



UNIVERSIDAD REGIONAL AMAZÓNICA IKIAM
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA
CARRERA DE INGENIERÍA EN ECOSISTEMAS

MAPEO DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS COMO UNA
HERRAMIENTA PARA LA PLANIFICACIÓN DEL PAISAJE:
CASO DE ESTUDIO AECODES

Proyecto de investigación previo a la obtención del Título de:
INGENIERA EN ECOSISTEMAS

AUTOR
NAYLA MILENA NUGRA RUIZ

Napo, Ecuador

2022

UNIVERSIDAD REGIONAL AMAZÓNICA IKIAM
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA
CARRERA DE INGENIERÍA EN ECOSISTEMAS

MAPEO DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS COMO UNA
HERRAMIENTA PARA LA PLANIFICACIÓN DEL PAISAJE:
CASO DE ESTUDIO AECODES

Proyecto de investigación previo a la obtención del Título de:

INGENIERA EN ECOSISTEMAS

AUTOR: NAYLA MILENA NUGRA RUIZ

TUTOR: PhD. PABLO RODRIGO CUENCA CAPA

Napo, Ecuador

2022

DECLARACIÓN DE DERECHO DE AUTOR, AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo, Nayla Milena Nugra Ruiz con documento de identidad N° 1400771182, declaro que los resultados obtenidos en la investigación que presento en este documento final, previo a la obtención del título de Ingeniera en Ecosistemas, son absolutamente inéditos, originales, auténticos y personales.

En virtud de lo cual, el contenido, criterios, opiniones, resultados, análisis, interpretaciones, conclusiones, recomendaciones y todos los demás aspectos vertidos en la presente investigación son de mi autoría y de mi absoluta responsabilidad.

Tena, 05 de diciembre de 2022



Nayla Milena Nugra Ruiz

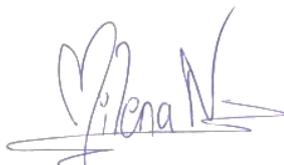
1400771182

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Yo, Nayla Milena Nugra Ruiz, con documento de identidad N° 1400771182, en calidad de autora y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación: MAPEO DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS COMO UNA HERRAMIENTA PARA LA PLANIFICACIÓN DEL PAISAJE: CASO DE ESTUDIO AECODES, de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN, reconozco a favor de la Universidad Regional Amazónica Ikiám una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Así mismo autorizo a la Universidad Regional Amazónica Ikiám para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación superior.

Tena, 05 de diciembre de 2022



Nayla Milena Nugra Ruiz

1400771182

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Certifico que el trabajo de integración curricular titulado: Mapeo de servicio ecosistémicos como una herramienta para la planificación del paisaje, en la modalidad de: artículo original, fue realizado por: Nayla Milena Nugra Ruiz, bajo mi dirección.

El mismo ha sido revisado en su totalidad y analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto, cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad Regional Amazónica Ikiám, para su entrega y defensa.

Tena, 05 de diciembre de 2022

Firma:



PhD. Pablo Rodrigo Cuenca Capa

C.C: 1714282801

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de titulación a mis padres Susana y Alfredo por su incondicional apoyo, esfuerzo y confianza para que pueda seguir con mi formación académica.

A mis hermanos Marvin, Belén y David por sus constante motivación y acompañamiento en este proceso.

A mi tío Rubén por ser un pilar fundamental a lo largo de toda mi carrera universitaria, quien me brindó su apoyo desmedido para avanzar con este logro.

A mis amigos, de manera especial a Linda, Lizeth y Richard por su amistad sincera, su motivación y aliento en esta etapa.

AGRADECIMIENTOS

Un agradecimiento sincero a mis profesores por su dedicación y entrega, quienes compartieron sus conocimientos y experiencias profesionales durante mi formación académica. A mi profesor y tutor Pablo Cuenca por su confianza, motivación y apoyo. Gracias por las enseñanzas y acompañamiento en este proceso.

Al proyecto de investigación ECU-MAES, por darme la oportunidad de hacer parte como tesista, por financiar esta investigación y permitirme fortalecer mis conocimientos.

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|---|-------------|
| CARÁTULA | |
| DECLARACIÓN DE DERECHOS DE AUTOR | ii |
| AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL ... | iii |
| CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN | |
| CURRICULAR | iv |
| DEDICATORIA | v |
| AGRADECIMIENTOS | vi |
| TABLA DE CONTENIDO | vii |
| ÍNDICE DE TABLAS | viii |
| ÍNDICE DE FIGURAS | ix |
| ÍNDICE DE ANEXOS | x |
| RESUMEN | xi |
| ABSTRACT | xii |
| DESARROLLO FORMATO ARTÍCULO | |
| Resumen | 1 |
| 1. Introducción | 1 |
| 2. Metodología | 4 |
| 2.1. Área de estudio | 4 |
| 2.2. Plataforma GISGAME | 6 |
| 2.2.1. Preparación de información espacial para GISGAME | 6 |
| 2.2.2. Encuesta semiestructurada para la identificación de servicios ecosistémicos representativos | 8 |
| 2.2.3. Análisis de Servicios Ecosistémicos en la plataforma GISGAME ... | 9 |
| 2.3. Zonas prioritarias para la conservación de recursos compartidos en AECODES | 10 |
| 3. Resultados | 13 |
| 3.1. Identificación de Servicios Ecosistémicos | 13 |
| 3.2. Evaluación de Servicios Ecosistémicos | 15 |
| 3.3. Zonas de priorización para la conservación | 16 |
| 4. Discusión | 19 |
| 4.1. Evaluación de Servicios Ecosistémicos | 19 |
| 4.2. Mapeo de Servicios Ecosistémicos en GISGAME | 20 |
| 4.3. Zonas para la conservación mediante el uso de SE y otros criterios de interés | 21 |
| 5. Conclusión | 22 |
| Referencias | 23 |
| Anexo A (Encuesta A1) | |
| Anexo B (Encuesta A2) | |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1: Servicios ecosistémicos más relevantes para AECODES identificados en la primera encuesta | 8 |
| Tabla 2: Valores de importancia de los servicios ecosistémicos más relevantes por categoría | 11 |
| Tabla 3: Matriz de evaluación de servicios ecosistémicos..... | 14 |
| Tabla 4: Comparación de áreas de las zonas de conservación | 18 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1: Zona de estudio, Área Ecológica de Desarrollo Sostenible Provincial de Pastaza (AECODES) | 4 |
| Figura 2: Enfoques metodológicos de la plataforma GISCAMÉ..... | 6 |
| Figura 3: Mapa de ecosistemas y cobertura del suelo de AECODES | 7 |
| Figura 4: Diagrama metodológico para la evaluación de SE en la plataforma GISCAMÉ..... | 10 |
| Figura 5: Diagrama metodológico para proyección de dos categorías de servicios ecosistémicos | 12 |
| Figura 6: Esquema metodológico para la creación del mapa de zonas prioritarias para la conservación de recursos compartidos | 13 |
| Figura 7: Nivel de provisión de servicios ecosistémicos en el área de estudio de acuerdo a la valoración de expertos..... | 15 |
| Figura 8: Mapas de la capacidad de provisión porcentual de servicios ecosistémicos en AECODES. | 16 |
| Figura 9: Mapas de comparación de zonas prioritarias para conservación en AECODES | 17 |

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: Encuesta A1. Formato de la primera encuesta para identificar los servicios ecosistémicos más relevantes para el Área Ecológica de Desarrollo Sostenible Provincial de Pastaza

ANEXO B: Encuesta A2. Formato de la segunda encuesta para evaluar la capacidad de los diferentes ecosistemas y cobertura del suelo para proveer servicios ecosistémicos.

RESUMEN

Los múltiples esfuerzos por conservar los bosques amazónicos dieron lugar a la creación del Área Ecológica de Desarrollo Sostenible Provincial de Pastaza (AECODES). Esta área contempla 2.541.836 de hectáreas que corresponde a más del 85% de todo el territorio de la provincia de Pastaza. Actualmente carece de un plan de manejo, por ello es importante el aporte de estudios que puedan contribuir en su planificación. El objetivo del presente estudio es conocer el estado actual de servicios ecosistémicos (SE) en AECODES para evaluar su influencia en la definición de potenciales zonas para la conservación. Se combinó el manejo de datos en SIG con valoraciones de expertos de la conservación. Esta interacción permitió identificar datos relevantes del estado actual de los SE en el área de estudio. Además, se realizó un análisis multicriterio para identificar zonas para la conservación multipropósito incluyendo dos categorías de servicios ecosistémicos. Los servicios de regulación fueron los más representativos en el área de estudio. Incorporar las variables de SE en la definición de las zonas para la conservación, influyó positivamente en la amplitud de la categoría prioritaria para la conservación. Los SE constituyen un componente sólido dentro de los procesos de planificación territorial y puede suponer un importante criterio para priorizar y optimizar el manejo de los recursos naturales.

Palabras clave: evaluación; análisis espacial; análisis multicriterio; conservación.

ABSTRACT

The multiple efforts to conserve the Amazonian forests led to the creation of the Ecological Area of Sustainable Development for the Province of Pastaza (AECODES). This ecological area covers more than 80% of the entire territory of the province of Pastaza. Currently, AECODES lacks a management plan, so it is important to provide studies that can influence its planning. The objective of this study is to understand the current state of ecosystem services (SE) in AECODES to evaluate their influence on the identification of potential areas for conservation. For the methodology, SIG data management was combined with assessments by conservation experts. This interaction made it possible to identify relevant data on the current scenario of the SEs in the study area. In addition, a multi-criteria analysis was carried out to identify areas for the conservation of shared resources including two categories of ecosystem services. Regulation services were the most representative in the study area. Incorporating the SE variables in the definition of conservation areas, positively influenced the extension of priority areas to conserve. The SE constitute a solid tool within the territorial planning processes and can be an important judgement to prioritize and optimize the management of natural resources.

Keywords: evaluation; spatial analysis; multicriteria analysis; conservation

1. INTRODUCCIÓN

Debido a la expansión de la frontera agrícola, la deforestación, la minería y demás actividades antrópicas, actualmente existen menos del 50 % de los bosques tropicales del mundo [1]. Estos bosques están experimentando alteraciones en su estructura y en la provisión de importantes funciones y servicios ecosistémicos (SE) [2]. La pérdida de bosques en los países tropicales plantea una amenaza para la biodiversidad, la estabilidad de los ecosistemas y el clima global debido a que son importantes sumideros de carbono, que contribuyen a ralentizar el cambio climático [2,3].

De acuerdo con la clasificación de Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) existen tres categorías de servicios ecosistémicos (SE): aprovisionamiento, regulación y mantenimiento, y cultural [4]. El servicio de aprovisionamiento cubre todos los productos nutricionales, no nutricionales y energéticos que obtenemos directamente de la naturaleza, abarcando sistemas vivos, así como productos abióticos (incluida el agua). El servicio de regulación y mantenimiento, implica todas las formas en que los organismos vivos pueden intervenir en el entorno ambiental y generan un impacto en la salud, la seguridad o el confort humano y comprende los procesos ecológicos para que estos se desarrollen. Por último, el servicio cultural, incluye todos los entornos naturales o seminaturales que contribuyen a la recreación y espiritualidad [5,6].

