tabla 17:

Tabla 17. Integración de criterios de restauración

Criterio Ambiental	Criterios Socioeconómico
	
<p>El criterio ambiental identifica zonas degradadas por pérdida de cobertura vegetal, fragmentación del paisaje y alteración ecológica. Estas áreas requieren restauración para recuperar servicios ecosistémicos y mejorar la resiliencia frente al cambio climático. Se destacan zonas prioritarias en el occidente y centro de la provincia, donde la presión antrópica ha sido mayor.</p>	<p>Considera territorios afectados por actividades productivas intensivas, como agricultura, ganadería y expansión urbana, en contextos con altos índices de pobreza. La restauración busca revertir la degradación ambiental y generar beneficios sociales mediante empleos sostenibles y recuperación del entorno. Las áreas clave se localizan al norte y suroeste de la provincia.</p>
Criterio Intrínseco	
<p>Este criterio se basa en condiciones físicas sensibles del territorio, como pendientes elevadas o suelos frágiles, que aumentan la vulnerabilidad cuando son intervenidas. Se priorizan acciones para mitigar riesgos y recuperar la estabilidad ecológica. Muchas de estas zonas tienen valor cultural, por lo que se propone un enfoque que incorpore saberes ancestrales.</p>	

Análisis de las áreas prioritarias de conservación. En el marco de esta investigación, cada criterio se segmentó en áreas de protección del agua, servicios ecosistémicos, atractivos turísticos, red de vías y riesgos naturales que otorgaron los indicadores para llevar a cabo las representaciones espaciales del territorio. Estas incluyen características ambientales, biofísicas, socioeconómicas, específicas para identificar las áreas de preservación y restauración que están en peligro inmediato debido a factores naturales o humanos. Se establecieron las áreas prioritarias de conservación basándose en el cruce de los tres criterios elegidos: ambiental, socioeconómico e intrínseco, en un área de 1,095 ha. Estos facilitan una visión geográfica precisa de las áreas donde las entidades gubernamentales, locales, seccionales y privadas deben intervenir en el presente año para los programas y proyectos de conservación en la provincia de Pastaza.

Análisis de las áreas prioritarias de restauración. El análisis identificó zonas prioritarias para la restauración en la provincia de Pastaza mediante tres criterios: ambiental, socioeconómico e intrínseco. En el criterio ambiental se priorizaron áreas de protección hídrica, vertientes y cauces de ríos, apoyando





políticas públicas y sostenibilidad futura. El criterio socioeconómico destacó atractivos naturales y redes viales, proponiendo estrategias participativas según el tipo de asentamiento humano. El criterio intrínseco consideró riesgos naturales como movimientos de masa, inundaciones y pendientes, aportando a decisiones territoriales. El cruce de estos criterios delimitó 5,100 ha para intervención, orientando acciones institucionales en restauración para el presente año.

Discusión. El estudio llevado a cabo acerca de las Áreas de Conservación y Restauración de la provincia de Pastaza, puede equipararse con la investigación acerca de las Áreas prioritarias para la preservación de la provincia del Alto Amazonas, en Perú. Este último, mediante la valoración y ponderación de las unidades cartográficas de capas de información espacial de valor Bioecológico y el reporte de las Áreas Naturales Protegidas por el Estado, pudo cubrir amplias áreas. La investigación evidenció que cerca del 3% de la superficie de la provincia de Alto Amazonas (28.20%) exhibe un nivel de conservación muy elevado debido a la existencia de especies endémicas de flora y fauna, gran biodiversidad, ecosistemas únicos, zonas naturales resguardadas y zonas de relevancia hídrica, (2016).

Asimismo, la tesis de Zamorano (2014) determinó las zonas prioritarias para la restauración forestal con el objetivo de preservar la biodiversidad y proporcionar servicios ecosistémicos en la Cordillera de la Costa de la Región de Los Ríos, Chile. Se utilizó una metodología multicriterio para determinar las zonas de reforestación y se aplicó un enfoque multicriterio para evaluar la idoneidad ecológica y la viabilidad socioeconómica que proporcionaría la reforestación.

