



UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CUENCA

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA,
INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**MODELO DE CALIDAD Y RAREZA DE HÁBITAT DE
CUATRO CUENCAS HÍDRICAS DE LOS ALTOS ANDES
DEL MACIZO DEL CAJAS PARA LA VALORACIÓN DE
SUS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS**

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO INGENIERO AMBIENTAL**

AUTOR: ITALO ALEXANDER DUY CAMPOVERDE

DIRECTORA: BLGA. PAULA MILENA CORDERO CUEVA

CUENCA - ECUADOR

2023

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA INGENIERÍA, INDUSTRIA Y
CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

MODELO DE CALIDAD Y RAREZA DE HÁBITAT DE CUATRO
CUENCAS HÍDRICAS DE LOS ALTOS ANDES DEL MACIZO DEL
CAJAS PARA LA VALORACIÓN DE SUS SERVICIOS
ECOSISTÉMICOS

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL**

AUTOR: ITALO ALEXANDER DUY CAMPOVERDE

DIRECTORA: BLGA. PAULA MILENA CORDERO CUEVA

CUENCA - ECUADOR

2023

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO

Declaratoria de Autoría y Responsabilidad

Italo Alexander Duy Campoverde portador(a) de la cédula de ciudadanía N° **0107644924**.

Declaro ser el autor de la obra: **“Modelo de calidad y rareza de hábitat de cuatro cuencas hídricas de los altos Andes del Macizo del Cajas para la valoración de sus servicios ecosistémicos”**, sobre la cual me hago responsable sobre las opiniones, versiones e ideas expresadas. Declaro que la misma ha sido elaborada respetando los derechos de propiedad intelectual de terceros y eximo a la Universidad Católica de Cuenca sobre cualquier reclamación que pudiera existir al respecto. Declaro finalmente que mi obra ha sido realizada cumpliendo con todos los requisitos legales, éticos y bioéticos de investigación, que la misma no incumple con la normativa nacional e internacional en el área específica de investigación, sobre la que también me responsabilizo y eximo a la Universidad Católica de Cuenca de toda reclamación al respecto.

Cuenca, **14 de julio de 2023**

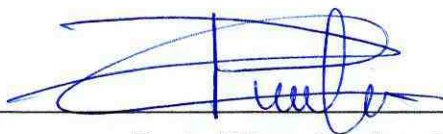
F: 

Italo Alexander Duy Campoverde

C.I. 0107644924

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Italo Alexander Duy Campoverde, bajo mi supervisión.



Paula Milena Cordero Cueva

DIRECTOR

DEDICATORIA

La presente tesis está dedicada a mis abuelitos Miguel Duy y Carmelina Campoverde y a mis padres Italo Duy y Mónica Campoverde que gracias a su sacrificio y esfuerzo pude lograr mi sueño de ser un profesional, gracias por confiar en mí y creer en mi capacidad a pesar de las adversidades.

A mi pareja por haber estado conmigo en los buenos, malos y peores momentos de mi vida universitaria, gracias por tu apoyo incondicional.

A mis hermanos por ser mi felicidad y por apoyarme en mi estudio y espero que pronto ustedes también lo logren.

A ti Chucky por haber estado en mi vida y enseñarme que a pesar del dolor y de las circunstancias siempre existe el momento para estar feliz y lidiar con el dolor.

A mis compañeros ahora colegas que a pesar de las circunstancias salimos adelante juntos.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco primeramente a Dios ya que gracias a él eh llegado hasta el lugar donde me encuentro ahora, a pesar de todo yo sé que el siempre estará en mi corazón y me ayuda para que las cosas salgan bien y sean cada vez mejores, gracias a los diferentes docentes por sus enseñanzas y aprendizajes que a lo largo de cada ciclo fueron mi guía para encaminarme hacia mi futuro, gracias a mis compañeros ahora colegas que a lo largo del trayecto a pesar de las circunstancias y de las diferencias logramos crear un gran equipo para salir adelante con nuestros proyectos y trabajos así como el apoyo en los momentos de estudio, estrés, tristezas, alegrías peleas y apoyo mutuo, gracias a la academia por permitirme convertirme en un profesional y por acogerme como un padre a un hijo en su hogar que sin ella y sin su apoyo no lo habría logrado.