La Evaluación de Ecosistemas del Milenio se ha encargado de documentar la importancia de los servicios de los ecosistemas para el bienestar humano [5]. Los daños provocados en los ecosistemas naturales, debilitan su capacidad para proporcionar bienes y servicios vitales, no solo ambientales, sino también económicos y sociales [7]. En vista de su importancia y rol dentro de los sistemas socio ecológicos, los SE se consideran como un otro enfoque en la conservación [8–10]. Este enfoque podría convertirse en una importante faceta en la gestión de áreas protegidas, siempre y cuando se utilice una evaluación holística del ecosistema [11,12]. Generar conocimiento sobre las dinámicas de la relación entre los humanos y los ecosistemas de los que dependen, permitirá evaluar políticas y prácticas enfocadas a promover el bienestar humano mediante la mejora de SE [13].

Los cambios en la estructura del paisaje producen un efecto directo sobre los ecosistemas y sus procesos ecológicos [11,14,15]. La planificación del paisaje puede contribuir a minimizar los conflictos entre los cambios de uso de suelo y la necesidad de conservación, siempre y cuando se consideren datos ecológicos sólidos, una evaluación de los SE en el paisaje y se tome en cuenta los intereses colectivos y conocimientos sobre el manejo del territorio de la población local. preferencias y el conocimiento de la población local [16]. El éxito de las estrategias de planificación radica en el trabajo conjunto de los tomadores de decisiones, las partes interesadas y la población para definir de manera participativa e integral, objetivos y estrategias para el desarrollo sostenible [17].

En África se han realizado estudios basados en la perspectiva de SE, incluyendo el mapeo y cuantificación de servicios para la toma de decisiones. Koo, Kleeman y Fürst (2019) evaluaron el impacto de los cambios de uso de suelo sobre la provisión de SE en África occidental, donde la mayoría de su población se dedica a la agricultura. Este estudio permitió la identificación del estado actual de SE mediante la participación de actores locales y puso en consideración futuros escenarios que pueden ayudar a los tomadores de decisiones a adoptar medidas para frenar cambios irreversibles en el paisaje [18].

Las áreas protegidas han sido tradicionalmente la principal herramienta de conservación de la biodiversidad y de los ecosistemas a nivel global [19,20]. Como parte de las iniciativas del Gobierno de Ecuador para evitar la degradación de la naturaleza, se implementaron estrategias de conservación como el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP) en el año 1976 y Proyecto Socio Bosque (PSB) en el año 2008 [21]. SNAP es el conjunto de áreas naturales protegidas que garantizan la cobertura y conectividad de ecosistemas importantes en los niveles terrestre, marino y marino-costero [9]. Actualmente el 19,41% del territorio nacional se encuentra dentro de este sistema de protección [22]. El SNAP está conformado por cuatro subsistemas: Subsistema Patrimonio de Áreas Naturales del Estado (PANE), Subsistema Autónomo Descentralizado, Subsistema de Áreas Protegidas Comunitarias, Indígenas y Afroecuatorianas y Subsistema de Áreas Protegidas Privadas [23].

Las Áreas de Conservación Uso Sustentable (ACUS) son áreas de importancia local creadas por los Gobiernos Autónomos Descentralizados, comunidades o propietarios privados, con la finalidad de conservar la biodiversidad y desarrollo de actividades

sustentables para garantizar el mantenimiento de los servicios ecosistémicos que contribuyen a la vida humana [24]. Un ACUS puede mantenerse bajo esta categoría o puede optar por convertirse en un área protegida declarada dentro del SNAP por la Autoridad Ambiental Nacional, previo el cumplimiento de los requisitos correspondientes [24].

Por otra parte, el Proyecto Socio Bosque (SB) se creó con el objetivo de conservar formaciones vegetales nativas en propiedad privada a través de incentivos económicos [21]. Alrededor el 89% del proyecto, corresponde a predios comunitarios, en su mayoría amazónico [25]. A pesar de constituir una buena estrategia para limitar la pérdida de bosques a nivel privado, SB tiene un periodo de duración de 20 años [21].

En la región amazónica, la superficie de áreas protegidas por el SNAP abarca una extensión de 3.27 millones de hectáreas [22]. La provincia de Pastaza es la provincia más grande de esta región y solo el 12,6 % de su territorio se encuentra bajo protección del SNAP [22]. El gobierno provincial de Pastaza en el año 2017 estableció la creación del Área Ecológica de Desarrollo Sostenible Provincial de Pastaza (para el presente estudio lo denominaremos AECODES) como una estrategia local para la conservación, la cual comprende 2.541.836 hectáreas que representan más del 85% del territorio de la provincia de Pastaza [26] y abarca múltiples ecosistemas en toda su extensión, incluidos algunos catalogados como vulnerables [27]. Esta área tiene como finalidad proteger y restaurar ecosistemas frágiles, promover una planificación articulada hacia el ordenamiento territorial y reconocer las categorías de protección territorial determinadas por las comunidades indígenas ancestrales. Se seleccionó a AECODES como área de estudio porque aquí convergen áreas altamente vulnerables al cambio de uso de suelo y áreas con altos índices de biodiversidad [16]. AECODES es parte de los importantes hotspots de diversidad del mundo y actualmente es una de las mayores áreas de bosque conservado en todo el Ecuador [26]. Este territorio es además el hogar de siete diferentes nacionalidades indígenas del Ecuador, por lo que convergen una gran diversidad ecológica y cultural [26].

AECODES carece de un plan de manejo que garantice su gestión y el cumplimiento de los objetivos de su creación. Definir desde sus inicios buenas bases para su manejo, como áreas para conservación desde una perspectiva holística que incluya un enfoque de SE, puede constituir un instrumento clave para garantizar el éxito del sistema de protección. El objetivo del presente estudio es evaluar y mapear SE en AECODES; y

determinar la influencia de los SE espacialmente explícitos en la definición de potenciales zonas para la conservación en AECODES. La presente investigación se ha planteado la siguiente interrogante: ¿Cómo influyen el mapeo y evaluación de los servicios ecosistémicos en la planificación espacial de AECODES?

2. METODOLOGÍA

2.1. Área de estudio

El estudio se realizó en el Área Ecológica de Desarrollo Sostenible Provincial de Pastaza (AECODES), localizada en el centro de la Amazonía ecuatoriana. Limita al Noreste con Yasuní, una de las áreas protegidas más importantes del Ecuador y al Oeste con el área protegida de Llanganates (Figura 1).

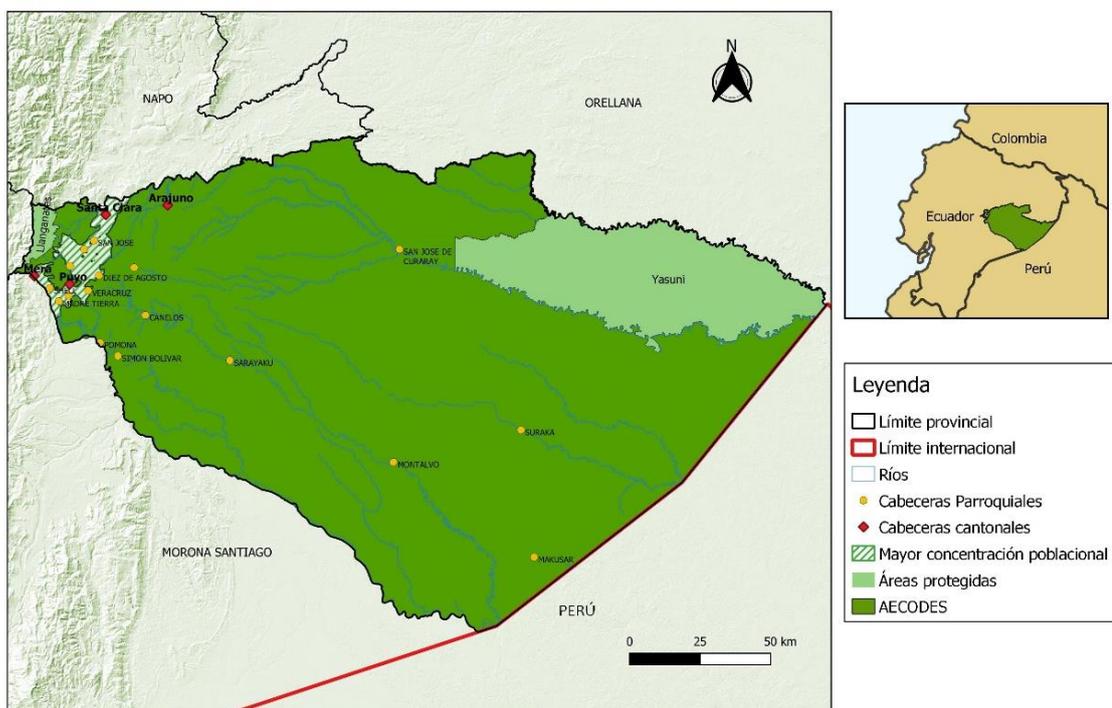


Figura 1. Zona de estudio, Área Ecológica de Desarrollo Sostenible Provincial de Pastaza (AECODES).

Realizado por: Nugra, Milena, 2022

Fuente: GADPPz

Aproximadamente el 90% de su territorio corresponde a bosque nativo por lo cual se considera como un área con alto nivel de conservación [19]. En esta zona habitan siete de las 14 nacionalidades indígenas del Ecuador (Shuar, Achuar, Kichwa, Zápara, Andoa, Shiwiar y Waorani) a las cuales se les asocia con el alto porcentaje de conservación del bosque [28]. Gran parte de los territorios indígenas de AECODES, están vinculados al Proyecto Socio Bosque (PSB).

AECODES cuenta con tres importantes cuencas hidrográficas: Pastaza, Tigre y Napo que, a su vez, forman parte de la cuenca del río Amazonas. Provee zonas de recarga hídrica para el abastecimiento de agua potable para toda la provincia de Pastaza. Por otra parte, en el área se ejecutan actividades extractivistas y antrópicas que pueden vulnerar la conservación de ciertas zonas del territorio. Por ejemplo, en el área se encuentran 21 campos petroleros en procesos de explotación, concesiones mineras, extracción maderera, entre otros potenciales motores de deforestación [26].

2.2. Plataforma GISCAME

GISCAME es una plataforma en línea operada por PiSolution GmbH y que se ha desarrollado en conjunto con universidades, institutos de investigación y científicos de Alemania [29]. Este programa permite realizar simulaciones y evaluar cambios en el uso de suelo, integrando información local, datos estadísticos, resultados de modelos, criterio de expertos y conocimiento empírico. GISCAME considera el paisaje como eje integrador de los distintos usos de suelo, los procesos de los ecosistemas y sus usuarios, convirtiéndolo en una importante herramienta para la planificación del territorio [29].

La interfaz de GISCAME es interactiva, posee diferentes módulos (Figura 2), que permite procesar datos desde diferentes enfoques (planificación, evaluación, proyección). GISCAME es un sistema altamente funcional para institutos de investigación, municipios e instituciones educativas.