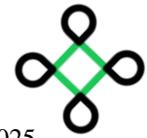
IV. Conclusiones

La investigación evidenció que la provincia de Pastaza dispone de datos cartográficos relacionados con variables sociodemográficas, hídricas y ambientales, además de la correspondiente legislación implementada por el Ministerio del Ambiente. Estos son instrumentos políticos técnicos que facilitan la implementación de programas para efectuar un mapa de las zonas prioritarias de conservación y restauración.

Se logró determinar las variables de distribución más significativas del territorio provincial, basándose en el Diagnóstico Socioeconómico, la definición de los ejes multimodales como los ejes terrestres, fluviales y áreas, y el análisis ambiental, que examina las zonas de deforestación, los recursos de agua, y las áreas de recarga de agua. Las áreas que comprenden los recursos naturales, diseñadas para su preservación mediante el programa Socio Bosque, y la elección de áreas de relevancia de biodiversidad facilitó la identificación tanto cualitativa como cuantitativa de las áreas de prioridad para la conservación y recuperación de bosques y agua.

El planteamiento metodológico permitió establecer un análisis Antrópico de la cobertura del suelo 2014-2018 y ejecutar el Proceso Analítico Jerárquico – AHP como método multicriterio, definiendo tres principales criterios: ambiental, socioeconómico e intrínseco para cada área para Conservación y Restauración. Para cada uno de ellos se estableció subcriterios utilitarios para el análisis como son las Áreas de Protección Hídrica, Áreas bajo mecanismos de Conservación o Protección, Capacidad de Uso, Atractivos Turísticos, Red vial y Riesgos Naturales. Los cuales, mediante el uso de herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG), plataformas web y recursos como el AOI (Área de Interés), se generaron y analizaron diversas capas temáticas relacionadas con la conservación territorial. Estas incluyeron: Conservación de vertientes de agua, conservación de cauces de ríos, mecanismos actuales de conservación, conservación de servicios ecosistémicos y biodiversidad, conservación por limitaciones de





uso, conservación por belleza escénica, conservación en la red vial, conservación por exposición a riesgos naturales y conservación por limitaciones biofísicas. La ponderación obtenida se organizó en orden de importancia 43% para el Criterio Ambiental, 36% para el Criterio Socioeconómico y % para el Criterio Intrínseco; lo que permitió un cruce de los tres criterios y obtener una delimitación por hectáreas de cada zona de interés, dando un Área para Conservación de 1,095 ha, y un Área para Restauración de 5,100 ha. Se logró un porcentaje de cada área de estudio respecto a cada criterio para la Área Prioritaria para Conservación, correspondiente al Criterio Ambiental 52%, el Criterio Socioeconómico 36% y el Criterio Intrínseco 12%, Criterio Ambiental 46%, Criterio Socioeconómico 42% y Criterio Intrínseco 12% para el Área de Prioridad de Restauración, lo que define el Criterio Ambiental como el indicador de mayor contribución en las dos áreas de interés en la provincia de Pastaza.

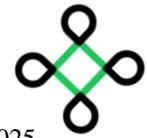
V. Limitaciones

El Análisis Multicriterio, a pesar de su utilidad en la estructuración de problemas complejos, presenta limitaciones inherentes que deben ser consideradas cuidadosamente, especialmente en el contexto de la conservación ambiental. Una limitación fundamental radica en la complejidad de modelar escenarios complejos, ya que muchos métodos AMC son demasiado elementales y no logran representar la realidad con la precisión necesaria. La dificultad para modelar y resolver escenarios complejos se erige como un problema significativo en la mayoría de los métodos AMC, lo que puede limitar su capacidad para abordar la intrincada red de factores que influyen en la conservación. Además, no existe una garantía absoluta de que la solución encontrada mediante el AMC sea la correcta, incluso al comparar los resultados de diferentes métodos que muestran una alta clasificación. La convergencia de resultados no necesariamente indica validez, especialmente si los métodos comparten limitaciones fundamentales o se basan en datos imperfectos.