A mis queridos abuelitos Miguel Duy y Carmelina Campoverde que me criaron como padre y madre y me enseñaron sus valores, respeto, cariño y humildad que a pesar de la edad hay que ser fuertes y persistentes en lo que uno desea para el bienestar propio y de la familia y que a pesar de la muerte siguen sus palabras en mi memoria.

A mi querido padre Italo Duy y madre Mónica Campoverde que sin ellos no lo podría haber logrado gracias por todo su apoyo incondicional, a su esfuerzo a su amor porque que amor más grande el de un padre y madre al luchar día a día incansablemente para dar, aunque sea una papa a sus hijos que a pesar de los años a pesar de los días siguen luchando por sus hijos.

Para ti amor Joseline Ayora que has estado conmigo con tu apoyo incondicional en las buenas, malas y peores, en las amanecidas gracias por tu apoyo moral y ético.

Para mis hermanos que alegran mi vida y vean mi ejemplo a seguir que nada es imposible en esta vida y que los sueños se pueden hacer realidad.

Finamente, agradezco a la vida y a mi persona por creer en mí y nunca darme por vencido a pesar de los malos momentos. y agradezco a ti Chucky por haber estado en mi vida y enseñarme que a pesar del dolor y de las circunstancias siempre hay para estar feliz y lidiar con el dolor.

RESUMEN

Los servicios ecosistémicos son beneficios de vital importancia que ofrece la naturaleza al ser humano; sin embargo, están siendo afectados en todo el mundo por las actividades antrópicas en los ecosistemas, causando la degradación del hábitat. El implementar herramientas científicas para su valoración, permitirá tomar mejores decisiones en la gestión de Áreas Naturales Protegidas y su biodiversidad. La calidad del hábitat de los insectos polinizadores está afectada a causa de los cambios en la cobertura y uso de suelo generados por las actividades del ser humano; lo que, ha provocado la fragmentación y degradación de su hábitat; con ello se afecta el proceso de la polinización de plantas angiospermas y por tanto, la seguridad alimentaria del planeta: la producción de cultivos que consumen los animales y seres humanos.

Esta investigación se basa en insectos polinizadores de los órdenes: himenóptera, lepidóptera, coleóptera y díptera; como indicadores de relación con los hábitats de las microcuencas Angas, Norcay, Tomebamba y Yanuncay localizadas en la Reserva de la Biósfera Macizo del Cajas y dentro del cantón Cuenca; para la evaluación de la calidad del hábitat como servicio ecosistémico para los insectos polinizadores.

Los principales resultados fueron que todas las cuencas bajas podrían ser las zonas con mayores índices de degradación y con peor calidad del hábitat ya que se encuentra muy fragmentada a causa de actividades antrópicas que se presentan en mayor medida en estas zonas y aún más otras actividades que se podrían desarrollar a futuro como la minería.

Palabras clave: Servicios ecosistémicos, calidad del hábitat, polinización, insectos polinizadores, InVEST.

ABSTRACT

Ecosystem services are vital benefits offered by nature to humans; however, they are being affected worldwide by anthropogenic activities in ecosystems, causing habitat degradation. The implementation of scientific tools for their valuation will enable better decisions to be made in the management of Natural Protected Areas and their biodiversity. The habitat quality of pollinating insects is affected due to changes in land cover and land use generated by human activities, which has caused the fragmentation and degradation of their habitat, thus affecting the pollination process of angiosperm plants and therefore, the food security of the planet: the production of crops consumed by animals and humans.

This research is based on pollinating insects of the orders: Hymenoptera, Lepidoptera, Coleoptera, and Diptera; as indicators of their relationship with the habitats of the Angas, Norcay, Tomebamba, and Yanuncay micro-watersheds located in the Macizo del Cajas Biosphere Reserve and within the Cuenca canton; for the evaluation of habitat quality as an ecosystem service for pollinating insects.