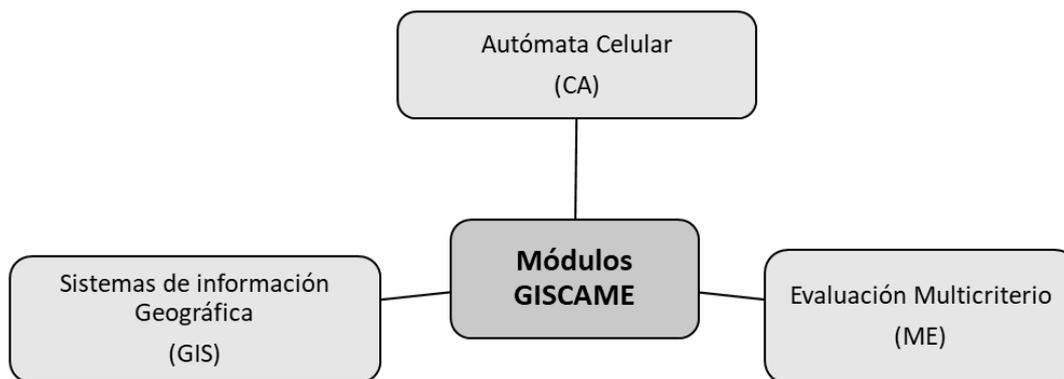


Figura 2. Enfoques metodológicos de la plataforma GISCAME.

Realizado por: Nugra, Milena, 2022

Fuente: Adaptado del manual de GISCAME.

2.2.1. Preparación de información espacial para GISCAME

Los patrones de cobertura del suelo representan la información base para este análisis de SE. Se utilizaron los datos de ecosistemas 2012 [30] y de uso de suelo 2018 obtenidos del Sistema Único de Información Ambiental (SUIA) que corresponden a las bases de datos más actuales disponibles para estas variables. Estos datos se procesaron en el programa QGIS 3.20 con sistema de coordenadas WGS 84 / UTM zona 17S. Se realizó una fusión entre estas dos capas (uso suelo 2018 y ecosistemas 2012) y se obtuvo una capa general de tipos de ecosistemas y cobertura del suelo a la cual se le añadió una nueva columna para unificar los atributos de interés (tipo de ecosistema y cobertura de suelo). Debido a la baja representatividad espacial de ciertos ecosistemas en la superficie de AECODES, se realizó un reagrupamiento mediante consulta a expertos en temas de ecosistemas y literatura [30]. Para el reagrupamiento, se reclasificaron los atributos de las capas rasterizadas, obteniendo un total de 12 tipos de ecosistemas y cobertura de suelo. Estos datos fueron transformados a un formato compatible con la interfaz de GISCAME.

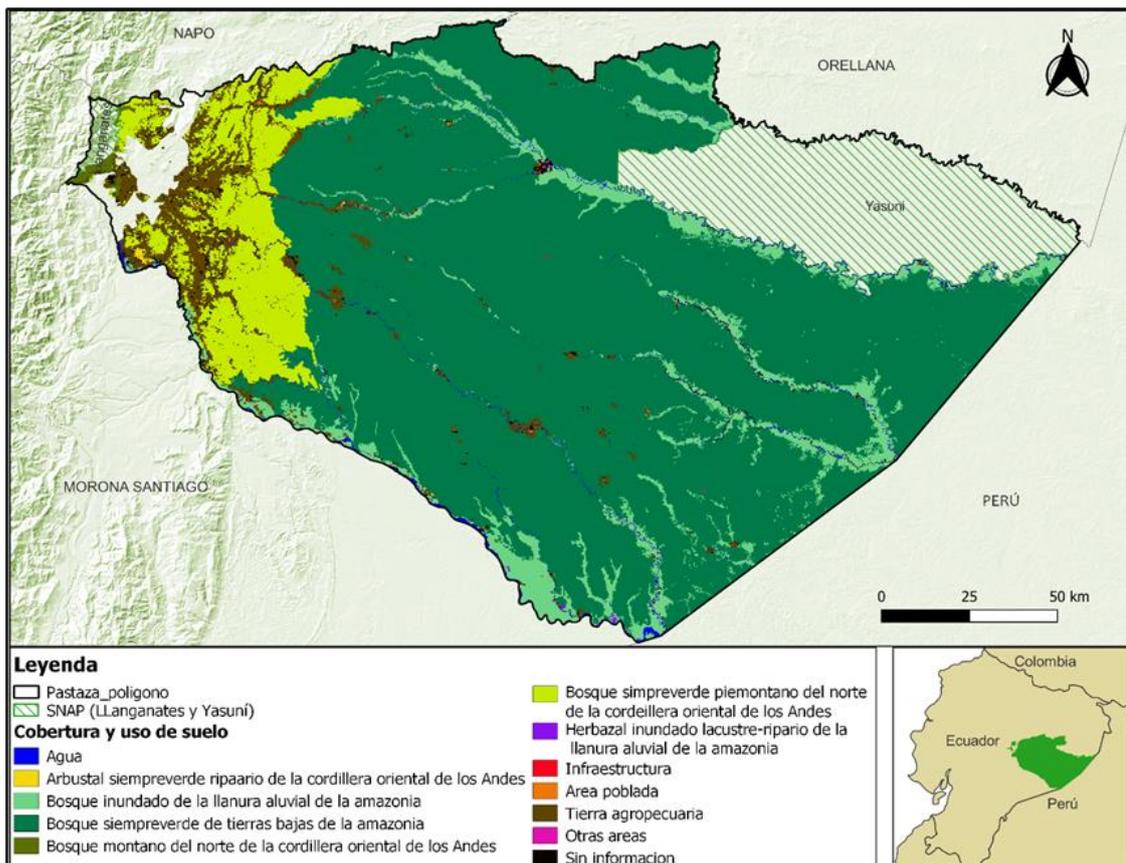


Figura 3. Mapa de ecosistemas y cobertura del suelo de AECODES.

Realizado por: Nugra, Milena, 2022

Fuente: SUIA / Escala 1: 100 000

La información de los tipos de ecosistemas y cobertura del suelo debe ser de tipo ráster en formato ASCII. Con el objetivo de cargar el mapa en GISCAM, se creó una tabla de cuatro columnas en formato .csv que incluyó: un código hexadecimal para definir el color de los atributos, una descripción corta, una descripción larga u observación y un número de identificación para cada tipo de ecosistema y cobertura del suelo.

2.2.2. Encuesta semiestructurada para la identificación de servicios ecosistémicos representativos

Siguiendo a Koo et al. (2018), se realizaron encuestas semiestructuradas en dos etapas dirigidas a expertos y/o profesionales de la conservación pertenecientes a Gobiernos Autónomos Descentralizados (GADs) cantonales y provincial de Pastaza, ONGs y entidades gubernamentales como el MAATE (Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica) y STCTEA (Secretaría Técnica de la Circunscripción Territorial Amazónica). En este estudio definimos como expertos a profesionales con más de 8

años de experiencia en temas ambientales, recursos naturales, biodiversidad y conservación. Se estableció un primer contacto con los expertos a través de llamadas telefónicas, correo electrónico y de manera presencial para determinar si podían aportar al estudio. Además, se aplicó el método de bola de nieve [31] para ampliar la red de contactos y poder seleccionar a los expertos que participaron en las encuestas.

La primera encuesta se realizó a 24 expertos con el fin de identificar los servicios ecosistémicos más relevantes en nuestra área de estudio (Encuesta A1 en Anexos). La encuesta abarcó los servicios ecosistémicos de aprovisionamiento, regulación y mantenimiento, así como servicios culturales de acuerdo con la clasificación establecida por CICES [4]. Para la evaluación de los servicios se empleó la escala de Likert, con la cual se solicitó a los participantes que asignen valores desde 0 (ninguna importancia) hasta 5 (muy importante) a cada opción. Los valores resultantes de los SE evaluados, fueron promediados y se escogieron los servicios que presentaban valores iguales o mayores a 4,25 (Tabla 1).

Tabla 1. Servicios ecosistémicos más relevantes para AECODES identificados en la primera encuesta.

| Clasificación | Servicios Ecosistémicos (SE) |
|----------------------|---------------------------------------|
| Aprovisionamiento | Alimentos |
| | Material genético de toda la biota |
| | Agua potable |
| Regulación | Regulación de la calidad del aire |
| | Regulación del flujo de agua |
| | Polinización y dispersión de semillas |
| | Regulación del microclima |
| Cultural | Educación Ambiental |

Realizado por: Nugra, Milena, 2022

En cuanto a la segunda encuesta (Encuesta A2 en Anexos), se pidió a los mismos expertos evaluar la capacidad de cada tipo de ecosistemas y cobertura del suelo para proporcionar los SE identificados en la primera encuesta (Tabla 1). Esta encuesta se dividió en las tres categorías de SE definidas por CICES y los rangos de evaluación fueron desde cero (capacidad mínima para proporcionar los SE específicos) hasta 10 (capacidad máxima para proporcionar los SE específicos). En la categoría de servicios culturales, se añadió una subcategoría de biodiversidad para ser evaluada por los expertos y conocer su porcentaje de significancia en el área debido a que esta no se

encuentra definido en la clasificación de CICES. Sin embargo, por su relevancia en el área de estudio, fue incluida para la evaluación en la segunda encuesta.

Los resultados obtenidos fueron indicadores de la capacidad individual de los tipos de ecosistemas y cobertura del suelo para proveer cada uno de los SE analizados. Para el ajuste de los datos, se utilizó un proceso de normalización empleando la siguiente fórmula [29]:

$$Inorm = \frac{I - Imin}{Imax - Imin} * 100$$

en donde I representa el indicador, Imin e Imax representan los valores menores y mayores de cada indicador de cobertura y uso de suelo. Como resultado se obtuvieron valores que fluctúan entre 0 -100 (Inorm) de acuerdo a su potencial para suministrar los servicios evaluados. Con estos valores se creó una matriz de evaluación en la cual en el eje x se enlistan los SE y en el eje y se encuentran los diferentes tipos de ecosistema y cobertura del suelo.

2.2.3. Análisis de Servicios Ecosistémicos en la plataforma GISCAMÉ

Los diferentes tipos de ecosistemas y cobertura del suelo, constituyen la base de la evaluación de servicios ecosistémicos en GISCAMÉ. Una vez incorporada la información del mapa de ecosistemas y cobertura del suelo en GISCAMÉ, se importó el archivo .csv de la matriz de evaluación. El potencial de provisión de los ocho servicios analizados, se proyectó en un gráfico de araña y en mapas individuales.