Otra limitación importante reside en que algunos métodos AMC no consideran los juicios de valor, mientras que otros sí incorporan opiniones de expertos. La conservación ambiental a menudo requiere la integración tanto de datos objetivos como de juicios de valor, especialmente al considerar las perspectivas de las comunidades locales y los objetivos de conservación a largo plazo. La potencial compensación entre criterios es otra característica del AMC que merece atención; un buen desempeño en algunos criterios puede compensar un mal desempeño en otros. En la conservación, esta compensación debe considerarse cuidadosamente para evitar la pérdida de valores ecológicos críticos.

La subjetividad inherente en la elicitación de preferencias de los tomadores de decisiones y las partes interesadas es una limitación omnipresente en el AMC. Las preferencias de los diferentes actores pueden variar significativamente, lo que plantea desafíos para la agregación de estas preferencias en un marco de AMC. La calidad de AMC depende críticamente de la selección de profesionales experimentados que puedan facilitar el proceso de manera efectiva y aplicar técnicas para mitigar sesgos. Existe también el riesgo de seleccionar un enfoque AMC demasiado simple para problemas complejos, lo que puede llevar a una calidad inadecuada de los resultados.





VI. Implicaciones Teóricas y Prácticas

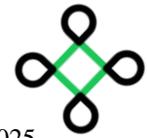
Teóricamente, el Análisis Multicriterio ofrece un marco estructurado y potencialmente participativo para abordar la complejidad inherente a la planificación de la conservación, especialmente en el contexto multifacético de Pastaza. El AMC se presenta como un enfoque normativo o prescriptivo que busca guiar la toma de decisiones hacia resultados coherentes con las preferencias previamente establecidas por los tomadores de decisiones. Sin embargo, la validez de estas preferencias depende intrínsecamente de la inclusión y la representación equitativa de todas las partes interesadas relevantes, incluidas las comunidades indígenas, cuyas perspectivas y valores deben ser considerados de manera central en cualquier iniciativa de conservación.

El AMC posee la capacidad teórica de estructurar problemas de gestión complejos, tomar en cuenta una multiplicidad de criterios que a menudo son conflictivos entre sí y servir como un punto focal para la discusión y el diálogo entre los diferentes actores involucrados. La complejidad de la conservación en Pastaza, con sus intrincadas dimensiones ecológicas, sociales y económicas, se alinea con esta capacidad teórica del AMC para abordar problemas multicriterio. Al proporcionar un marco para organizar la información y facilitar el diálogo, el AMC puede ayudar a navegar por las compensaciones necesarias entre diferentes objetivos, como la protección de la biodiversidad versus las necesidades económicas de las comunidades locales.

La aplicación práctica del Análisis Multicriterio para la conservación y restauración en la provincia de Pastaza presenta una serie de implicaciones y desafíos que deben ser abordados cuidadosamente. En primer lugar, existe una clara necesidad de adaptar los marcos de AMC a los contextos locales específicos de Pastaza, considerando factores cruciales como la disponibilidad de agua, las condiciones socioeconómicas particulares de las comunidades y las consideraciones ambientales únicas de la región amazónica. La conservación y restauración en Pastaza involucran a una variedad de actores con intereses y prioridades a menudo divergentes, incluyendo las comunidades indígenas, el gobierno local y nacional, las organizaciones de conservación, las empresas privadas y los residentes locales. Integrar todas estas perspectivas en un marco de AMC es un desafío práctico significativo.

En la práctica, la aplicación del AMC en Pastaza a menudo requiere encontrar un delicado equilibrio entre los objetivos de conservación a largo plazo y las necesidades económicas y sociales inmediatas de las comunidades locales. Las decisiones sobre el uso de la tierra pueden implicar difíciles compensaciones entre la protección de la biodiversidad y la creación de oportunidades económicas sostenibles. El AMC puede ser una herramienta útil para evaluar estas compensaciones, pero su efectividad depende de la consideración específica de los valores y prioridades de todas las partes interesadas. La comunicación efectiva y la comprensión mutua entre las diferentes partes interesadas en Pastaza, incluyendo aquellas con diversos antecedentes culturales y niveles de educación, representan otro desafío práctico importante para la aplicación del AMC. El lenguaje técnico inherente a la metodología del AMC puede resultar inaccesible para algunas partes interesadas, y las diferencias culturales pueden influir significativamente en cómo se perciben y valoran los diferentes criterios utilizados en el análisis.