The main results were that all the lower watersheds could be the areas with the highest degradation indexes and with the worst habitat quality since it is very fragmented due to anthropic activities that occur to a greater extent in these areas and even more other activities that could be developed in the future such as mining.

Keywords: ecosystem services, habitat quality, pollination, pollinating insects, InVEST

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARATORIA DE AUTORÍA Y RESPONSABILIDAD	III
CERTIFICACIÓN	IV
DEDICATORIA	V
AGRADECIMIENTOS	VI
RESUMEN	VII
ABSTRACT	VIII
ÍNDICE DE CONTENIDOS	X
LISTA DE FIGURAS	XIV
LISTA DE TABLAS	XVII
LISTA DE ANEXOS	XXI
CAPÍTULO I	- 3 -
1. INTRODUCCIÓN	- 3 -
1.1 OBJETIVOS	- 6 -
1.1.1 <i>Objetivo General</i>	- 6 -
1.1.2 <i>Objetivos específicos</i>	- 6 -
1.2 JUSTIFICACIÓN	- 6 -
CAPÍTULO II	- 7 -
2. REVISIÓN DE LITERATURA	- 7 -
2.1 ECOSISTEMA	- 7 -
2.1.1 <i>Estructura y función del ecosistema</i>	- 7 -
2.1.2 <i>Flujo de energía de los ecosistemas</i>	- 7 -
2.1.3 <i>Estructura trófica de los ecosistemas</i>	- 9 -
2.1.4 <i>Flujo de material en los ecosistemas</i>	- 9 -
2.2 LOS CICLOS BIOGEOQUÍMICOS	- 10 -
2.2.1 <i>Clasificación de los servicios biogeoquímicos</i>	- 10 -
2.2.2 <i>Ciclos biogeoquímicos más importantes</i>	- 10 -
2.3 SERVICIOS ECOSISTÉMICOS	- 12 -
2.4 EVALUACIÓN Y VALORACIÓN DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS	- 12 -
2.4.1 <i>Clasificación de los servicios ecosistémicos</i>	- 13 -
2.5 SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DE APOYO O SOPORTE	- 16 -
2.5.1 <i>Hábitat para especies o calidad de hábitat</i>	- 16 -
2.5.2 <i>Conservación de la diversidad genética</i>	- 16 -
2.6 SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DE REGULACIÓN	- 16 -

2.6.1	<i>Clima local y calidad del aire</i>	- 16 -
2.6.2	<i>Moderación de fenómenos extremos</i>	- 17 -
2.7	POLINIZACIÓN	- 17 -
2.7.1	<i>Tipos de polinización</i>	- 17 -
2.8	POLINIZACIÓN, POLINIZADORES E INSECTOS POLINIZADORES EN ECUADOR	- 19 -
2.9	RIQUEZA DE ESPECIES Y DIVERSIDAD FUNCIONAL	- 20 -
2.10	INSECTOS POLINIZADORES	- 20 -
2.10.1	<i>Clasificación de los insectos polinizadores</i>	- 20 -
2.11	HÁBITAT	- 22 -
2.11.1	<i>Calidad de hábitat</i>	- 22 -
2.11.2	<i>Pérdida de hábitat</i>	- 22 -
2.11.3	<i>Principales causas de pérdida de hábitat</i>	- 23 -
2.11.4	<i>Factores de disminución de la polinización, polinizadores e insectos polinizadores</i>	- 24 -
2.12	CAMBIO CLIMÁTICO: PÉRDIDA DE HÁBITAT, POLINIZACIÓN Y POLINIZADORES	- 25 -
2.13	ECOSISTEMAS DE ALTA MONTAÑA DE LOS ALTOS ANDES DEL ECUADOR	- 26 -
2.13.1	<i>Ecosistemas presentes en la zona de estudio</i>	- 28 -
2.13.2	<i>Ecosistemas terrestres del Ecuador de 3000 a 4500 msnm en el Macizo del Cajas</i>	- 29 -
2.14	LAS CUENCAS HIDROGRÁFICAS	- 30 -
2.14.1	<i>Partes de las cuencas hidrográficas</i>	- 30 -
2.14.2	<i>Tipos de cuencas hidrográficas</i>	- 31 -
2.14.3	<i>Delimitación de las cuencas hidrográficas en Ecuador</i>	- 31 -
2.14.4	<i>Importancia de las cuencas hidrográficas</i>	- 32 -
2.15	CUENCAS HIDROGRÁFICAS ANDINAS	- 32 -
2.16	RESERVA DE LA BIÓSFERA MACIZO DEL CAJAS	- 32 -
2.17	PARQUE NACIONAL CAJAS (PNC)	- 33 -
2.17.1	<i>Microcuenca del río Tomebamba</i>	- 33 -
2.17.2	<i>Microcuenca del río Yanuncay</i>	- 34 -
2.17.3	<i>Microcuenca del río Norcay</i>	- 34 -
2.17.4	<i>Microcuenca del río Angas</i>	- 34 -
2.18	VALORACIÓN INTEGRADA DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS Y COMPENSACIONES (INVEST)	- 34 -
2.19	MODELO DE CALIDAD Y RAREZA DEL HÁBITAT	- 36 -
2.20	MARCO LEGAL APLICABLE	- 36 -
CAPÍTULO III		- 39 -
3. MATERIALES Y MÉTODOS		- 39 -
3.1	ÁREA DE ESTUDIO	- 39 -
3.1.1	<i>Transectos estudiados</i>	- 41 -