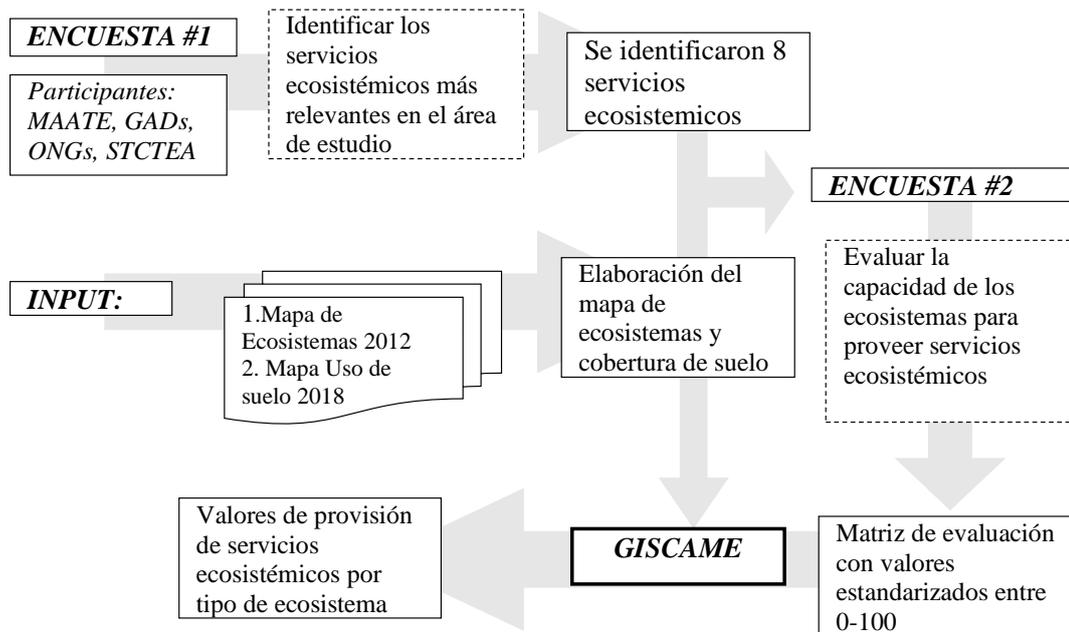


Figura 4. Diagrama metodológico para la evaluación de SE en la plataforma GISCAMÉ. **Realizado por:** Nugra, Milena, 2022

2.3. Zonas prioritarias para la conservación de recursos compartidos en AECODES

La definición de las zonas prioritarias se fundamentó en la interacción de 6 variables. Para el modelamiento se emplearon las capas de: ecosistemas y cobertura de suelo, pendiente, zonas de recarga hídrica (ZRH), áreas de mayor importancia para la biodiversidad del Ecuador [16] y dos categorías de servicios ecosistémicos (aprovisionamiento y regulación). Estas variables fueron seleccionadas con base en los objetivos de creación de AECODES. No se incluyeron los servicios culturales debido a que se encuentra definido un solo servicio en esta categoría y por ende no fue representativo para el análisis.

Para poder usar la data de servicios ecosistémicos, se tuvo que realizar un proceso análogo al que realiza GISCAMÉ en la proyección de los SE, para adaptar sus resultados a un formato compatible con el programa ArcMap en el cual se desarrolló el modelo (Figura 4). Con la herramienta “calculadora ráster” del álgebra de mapas, se sumaron los servicios pertenecientes a cada categoría empleando la siguiente ecuación:

$$(SE1 * a) + (SE1 * b) + (SE1 * c) = \text{Mapa de aprovisionamiento}$$

Los valores a, b y c corresponden a las ponderaciones de cada servicio y fueron obtenidos de los resultados de la primera encuesta descrita en la sección 2.2.2 (Tabla 2). SE1, SE2 y SE3 representan cada uno de los servicios definidos para cada categoría. Se aplicó el mismo principio para obtener el mapa de regulación.

Tabla 2. Valores de importancia de los servicios ecosistémicos más relevantes por categoría.

| Categoría de SE | Ráster | Promedio | Ponderación |
|------------------------|---------------------------------------|-----------------|--------------------|
| Aprovisionamiento | Alimentos | 4.458 | 33 |
| | Material genético de toda la biota | 4.36 | 33 |
| | Agua potable | 4.52 | 34 |
| TOTAL: | | 13.338 | 100 |
| Regulación | Regulación de la calidad del aire | 4.5 | 26 |
| | Regulación del flujo de agua | 4.25 | 24 |
| | Polinización y dispersión de semillas | 4.36 | 25 |
| | Regulación del microclima | 4.36 | 25 |
| TOTAL: | | 17.47 | 100 |

Realizado por: Nugra, Milena, 2022

Toda la información geográfica empleada para definir las zonas de conservación fue normalizada. Los atributos de las capas fueron reclasificados con valores de 1,5,10 25,50, 75 y 100 de acuerdo a su grado de influencia para estandarizar sus valores y que sean comparables. Por ejemplo, la variable pendiente, está relacionado con el grado de erosión del suelo. Se definieron cuatro intervalos para evaluar esta variable en donde valores más altos de pendiente se consideraron óptimos para la conservación (100) y valores bajos se asociaron al aprovechamiento agrícola u otros usos (1). Por otro lado, en cuanto a los ecosistemas y cobertura de suelo, a las variables con mayor interés de conservación como cuerpos de agua y bosques, se les asignó un valor de 100. Las variables con un menor interés de conservación como los herbazales, se les asignó un valor de 75 y a las variables como infraestructura, área poblada y otras áreas, se le asignó el valor más bajo de 1. Con los atributos reclasificados de las capas, se procedió a sumar estos rásters aplicando nuevamente el álgebra de mapas.

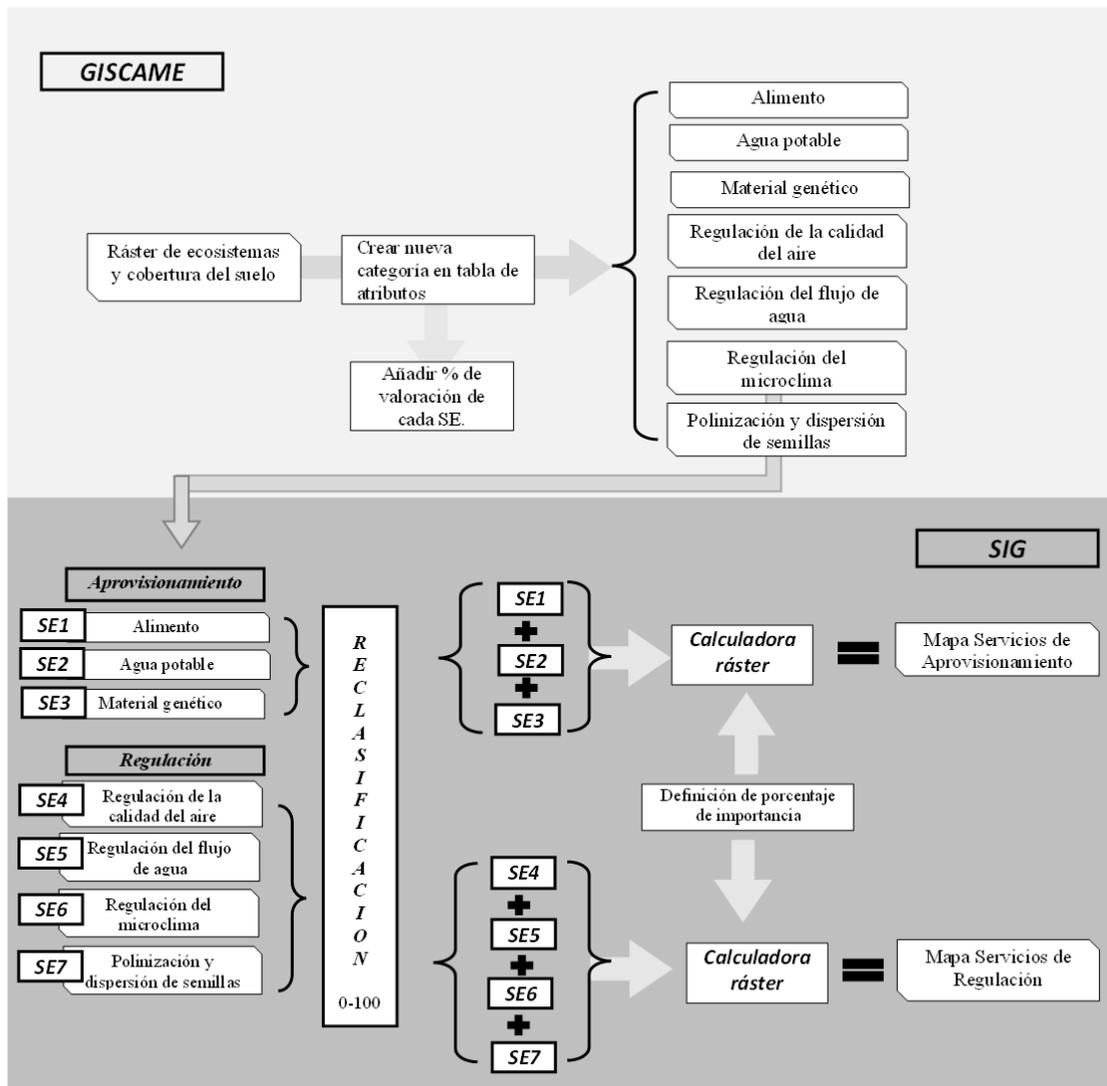


Figura 5. Diagrama metodológico para proyección de dos categorías de servicios ecosistémicos.

Realizado por: Nugra, Milena, 2022

El mapa resultante fue reclasificado en cuatro categorías definidas por intervalos: no prioritaria (1-20), adecuada (21-40), muy adecuada (41-60) y prioritaria (mayores de 60) siendo esta última categoría la de mayor peso para efectuar actividades de conservación. Se realizaron dos corridas de los datos. En la primera sólo se consideraron cuatro de las seis variables excluyendo las dos capas de servicios ecosistémicos tanto de aprovisionamiento como de regulación y en la segunda proyección, se incluyeron los servicios. La intención de realizar estos 2 mapas fue proyectar y analizar la influencia que tienen los servicios ecosistémicos en el rango de proyección de las zonas prioritarias para conservar.

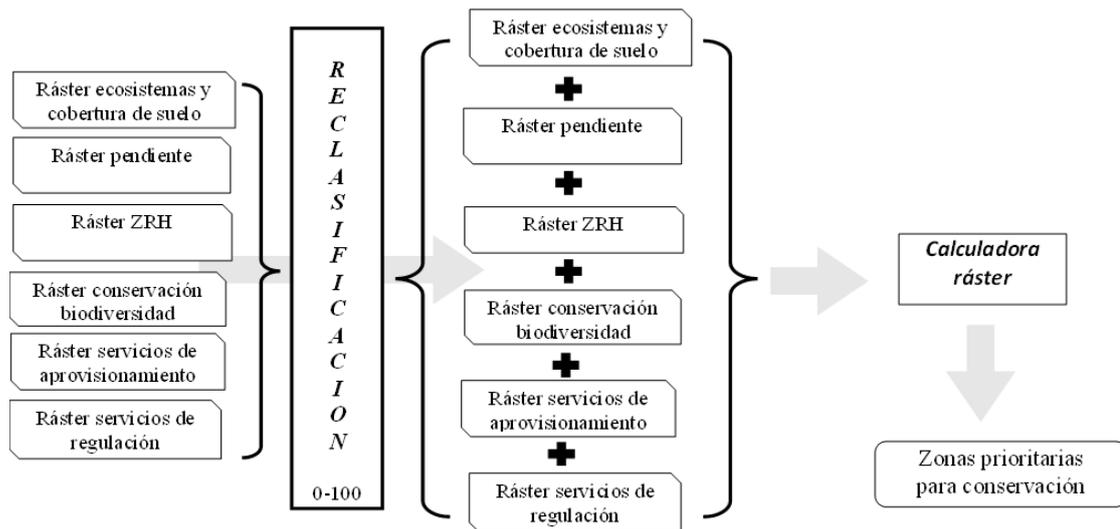


Figura 6. Esquema metodológico para la creación del mapa de zonas prioritarias para la conservación de recursos compartidos.