Referencias

- Cubides, I., Ramírez, W., Linares, R., & Ribeiro, R. (2017). Análisis espacial y su importancia para la restauración. *Researchgate*, 2(1), 125-130. Obtenido de <https://lc.cx/UOPOo7>
- Franco, R. (2016). *Análisis Multitemporal Vectorial en ArcGIS*. Obtenido de https://mixdyr.files.wordpress.com/2016/07/analisis_multitemporal_vectorial_arcgisdesktop.pdf
- GAD Pastaza. (2017). *Plan de Desarrollo de la Provincia de Pastaza al año 2025*. Pastaza: Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Pastaza. Obtenido de https://lc.cx/9p3_sn
- González, F., Ullón, D., Yaguachi, A., Ramos, J., Montenegro, V., & Loján, J. (2024). Análisis multitemporal de cambios de uso del suelo en la isla Santa Cruz, archipiélago de las. *Revista Ciencia y Tecnología*, 17(1), 1-9. doi:<https://doi.org/10.18779/cyt.v17i1.521>
- INEC. (2022). *Instituto Nacional de Estadísticas y Censos*. Recuperado el 2022, de <https://www.censoecuador.gob.ec/resultados-censo/>
- López, S., Chung, P., & Ramírez, M. (2021). Proceso Analítico Jerárquico (AHP) como método multicriterio para la localización óptima de estaciones intermodales. *Economía, sociedad y territorio*, 21(66), 121-133. doi:<https://doi.org/10.22136/est20211583>
- Mendoza, A., Solano, C., Palencia, D., & García, D. (2019). Aplicación del proceso de jerarquía analítica (AHP) para la toma de decisión con juicios de expertos. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 27(3), 58-70. doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052019000300348>
- Ministerio de Ambiente. (2018). *Metodología para la Representación Cartográfica de los Ecosistemas del Ecuador*. Quito: Sistema de Clasificación de Ecosistemas del Ecuador Continental. Obtenido de <https://lc.cx/NUcUvk>
- Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. (12 de julio de 2024). *Mapa de Cobertura y Uso de la Tierra será entregado a la ciudadanía*. Recuperado el 8 de abril de 2025, de <https://lc.cx/Ramntm>
- Mora, G., Riquelme, L., Troncoso, J., & Escobar, B. (2018). Validación de una Matriz para Evaluar Monografías en Estudiantes Universitarios. *Formación universitaria*, 11(1), 45-56. doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50062018000100063>
- Ortiz. (2012). *Espacio, Territorio e Interculturalidad. Una aproximación a sus conflictos y resignificaciones desde la Amazonía de Pastaza en la segunda mitad del siglo XX*. Recuperado el 2020, de <http://repositoriodigital.uns.edu.ar/>
- PDOT Pastaza. (2018). Recuperado el 2019, de http://www.pastaza.gob.ec/planificacion/pdot_provincial_actualizacion_2017.pdf
- PDOT Provincial de Pastaza. (2017). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT) Provincial de Pastaza*. Recuperado el 2019, de http://www.pastaza.gob.ec/planificacion/pdot_provincial_actualizacion_2017.pdf
- Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial, Pastaza PDOT. (2019). *Gobierno provincial de Pastaza*. Recuperado el 2020, de https://pastaza.gob.ec/planificacion/pdot_pastaza_2019_final.pdf
- SENPLADES. (2017). *Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021-Toda una Vida*. Quito: Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo. Obtenido de <https://lc.cx/d7Ramo>
- WWF. (2018). *Fondo Mundial de las Naturaleza*. España: Panda. org.
- Yépez, V. (2017). *Universidad Politécnica de Valencia*. Obtenido de <https://www.uv.es/>