3.2	MODELACIÓN DE LA CALIDAD Y LA RAREZA DE HÁBITAT DEL SOFTWARE INVEST	- 41 -
3.2.1	<i>Variables requeridas para calcular el modelo de calidad del hábitat mediante el software InVEST:</i>	- 41 -
3.2.2	<i>Delimitación del uso y cobertura de suelo actual de las microcuencas hidrográficas estudiadas</i>	- 44 -
3.2.1	<i>Delimitación del uso y cobertura de suelo de referencia de las microcuencas hidrográficas estudiadas</i>	- 50 -
3.2.1	<i>Distribución espacial cada amenaza: establecimiento de las amenazas que pueden afectar a la calidad de hábitat de las cuencas hidrográficas estudiadas</i>	- 56 -
3.2.2	<i>Intensidad de cada amenaza (tabla de amenazas)</i>	- 64 -
3.2.1	<i>Tabla de sensibilidad</i>	- 75 -
3.2.1	<i>Constante de saturación media</i>	- 80 -
3.2.2	<i>Accesibilidad a las amenazas</i>	- 80 -
3.3	VARIACIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE LOS INSECTOS POLINIZADORES EN EL PROCESO DE POLINIZACIÓN, MEDIANTE SU RELACIÓN CON LOS GRADIENTES AMBIENTALES MEDIANTE EL SOFTWARE RSTUDIO.	- 86 -
CAPÍTULO IV		- 88 -
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	- 88 -
4.1	MODELOS PARA EVALUAR LA PERSISTENCIA DE LOS INSECTOS POLINIZADORES.	- 88 -
4.1.1	<i>Microcuenca del Angas.</i>	- 88 -
4.1.2	<i>Microcuenca del Norcay</i>	- 94 -
4.1.3	<i>Microcuenca del Tomebamba</i>	- 100 -
4.1.4	<i>Microcuenca del Yanuncay</i>	- 106 -
4.1.5	<i>Resumen de resultados de calidad y degradación del hábitat</i>	- 112 -
4.2	MODELOS DE RAREZA DEL HÁBITAT PARA LOS INSECTOS POLINIZADORES.	- 113 -
4.2.1	<i>Microcuenca del Angas</i>	- 113 -
4.2.2	<i>Microcuenca del Norcay</i>	- 115 -
4.2.3	<i>Microcuenca del Tomebamba</i>	- 117 -
4.2.4	<i>Microcuenca del Yanuncay</i>	- 119 -
4.3	RIQUEZA HALLADA DE LOS INSECTOS POLINIZADORES EN LAS MICROCUENCAS DE ESTUDIO.	- 121 -
CAPÍTULO V		- 130 -
5.	CONCLUSIONES	- 130 -
CAPÍTULO VI		- 133 -
6.	RECOMENDACIONES	- 133 -
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		- 135 -
ANEXOS		- 146 -