Realizado por: Nugra, Milena, 2022

3. RESULTADOS

3.1. Identificación de Servicios Ecosistémicos

Con base a las encuestas semiestructuradas, se identificaron 8 de 21 servicios ecosistémicos como más relevantes para nuestra área de investigación. Los servicios de regulación fueron los más predominantes con cuatro servicios en esta categoría, seguidos de los servicios de aprovisionamiento y culturales con tres y un servicio respectivamente (Tabla 1). Los servicios con mayores ponderaciones de importancia identificados en la primera encuesta fueron los servicios de la categoría de aprovisionamiento. De todos los servicios identificados como relevantes, el servicio de aprovisionamiento de agua potable fue el que mayor puntuación tuvo en la escala de Likert con un valor de 4,52.

Los ecosistemas: boques siempreverde piemontano del norte de la cordillera oriental de los Andes, siempreverde montano del norte de la cordillera oriental de los Andes y siempreverde de tierras bajas de la amazonia presentaron un mayor potencial para proporcionar diversos SE (Tabla 3). El bosque siempreverde piemontano del Norte de la cordillera oriental de los Andes presentó las valoraciones más altas de cuatro

servicios. Los servicios mejor puntuados en este ecosistema fueron aprovisionamiento de material genético y todos los cuatro servicios de regulación evaluados (Tabla 3). El servicio de aprovisionamiento de agua potable presentó el valor más alto en el bosque siempreverde montano del Norte de la cordillera oriental de los Andes (Tabla 3), el cual está distribuido en las zonas más altas de AECODES. El servicio cultural de educación ambiental presentó sus mayores valores de provisión en los tipos de ecosistemas agua, bosque siempreverde montano del norte de la cordillera oriental de los Andes y bosque siempreverde piemontano del norte de la cordillera oriental de los Andes, al igual que biodiversidad.

Tabla 3. Matriz de evaluación de servicios ecosistémicos

| Tipo Ecosistema | Alimento | Agua Potable | Material genético | Regulación de la calidad del aire | Regulación del flujo de agua | Polinización y dispersión de semillas | Regulación del macro clima | Educación Ambiental |
|---|----------|--------------|-------------------|-----------------------------------|------------------------------|---------------------------------------|----------------------------|---------------------|
| Agua | 75 | 72 | 66 | 68 | 72 | 68 | 78 | 80 |
| Arbustal siempreverde ripario de la cordillera oriental de los Andes | 69 | 69 | 74 | 77 | 79 | 79 | 77 | 77 |
| Bosque inundado de la llanura aluvial de la Amazonia | 66 | 62 | 76 | 78 | 74 | 80 | 76 | 74 |
| Bosque siempreverde de tierras bajas de la Amazonia | 72 | 62 | 76 | 80 | 78 | 83 | 82 | 78 |
| Bosque siempreverde montano del norte de la cordillera oriental de los Andes | 66 | 74 | 77 | 80 | 80 | 82 | 84 | 79 |
| Bosque siempreverde piemontano del norte de la cordillera oriental de los Andes | 73 | 66 | 77 | 83 | 83 | 83 | 84 | 79 |
| Herbazal inundado lacustre-ripario de la llanura aluvial de la Amazonia | 58 | 53 | 70 | 75 | 76 | 71 | 73 | 78 |
| Infraestructura | 46 | 43 | 46 | 40 | 47 | 39 | 45 | 58 |
| Área poblada | 54 | 53 | 48 | 46 | 45 | 41 | 48 | 66 |
| Tierra Agropecuaria | 75 | 50 | 56 | 51 | 54 | 55 | 57 | 55 |

Realizado por: Nugra, Milena, 2022

3.2. Evaluación de Servicios Ecosistémicos

Los servicios ecosistémicos evaluados presentaron tendencias de distribución semejantes entre ellos (Figura 7 y 8). La mayor parte de los porcentajes de provisión oscilan entre 70 y 79, a excepción de la biodiversidad que obtuvo un mayor porcentaje (82%) y agua potable el servicio con menor porcentaje de provisión con un 60% (Figura 7). Los servicios de regulación de la calidad de aire, regulación del flujo de agua, polinización y regulación del macro clima presentan valores que van desde el 75 hasta 79 % de capacidad de provisión (Figura 7).



Figura 7. Nivel de provisión de servicios ecosistémicos en el área de estudio de acuerdo a la valoración de expertos.

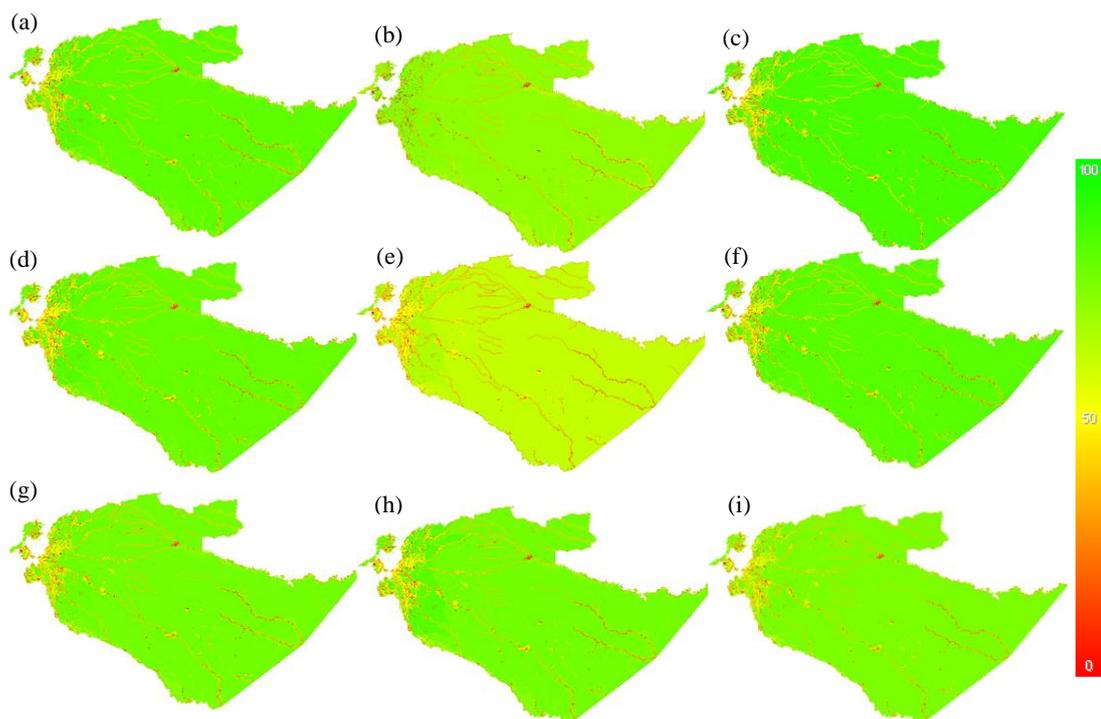


Figura 8. Mapas de la capacidad de provisión porcentual de servicios ecosistémicos en AECODES. (a) Regulación del macro clima; (b) Alimento; (c) Biodiversidad; (d) Regulación de la calidad del aire; (e) Agua potable; (f) Polinización y dispersión de semillas; (g) Educación ambiental; (h) Regulación del flujo de agua; (i) Material genético.

De los SE evaluados, se obtuvieron 9 mapas individuales para entender su distribución y configuración espacial (Figura 8). La rampa de color de la Figura 8 simbolizó el gradiente porcentual de presencia de un SE en donde el color rojo representó la ausencia de un SE en el mapa y las diferentes variantes de color verde, proyectaron la presencia del SE. El servicio cultural de educación ambiental y el servicio de regulación del flujo de agua presentaron el mismo valor de provisión de 75%. Esta relación se proyectó en la similitud del gradiente de color en los mapas (Figura 8g y Figura 8h). En cuanto al servicio de aprovisionamiento de agua potable, su distribución fue bastante limitada en la llanura aluvial amazónica, situándose principalmente en la zona oeste de AECODES que se encuentra cercano a la cordillera de los Andes.

3.3. Zonas de priorización para la conservación

Las zonas de priorización tuvieron una perspectiva de conservación multipropósito debido a las variables de alta importancia para la conservación y funcionalidad de los ecosistemas que se incluyeron en este estudio. El mapa de la Figura 9a fue el resultado

de la interacción de las capas de: pendiente, zonas de recarga hídrica, ecosistemas y cobertura del suelo y biodiversidad. Las categorías presentaron un patrón de distribución heterogéneo. La zona no prioritaria se ubicó principalmente en la parte noreste del área de estudio, en las cercanías del sector más poblado de la provincia de Pastaza. La disposición de esta zona coincidió con las áreas destinados a actividades agrícolas, validando su nivel no prioritario para conservación. La zona adecuada fue la más abundante y se distribuyó a lo largo de todo el territorio. Esta zona abarcó un 85,86% (Tabla 4) del área total de AECODES.

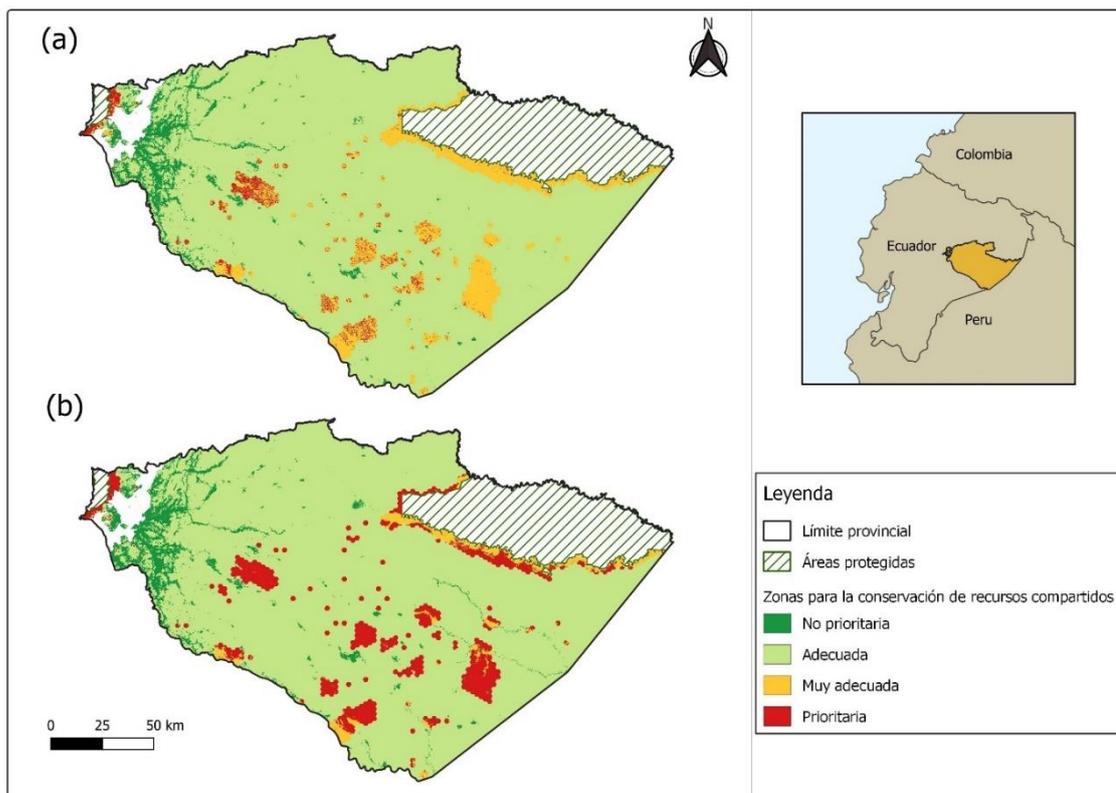


Figura 9. Mapas de comparación de zonas prioritarias para conservación en AECODES. (a) Sin incluir categorías de SE; (b) Incluyendo las categorías de aprovisionamiento y regulación de SE.

Fuente: IGM, MAATE, GADPPz

Realizado por: Nugra, Milena, 2022

Por otra parte, la zona muy adecuada se situó principalmente en la parte centro-sur y este de AECODES. Ciertos fragmentos de esta categoría, se ubicaron en las cercanías a la provincia de Morona Santiago y Yasuní. La zona prioritaria para la conservación fue la zona menos abundante. Esta categoría se localizó principalmente en las cercanías de Llanganates. Otros fragmentos más pequeños de la zona prioritaria se ubicaron en la parte central y sur del área de estudio.

Tabla 4. Comparación de áreas de las zonas de conservación.

| ID | Categoría | Sin SE | | Con SE | |
|----|----------------|-----------|--------|-----------|--------|
| | | Área (ha) | % Área | Área (ha) | % Área |
| 1 | No prioritaria | 105859 | 4,19 | 125409 | 4,96 |
| 2 | Adecuada | 2171900 | 85,89 | 2156020 | 85,26 |
| 3 | Muy adecuada | 208318 | 8,24 | 57829,3 | 2,29 |
| 4 | Prioritaria | 42580,8 | 1,68 | 189385 | 7,49 |

Realizado por: Nugra, Milena, 2022

La disposición de las cuatro zonas de conservación de la Figura 9a, cambió al incluir 2 nuevos criterios de evaluación (SE de aprovisionamiento y SE de regulación). La zona no prioritaria para la conservación, presentó un ligero incremento sobre todo en la parte oeste del territorio, así como en pequeños fragmentos de la parte este de AECODES. La zona adecuada mantuvo una amplia distribución a lo largo de todo el territorio. En el sector noroeste del área mostró una menor interacción con otras zonas, en comparación al resto del territorio. La zona muy adecuada presentó pequeños fragmentos distribuidos en la parte noroeste y centro sur del área de estudio y fue la más limitada en este resultado. La zona prioritaria se posicionó a lo largo de todo AECODES, principalmente en la parte noroeste, centro-sur, y en la parte noreste. Esta categoría prioritaria, la cual tiene mayor interés para la conservación, representó el 7,49% de toda el área de estudio, siendo la segunda categoría más abundante después de la zona adecuada (Tabla 4).

La zona muy adecuada (Figura 9a) presentó un valor de 8,24% del total del área de estudio mientras al incluir variables de SE en el mapa, esta zona disminuyó drásticamente a 2,29% por la expansión de las zonas prioritarias (Figura 9b y Tabla 4). Estas variaciones en los porcentajes de las zonas de conservación y los mapas de la Figura 9, reflejan que la zona muy adecuada cambió a prioritaria al incluir las variables de SE. Sin embargo, las zonas no prioritarias y adecuadas, no presentaron cambios significativos en su estructuración. La presencia de SE constituyó un criterio altamente influyente en la definición de las zonas prioritarias para la conservación.

4. DISCUSIÓN

4.1. Evaluación de Servicios Ecosistémicos

Los análisis multicriterio para la evaluación de SE constituyen una herramienta importante para la planificación del territorio [32–34]. Los resultados de este estudio permitieron obtener un escenario base del estado actual de los SE en AECODES. La vinculación del conocimiento de expertos de diferentes instituciones constituyó un instrumento práctico y holístico para la identificación y valoración de SE. Autores como Kopperoinen et al. (2014), Koo et al. (2019) y Ramirez-Gomez et al. (2015) resaltan la importancia de la participación de diferentes actores en la gestión del suelo y para la evaluación del potencial de provisión de SE en un paisaje [18,35,36].

En cuanto a la valoración de SE, la categoría de servicios culturales fue la menos relevante identificada por los expertos, considerando únicamente el servicio de educación ambiental como prioritario. La variación en el número de SE identificados por categoría, puede estar asociado a la falta de inclusión de más grupos de actores como representantes de comunidades, que por temas de accesibilidad al territorio no se incluyeron en el estudio. Además, sería importante incluir expertos en temas de manejo hídrico y áreas sociales, para abarcar otros criterios y expandir el número de encuestados. Ampliar la gama de expertos puede ayudar a contrarrestar este tipo de distribución de los SE. Dunn (2007) manifiesta que usar enfoques más participativos para el mapeo de SE es esencial para una buena gestión de los recursos [37]. La participación compartida en los procesos de toma de decisiones es útil al momento de establecer prioridades para la resolución de conflictos referentes al manejo y uso de la tierra [15,36].

Se identificaron las relaciones de los diferentes tipos de ecosistemas y cobertura de suelo y su capacidad para provisionar SE en AECODES. Los servicios de aprovisionamiento de material genético, biodiversidad y los cuatro servicios de regulación estuvieron asociados al bosque siempreverde montano del norte de la cordillera oriental de los Andes. Las encuestas a los expertos fueron útiles para espacializar estas relaciones entre los ecosistemas y la capacidad de proveer servicios, así como buscar opciones óptimas para gestión y manejo.

4.2. Mapeo de Servicios Ecosistémicos en GISCAMÉ

De los ocho servicios ecosistémicos identificados, el servicio de aprovisionamiento de agua potable fue reconocido como el servicio de mayor relevancia para el área de estudio. Este resultado es consistente con el estudio Mateus (2014), en donde los expertos consideraron al servicio de aprovisionamiento de agua potable como el más importante para la planificación municipal debido a que se asocia directamente al bienestar de la población [27]. Sin embargo, a pesar de contar con grandes fuentes de recursos hídricos, el servicio de aprovisionamiento de agua potable fue el de menor grado de provisión en el área. Esta afirmación coincide con lo reportado por la FAO Colombia, quienes reportan que, en el departamento de Amazonas, pese a que cuenta con una alta disponibilidad de recursos hídricos (ríos, lagos y lagunas) y una precipitación media multianual de 2 800 a 3 200 mm, el departamento del Amazonas no goza de un suministro adecuado y suficiente de agua potable [38]. El servicio de aprovisionamiento de agua potable presentó un mayor nivel de provisión en bosque siempreverde montano del norte de la cordillera oriental de los Andes. De acuerdo con el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica de Ecuador, este ecosistema se incluye en la categoría global de bosques nublados los cuales tienen la capacidad de interceptar el agua de la niebla e influir en el balance hídrico [25,33]. Además, la distribución de este servicio se relaciona con las zonas de recarga hídrica establecidas en la provincia [26].

Los expertos de la conservación reconocieron a los SE de regulación como los más relevantes para AECODES. Los servicios de regulación del clima, polinización y dispersión de semillas fueron los servicios con mayor capacidad de provisión en esta categoría. Estos resultados son consistentes con los resultados de Alamgir et al (2016) en donde se demostró que la mayoría de los servicios ecosistémicos de regulación y aprovisionamiento se encuentran en las selvas tropicales [39]. De acuerdo con López et al. (2013) los bosques amazónicos poseen un alto valor no solo a nivel de diversidad biológica, sino también por su importancia en la regulación del clima [40].

La zona este de AECODES presentó los mayores valores de provisión de SE en general. Este resultado puede estar asociado a la interacción de los poblados indígenas de la provincia de Pastaza con el bosque [28]. Un estudio realizado en la Amazonía de Brasil resaltó que las tierras indígenas son la barrera más importante contra la deforestación y la protección del bosque [41].

4.3. Zonas para la conservación mediante el uso de SE y otros criterios de interés

A pesar del actual incremento en la investigación sobre SE, aún existen muchos vacíos y desafíos para incorporar estructuralmente los SE en la planificación y gestión del paisaje [11,42]. El uso y manejo de la tierra influye en las propiedades, los procesos y los componentes de los ecosistemas que son la base de la prestación de SE [15]. Por lo tanto, un cambio en el uso o la gestión de la tierra provocará un cambio en la oferta de servicios [11]. Generar planes o estrategias de conservación para el mantenimiento de los SE es determinante dentro del ordenamiento territorial [43].

Las variables de SE ampliaron las zonas prioritarias para la conservación. Gran parte de las zonas muy adecuadas para la conservación al incluir las variables de SE, cambiaron a zonas prioritarias. Esto resalta la influencia que los SE pueden tener sobre la planificación del territorio al ampliar los esfuerzos de conservación de un área determinada. Este resultado es consistente con el trabajo de Tezer et al (2020) en cual señala que no incluir SE en los análisis de idoneidad del suelo para futuros usos, puede comprometer el éxito de las estrategias de manejo integral del suelo [33]. Incluir múltiples variables (biodiversidad, SE y ZRH) en las estrategias de conservación del territorio, puede significar mejores resultados en la consolidación de estas estrategias. De acuerdo con Manhaes et al (2016), es posible que los SE no se conserven de manera efectiva en áreas protegidas que fueron definidas únicamente sobre la base de la biodiversidad [12].

La ampliación de las zonas prioritarias para la conservación puede estar influenciada por la sinergia entre las variables de biodiversidad y SE. Las zonas prioritarias se proyectaron principalmente en las áreas de distribución de biodiversidad. Kai y colaboradores afirman que incluir servicios de los ecosistemas en la planificación implicaría un cambio importante una ampliación de los objetivos de conservación actuales. Incluir SE en objetivos de conservación puede cumplir múltiples objetivos de protección de SE y biodiversidad de manera más eficiente [44]. Estudios previos demuestran que existe una correlación positiva entre la biodiversidad y SE por el efecto positivo que tiene la diversidad biológica en las funciones de los ecosistemas [10,45,46]. Además, un estudio realizado por Turner et al. 2007, demostró que existen altas oportunidades para la sinergia de esfuerzos de conservación compartidos entre biodiversidad y SE en bosques tropicales [10].