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Representación de la ecósfera.	- 7 -
Figura 2: Representación del proceso de fotosíntesis, en dónde la clorofila que es un pigmento captura la energía luminosa para convertirla en energía química, posteriormente almacenarla en carbohidratos con enlaces simples y luego se transforman en moléculas más complejas.	- 8 -
Figura 3: Proceso de la respiración, la energía que se almacena en enlaces químicos es liberada manteniendo su metabolismo.	- 8 -
Figura 4: Los ciclos biogeoquímicos se llevan a cabo por intercambio de materia, la cual se transforma.	- 10 -
Figura 5: Clasificación de los servicios ecosistémicos.	- 15 -
Figura 6: Clasificación de los insectos polinizadores de estudio.	- 21 -
Figura 7: Ecosistemas presentes en las microcuencas Norcay, Angas, Tomebamba y Yanuncay.	- 28 -
Figura 8: La cadena de suministro de servicios ecosistémicos, que vincula la función ecológica con los servicios ecosistémicos y los beneficios proporcionados a las personas.	- 35 -
Figura 9: Ubicación geográfica del Macizo del Cajas en cada provincia de Ecuador y del Parque Nacional Cajas.	- 39 -
Figura 10: Ubicación de las microcuencas de estudio: Norcay, Angas, Tomebamba, Yanuncay y sus transectos.	- 40 -
Figura 11: Cobertura de suelo de la microcuenca del río Angas.	- 45 -
Figura 12: Cobertura de suelo de la microcuenca del río Norcay.	- 46 -
Figura 13: Cobertura de suelo de la microcuenca del río Tomebamba.	- 48 -
Figura 14: Cobertura de suelo de la microcuenca del río Yanuncay.	- 49 -
Figura 15: Cobertura de suelo de la microcuenca del río Angas.	- 51 -
Figura 16: Cobertura de suelo de la microcuenca del río Norcay.	- 53 -
Figura 17: Cobertura de suelo de la microcuenca del río Tomebamba.	- 54 -
Figura 18: Cobertura de suelo de la microcuenca del río Yanuncay.	- 56 -
Figura 19: Amenazas presentes en la microcuenca del río Angas.	- 58 -
Figura 20: Amenazas presentes en la microcuenca del río Norcay.	- 60 -
Figura 21: Amenazas presentes en la microcuenca del río Tomebamba.	- 61 -
Figura 22: Amenazas presentes en la microcuenca del río Yanuncay.	- 63 -
Figura 23: Estructura jerárquica AHP.	- 64 -
Figura 24: Estructura jerárquica con sus criterios y alternativas para la microcuenca Angas.	- 65 -
Figura 25: Estructura jerárquica con sus criterios y alternativas para la microcuenca Norcay.	- 65 -
Figura 26: Estructura jerárquica con sus criterios y alternativas para la microcuenca Tomebamba.	- 66 -