Las zonas prioritarias para la conservación usando criterios de SE, se distribuyeron principalmente en el área central de AECODES y favorablemente podrían establecer puntos de conexión entre las 2 áreas protegidas que se encuentran a los extremos este (Yasuní) y oeste (Llanganates) de sus límites políticos. La inclusión de estas zonas prioritarias para la conservación dentro de los programas de gestión y manejo de AECODES, podrían constituir un gran elemento para los esfuerzos de conservación a nivel provincial y nacional. A pesar que la Amazonía centro-sur presenta un mejor estado de conservación del bosque que la Amazonía norte, se evidencia una ausencia de áreas protegidas en este sector y se resalta la necesidad de creación de un área que se pueda adjudicar al PANE [16,26]. Cuesta et al. 2015 resalta la importancia de consolidar un área de conservación para la región centro-sur de la Amazonía y sugiere que su diseño abarque un gradiente ambiental de este a oeste para facilitar la conectividad entre los Andes y la llanura aluvial amazónica [16].

Uno de los desafíos actuales dentro de la planificación del paisaje, es vincular la ciencia con la política y los tomadores de decisiones [15]. Esto puede promover la ampliación de conocimientos sobre las interacciones de los ecosistemas, variables biofísicas y socioeconómicas y a su vez contribuir al aprendizaje mutuo y revelar implicaciones para la gobernanza de paisajes conservados [35,47,48].

5. CONCLUSIÓN

Los servicios ecosistémicos constituyen una herramienta sólida dentro de los procesos de planificación territorial y puede suponer un importante criterio para priorizar y optimizar el manejo de los recursos naturales desde una perspectiva de desarrollo sostenible. Este estudio se establece como una línea base para conocer el estado actual de los SE en AECODES y definir estrategias para su manejo a una escala de paisaje. Definir zonas con prioridades para la conservación vinculando biodiversidad y SE podría complementar los esfuerzos actuales de conservación y orientar a la planificación del territorio desde un nuevo enfoque. Es probable que este nuevo enfoque suponga un desafío por su reciente establecimiento. Sin embargo, para enfrentar el desafío, se requiere esfuerzos de cooperación, no solo con los planificadores del uso de la tierra y otros profesionales, sino también con investigadores de diversas disciplinas. La planificación del paisaje debe generar una base de información espacialmente explícita que respalde la integración de la biodiversidad y los servicios de los ecosistemas en los procesos de manejo de la tierra y fomente una implementación eficiente.

REFERENCIAS

1. Brancalion PHS, Niamir A, Broadbent E, Crouzeilles R, Barros FSM, Almeyda Zambrano AM, et al. Global restoration opportunities in tropical rainforest landscapes. *Sci Adv.* 2019;5: 1–12. doi:10.1126/sciadv.aav3223
2. Lewis SL, Edwards DP, Galbraith D. Increasing human dominance of tropical forests. *Science* (1979). 2015;349: 827–832. doi:10.1126 / science.aaa9932
3. Hernández C, Echeverría C, Nelson C. Evolution and emerging research trends in the ecological impacts of landscape change: perspectives from a Chilean biodiversity hotspot. *Landsc Ecol.* 2021;36: 1587–1603. doi:10.1007/s10980-021-01247-1
4. Haines-Young R, Potschin M. Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) V5.1 and Guidance on the Application of the Revised Structure. Fabis Consulting. 2018; 53.
5. Millennium Ecosystem Assessment. *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis.* 2005.
6. Hummel C, Poursanidis D, Orenstein D, Elliott M, Adamescu MC, Cazacu C, et al. Protected Area management: Fusion and confusion with the ecosystem services approach. *Science of the Total Environment.* 2019;651: 2432–2443. doi:10.1016/j.scitotenv.2018.10.033
7. Kosmus M, Renner I, Ullrich S. Integración de los servicios ecosistémicos en la planificación del desarrollo. 2012.
8. von Haaren C, Lovett AA, Albert C. Landscape Planning with Ecosystem Services: Theories and Methods for Application in Europe. 2019. doi:10.1007/978-94-024-1681-7_32
9. Ministerio del Ambiente del Ecuador. Políticas y Plan Estratégico del Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador 2007-2016. 2007.
10. Turner WR, Brandon K, Brooks TM, Costanza R, da Fonseca G, Portela R. Global Conservation of Biodiversity and Ecosystem Services. *Bioscience.* 2007. Available: <https://academic.oup.com/bioscience/article/57/10/868/232508>
11. de Groot RS, Alkemade R, Braat L, Hein L, Willemen L. Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision making. *Ecological Complexity.* 2010;7: 260–272. doi:10.1016/j.ecocom.2009.10.006
12. Manhães AP, Mazzochini GG, Oliveira-Filho AT, Ganade G, Carvalho AR. Spatial associations of ecosystem services and biodiversity as a baseline for systematic conservation planning. *Divers Distrib.* 2016;22: 932–943. doi:10.1111/ddi.12459
13. Carpenter SR, Mooney HA, Agard J, Capistrano D, Defries RS, Díaz S, et al. Science for managing ecosystem services: Beyond the Millennium Ecosystem Assessment. 2009. Available: www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.0808772106
14. Neugarten RA, Moull K, Martinez NA, Andriamaro L, Bernard C, Bonham C, et al. Trends in protected area representation of biodiversity and ecosystem services in five tropical countries. *Ecosyst Serv.* 2020;42: 101078. doi:10.1016/j.ecoser.2020.101078
15. Koo H, Kleemann J, Fürst C. Land use scenario modeling based on local knowledge for the provision of ecosystem services in northern Ghana. *Land (Basel).* 2018;7. doi:10.3390/land7020059
16. Cuesta F, Peralvo M, Baquero F, Bustamante M, Merino-Viteri A, Muriel P, et al. Áreas prioritarias para la conservación de la biodiversidad en el Ecuador continental. 2015.

17. Sandoval C, Sanhueza A, Williner A. La planificación participativa para lograr un cambio estructural con igualdad: las estrategias de participación ciudadana en los procesos de planificación multiescalar. 2015. Available: www.cepal.org,
18. Koo H, Kleemann J, Fürst C. Impact assessment of land use changes using local knowledge for the provision of ecosystem services in northern Ghana, West Africa. *Ecol Indic.* 2019;103: 156–172. doi:10.1016/j.ecolind.2019.04.002
19. Oviedo G. Áreas protegidas, desarrollo y cultura. 2008.
20. Sierra R, Campos F, Chamberlin J. Assessing biodiversity conservation priorities: ecosystem risk and representativeness in continental Ecuador. 2002.
21. Ministerio del Ambiente. Manual Operativo Unificado Proyecto Socio Bosque. 115 Ecuador; Dec 11, 2009 pp. 1–28. Available: http://sociobosque.ambiente.gob.ec/files/MANUAL_OPERATIVO_SB_UNIFICADO_2012.pdf
22. MAATE. Estadísticas del Sistema Nacional de Áreas Protegidas. 2022 Jul. Available: <https://www.ambiente.gob.ec/ecuador-celebra-su-sistema-nacional-de-areas-protegidas/>
23. Aguirre Mendoza Z. UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA AREA AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES CARRERA DE INGENIERIA FORESTAL SISTEMA NACIONAL DE ÁREAS PROTEGIDAS DEL ECUADOR. 2014.
24. Ministerio del Ambiente. PROCEDIMIENTOS PARA LA DECLARACION Y GESTION DE AREAS PROTEGIDAS. 083 Ecuador; Aug 30, 2016. Available: www.lexis.com.ec
25. Dávalos J. El Convenio del Programa Socio Bosque y las Comunidades Indígenas en Ecuador. 2011; 1–61. Available: <http://amazonwatch.org/assets/files/2011-informe-socio-bosque.pdf>
26. GADPPz. PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE LA PROVINCIA DE PASTAZA AL AÑO 2025. 2019.
27. Noh JK, Echeverria C, Kleemann J, Koo H, Fürst C, Cuenca P. Warning about conservation status of forest ecosystems in tropical Andes: National assessment based on IUCN criteria. *PLoS One.* 2020;15: 1–19. doi:10.1371/journal.pone.0237877
28. Betancourt Machoa KJ. La plurinacionalidad Una praxis social en Pastaza.
29. Pietzsch K. GISGAME 2.4-Manual del sistema principal. 2015;49.
30. Ministerio del Ambiente del Ecuador. Sistema de clasificación de los ecosistemas del Ecuador continental. 2012.
31. Reed MS, Graves A, Dandy N, Posthumus H, Hubacek K, Morris J, et al. Who's in and why? A typology of stakeholder analysis methods for natural resource management. *J Environ Manage.* 2009;90: 1933–1949. doi:10.1016/j.jenvman.2009.01.001
32. Mateus P. Zonificación de Servicios Ecosistémicos usando Técnicas de Análisis Espacial Multicriterio: Caso Municipio de Paipa, Colombia. 2014.
33. Tezer A, Turkey Z, Uzun O, Terzi F, Koylu P, Karacor E, et al. Ecosystem services-based multi-criteria assessment for ecologically sensitive watershed management. *Environ Dev Sustain.* 2020;22: 2431–2450. doi:10.1007/s10668-018-00300-5
34. D'Auria A, de Toro P, Fierro N, Montone E. Integration between GIS and multi-criteria analysis for ecosystem services assessment: A methodological proposal for the National Park of Cilento, Vallo di Diano and Alburni (Italy). *Sustainability (Switzerland).* 2018;10. doi:10.3390/su10093329
35. Kopperoinen L, Itkonen P, Niemelä J. Using expert knowledge in combining green infrastructure and ecosystem services in land use planning: An insight into a new place-based methodology. *Landsc Ecol.* 2014;29: 1361–1375. doi:10.1007/s10980-014-0014-2

36. Ramirez-Gomez SOI, Torres-Vitolas CA, Schreckenber K, Honzák M, Cruz-Garcia GS, Willcock S, et al. Analysis of ecosystem services provision in the Colombian Amazon using participatory research and mapping techniques. *Ecosyst Serv.* 2015;13: 93–107.
doi:10.1016/j.ecoser.2014.12.009
37. Dunn CE. Participatory GIS - A people's GIS? *Progress in Human Geography.* SAGE Publications Ltd; 2007. pp. 616–637. doi:10.1177/0309132507081493
38. FAO. Rodeada de fuentes hídricas, pero sin agua potable, la ironía del Amazonas. In: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura [Internet]. 19 Apr 2021 [cited 17 Sep 2022]. Available: <https://www.fao.org/colombia/noticias/detail-events/es/c/1382766/>
39. Alamgir M, Turton SM, Macgregor CJ, Pert PL. Assessing regulating and provisioning ecosystem services in a contrasting tropical forest landscape. *Ecol Indic.* 2016;64: 319–334.
doi:10.1016/j.ecolind.2016.01.016
40. López A. V, Espíndola Fernando, Calles L. Juan. Amazonía ecuatoriana bajo presión. FLACSO; 2013.
41. Soares-Filho B, Moutinho P, Nepstad D, Anderson A, Rodrigues H, Garcia R, et al. Role of Brazilian Amazon protected areas in climate change mitigation. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2010;107: 10821–10826. doi:10.1073/pnas.0913048107
42. Albert C, Aronson J, Fürst C, Opdam P. Integrating ecosystem services in landscape planning: requirements, approaches, and impacts. *Landsc Ecol.* 2014;29: 1277–1285. doi:10.1007/s10980-014-0085-0
43. Avendaño-Leadem D, Cedeño-Montoya B, Arroyo-Zeledón MS. Integrando el concepto de servicios ecosistémicos en el ordenamiento territorial. *Revista Geográfica de América Central.* 2020;2: 63–90. doi:10.15359/rgac.65-2.3
44. Chan KMA, Shaw MR, Cameron DR, Underwood EC, Daily GC. Conservation planning for ecosystem services. *PLoS Biol.* 2006;4: 2138–2152. doi:10.1371/journal.pbio.0040379
45. Schneiders A, van Daele T, van Landuyt W, van Reeth W. Biodiversity and ecosystem services: Complementary approaches for ecosystem management? *Ecol Indic.* 2012;21: 123–133.
doi:10.1016/j.ecolind.2011.06.021
46. Diaz S, Fargione J, Chapin III FS, Timan D. Biodiversity Loss Threatens Human Well-Being. *PLoS Biol.* 2006. doi:10.1371/journal.pbio.0040277.g001
47. Albert C, Hauck J, Buhr N, von Haaren C. What ecosystem services information do users want? Investigating interests and requirements among landscape and regional planners in Germany. *Landsc Ecol.* 2014;29: 1301–1313. doi:10.1007/s10980-014-9990-5
48. Lütz M, Bastian O. Implementation of landscape planning and nature conservation in the agricultural landscape - A case study from saxony. *Agric Ecosyst Environ.* 2002;92: 159–170.
doi:10.1016/S0167-8809(01)00300-0

ANEXO A

Encuesta A1. Formato de la primera encuesta para identificar los servicios ecosistémicos más relevantes para el Área Ecológica de Desarrollo Sostenible Provincial de Pastaza

A continuación, se presentan 3 secciones de preguntas, una por cada categoría de servicios ecosistémico. La importancia de cada uno de los servicios descritos se evaluará en un rango de 0 a 5, siendo 0 nada importante y 5 muy importante para el Área Ecológica de Desarrollo Sostenible Provincial de Pastaza.

Aprovisionamiento de servicios ecosistémicos

Alimento (de plantas y animales cultivados o silvestres)

| | | | | | |
|-----------------|---|--------------------|---|---|---|
| Nada importante | | ← Muy importante → | | | |
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

Comentarios:

Forraje para el ganado

| | | | | | |
|-----------------|---|--------------------|---|---|---|
| Nada importante | | ← Muy importante → | | | |
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

Comentarios:

Biomasa para vestimenta, decoración, etc. (fibras y otros materiales de plantas y animales)

| | | | | | |
|-----------------|---|--------------------|---|---|---|
| Nada importante | | ← Muy importante → | | | |
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

Comentarios:

Biomasa para construcción (fibras y otros materiales de plantas, principalmente madera)

| | | | | | |
|-----------------|---|--------------------|---|---|---|
| Nada importante | | ← Muy importante → | | | |
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

Comentarios:

Material genético de toda la biota (incluye producción de semillas, esporas o gametos)

| | | | | | |
|-----------------|---|--------------------|---|---|---|
| Nada importante | | ← Muy importante → | | | |
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

Comentarios:

Agua potable

| | | | | | |
|-----------------|---|--------------------|---|---|---|
| Nada importante | | ← Muy importante → | | | |
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

Comentarios:

Agua para riego, cocción, lavado, etc.

| | | | | | |
|-----------------|---|--------------------|---|---|---|
| Nada importante | | ← Muy importante → | | | |
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

Comentarios:

Agua para energía (energías renovables)

| | | | | | |
|-----------------|---|---------------------------|---|---|---|
| Nada importante | | ← Muy importante → | | | |
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

Comentarios:

Regulación y mantenimiento de los servicios ecosistémicos

Regulación de la calidad del aire (por ejemplo, filtración de aerosoles, suministros de oxígeno)

| | | | | | |
|-----------------|---|---------------------------|---|---|---|
| Nada importante | | ← Muy importante → | | | |
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

Comentarios:

Control de la erosión del suelo (por ejemplo, hileras de árboles, cubierta vegetal)

| | | | | | |
|-----------------|---|---------------------------|---|---|---|
| Nada importante | | ← Muy importante → | | | |
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

Comentarios:

Purificación de agua (filtración de desechos o sustancias tóxicas)

| | | | | | |
|-----------------|---|---------------------------|---|---|---|
| Nada importante | | ← Muy importante → | | | |
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

Comentarios:

Regulación del flujo de agua (por ejemplo, control de inundación por humedales)

| | | | | | |
|-----------------|---|--------------------|---|---|---|
| Nada importante | | ← Muy importante → | | | |
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

Comentarios:

Control de plagas y enfermedades (por ejemplo, por aves en tierra cultivables y otros insectos depredadores)

| | | | | | |
|-----------------|---|--------------------|---|---|---|
| Nada importante | | ← Muy importante → | | | |
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

Comentarios:

Polinización y dispersión de semillas (por ejemplo, por abejas, murciélagos, pájaros)

| | | | | | |
|-----------------|---|--------------------|---|---|---|
| Nada importante | | ← Muy importante → | | | |
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

Comentarios:

Regulación del microclima (por ejemplo, sombra, reducción de islas de calor)

| | | | | | |
|-----------------|---|--------------------|---|---|---|
| Nada importante | | ← Muy importante → | | | |
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

Comentarios:

Regulación del macro clima (almacenamiento a largo plazo de gases de efecto invernadero en los ecosistemas y su influencia en el clima global)

| | | | | | |
|-----------------|---|--------------------|---|---|---|
| Nada importante | | ← Muy importante → | | | |
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

Comentarios:

Servicios ecosistémicos culturales

Recreación y turismo (por ejemplo, trotar y caminar)

| | | | | | |
|-----------------|---|--------------------|---|---|---|
| Nada importante | | ← Muy importante → | | | |
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

Comentarios:

Educación Ambiental (por ejemplo, conocimiento tradicional y experticia)

| | | | | | |
|-----------------|---|--------------------|---|---|---|
| Nada importante | | ← Muy importante → | | | |
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

Comentarios:

Experiencia religiosa y espiritual (por ejemplo, características y lugares naturales sagrados)

| | | | | | |
|-----------------|---|--------------------|---|---|---|
| Nada importante | | ← Muy importante → | | | |
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

Comentarios:

Paisaje estético y recreación

| | | | | | |
|-----------------|---|---------------------------|---|---|---|
| Nada importante | | ← Muy importante → | | | |
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

Comentarios:

| |
|--|
| |
|--|

Anexo B

Encuesta A2. Formato de la segunda encuesta para evaluar la capacidad de los diferentes ecosistemas y cobertura del suelo para proveer servicios ecosistémicos.

Le pedimos de la manera más amable que complete la tabla siguiente con valores que van desde cero (0) (la capacidad mínima del tipo de ecosistema/tipo de cobertura del suelo para proporcionar los servicios ecosistémicos específicos) hasta diez (10) (la capacidad máxima del tipo de ecosistema/tipo de cobertura del suelo para proporcionar los servicios ecosistémicos específicos). Hemos proporcionado una lista de 6 tipos de ecosistemas y cuatro (4) tipos de cobertura del suelo: cuerpo de agua, tierras agrícolas, área poblada e infraestructura. Puede encontrar una descripción general de los tipos de ecosistemas en la página del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica: <http://ide.ambiente.gob.ec/mapainteractivo/>

Aprovisionamiento de servicios ecosistémicos

Valores van desde cero (0) (la capacidad mínima del tipo de ecosistema/tipo de cobertura del suelo para proporcionar los servicios ecosistémicos específicos) hasta diez (10) (la capacidad máxima del tipo de ecosistema/tipo de cobertura del suelo para proporcionar el servicio ecosistémicos específicos).

| Tipo de ecosistema / Tipo de cobertura del suelo | Alimento (0-10) | Agua potable (0-10) | Material genético de toda la biota (0-10) |
|---|------------------------|----------------------------|--|
| Arbustal siempreverde ripario de la cordillera oriental de los Andes | | | |
| Bosque inundado de la llanura aluvial de la Amazonia | | | |
| Bosque siempreverde de tierras bajas de la Amazonia | | | |
| Bosque siempreverde montano del norte de la cordillera oriental de los Andes | | | |
| Bosque siempreverde piemontano del norte de la cordillera oriental de los Andes | | | |
| Herbazal inundado lacustre-ripario de la llanura aluvial de la Amazonia | | | |
| Agua | | | |
| Tierra agropecuaria | | | |
| Area poblada | | | |
| Infraestructura | | | |

Servicios ecosistémicos de regulación

Valores van desde cero (0) (la capacidad mínima del tipo de ecosistema/tipo de cobertura del suelo para proporcionar los servicios ecosistémicos específicos) hasta diez (10) (la capacidad máxima del tipo de ecosistema/tipo de cobertura del suelo para proporcionar el servicio ecosistémicos específicos).

| Tipo de ecosistema / Tipo de cobertura del suelo | Regulación de la calidad del aire (0-10) | Regulación del flujo de agua (0-10) | Polinización y dispersión de semillas (0-10) | Regulación del macro clima (0-10) |
|--|---|--|---|--|
| Arbustal siempreverde ripario de la cordillera oriental de los Andes | | | | |
| Bosque inundado de la llanura aluvial de la Amazonia | | | | |
| Bosque siempreverde de tierras bajas de la Amazonia | | | | |
| Bosque siempreverde montano del norte de la cordillera oriental de los Andes | | | | |
| Bosque siempreverde piemontano del norte de la cordillera oriental de los Andes | | | | |
| Herbazal inundado lacustre-ripario de la llanura aluvial de la Amazonia | | | | |
| Agua | | | | |
| Tierra agropecuaria | | | | |
| Área poblada | | | | |
| Infraestructura | | | | |

Servicios ecosistémicos culturales y biodiversidad

Valores van desde cero (0) (la capacidad mínima del tipo de ecosistema/tipo de cobertura del suelo para proporcionar los servicios ecosistémicos específicos) hasta diez (10) (la capacidad máxima del tipo de ecosistema/tipo de cobertura del suelo para proporcionar el servicio ecosistémicos específicos).

| Tipo de ecosistema / Tipo de cobertura del suelo | Educación Ambiental (0-10) | Biodiversidad (0-10) |
|---|-----------------------------------|-----------------------------|
| Arbustal siempreverde ripario de la cordillera oriental de los Andes | | |
| Bosque inundado de la llanura aluvial de la Amazonia | | |
| Bosque siempreverde de tierras bajas de la Amazonia | | |
| Bosque siempreverde montano del norte de la cordillera oriental de los Andes | | |
| Bosque siempreverde piemontano del norte de la cordillera oriental de los Andes | | |
| Herbazal inundado lacustre-ripario de la llanura aluvial de la Amazonia | | |
| Agua | | |
| Tierra agropecuaria | | |
| Área poblada | | |
| Infraestructura | | |