Figura 27: Estructura jerárquica con sus criterios y alternativas para la microcuenca Yanuncay.	- 66 -
Figura 28: Zonas de la microcuenca Angas con áreas protegidas, área de bosque y vegetación protectora y zonas sin estatus de protección en la microcuenca Angas.	- 81 -
Figura 29: Zonas de la microcuenca Angas con áreas protegidas, área de bosque y vegetación protectora y zonas sin estatus de protección en la microcuenca Norcay.	- 83 -
Figura 30: Zonas de la microcuenca Angas con áreas protegidas, área de bosque y vegetación protectora y zonas sin estatus de protección en la microcuenca Tomebamba.	- 84 -
Figura 31: Zonas de la microcuenca Angas con áreas protegidas, área de bosque y vegetación protectora y zonas sin estatus de protección en la microcuenca Yanuncay.	- 86 -
Figura 34: Modelo de la calidad del hábitat para los insectos polinizadores en la microcuenca del Angas.	- 88 -
Figura 35: Modelo de la calidad del hábitat para los insectos polinizadores en la microcuenca del Angas. Utilizando las áreas del Sistema Nacional de Áreas Protegidas y Áreas de Bosque y Vegetación Protectora.	- 90 -
Figura 32: Modelo de degradación del hábitat para los insectos polinizadores en la microcuenca del Angas.	- 91 -
Figura 33: Modelo de degradación del hábitat para los insectos polinizadores en la microcuenca del Angas. Utilizando las áreas del Sistema Nacional de Áreas Protegidas y Áreas de Bosque y Vegetación Protectora.	- 93 -
Figura 39: Modelo de la calidad del hábitat para los insectos polinizadores en la microcuenca del Norcay.	- 94 -
Figura 40: Modelo de la calidad del hábitat para los insectos polinizadores en la microcuenca del Norcay. Utilizando las áreas del Sistema Nacional de Áreas Protegidas y Áreas de Bosque y Vegetación Protectora.	- 96 -
Figura 37: Modelo de degradación del hábitat para los insectos polinizadores en la microcuenca del Norcay.	- 97 -
Figura 38: Modelo de degradación del hábitat para los insectos polinizadores en la microcuenca del Norcay. Utilizando las áreas del Sistema Nacional de Áreas Protegidas y Áreas de Bosque y Vegetación Protectora.	- 99 -
Figura 44: Modelo de la calidad del hábitat para los insectos polinizadores en la microcuenca del Tomebamba.	- 100 -
Figura 45: Modelo de la calidad del hábitat para los insectos polinizadores en la microcuenca del Tomebamba. Utilizando las áreas del Sistema Nacional de Áreas Protegidas y Áreas de Bosque y Vegetación Protectora.	- 102 -
Figura 42: Modelo de degradación del hábitat para los insectos polinizadores en la microcuenca del Tomebamba.	- 103 -
Figura 43: Modelo de degradación del hábitat para los insectos polinizadores en la microcuenca del Tomebamba. Utilizando las áreas del Sistema Nacional de Áreas Protegidas y Áreas de Bosque y Vegetación Protectora.	- 105 -

Figura 49: Modelo de la calidad del hábitat para los insectos polinizadores en la microcuenca del Yanuncay.	- 106 -
Figura 50: Modelo de la calidad del hábitat para los insectos polinizadores en la microcuenca del Yanuncay. Utilizando las áreas del Sistema Nacional de Áreas Protegidas y Áreas de Bosque y Vegetación Protectora.	- 108 -
Figura 47: Modelo de degradación del hábitat para los insectos polinizadores en la microcuenca del Yanuncay.	- 109 -
Figura 48: Modelo de degradación del hábitat para los insectos polinizadores en la microcuenca del Yanuncay. Utilizando las áreas del Sistema Nacional de Áreas Protegidas y Áreas de Bosque y Vegetación Protectora.	- 111 -
Figura 36: Modelo de la rareza del hábitat en la microcuenca del Angas.	- 113 -
Figura 41: Modelo de la rareza del hábitat para los insectos polinizadores en la microcuenca del Norcay.	- 115 -
Figura 46: Modelo de la rareza del hábitat para los insectos polinizadores en la microcuenca del Tomebamba.	- 117 -
Figura 51: Modelo de la rareza del hábitat para los insectos polinizadores en la microcuenca del Yanuncay.	- 119 -
Figura 52: Distribución de los insectos polinizadores.	- 121 -
Figura 53: Riqueza de insectos polinizadores en la vertiente Amazónica y Pacífico.	- 122 -
Figura 54: Riqueza de los insectos polinizadores en las microcuencas Angas, Norcay, Tomebamba y Yanuncay.	- 123 -
Figura 55: Riqueza de insectos polinizadores en la vertiente del Pacífico.	- 124 -
Figura 56: Riqueza de insectos polinizadores en la vertiente Amazónica.	- 125 -
Figura 57: Riqueza de los insectos polinizadores en la microcuenca Norcay.	- 126 -
Figura 58: Riqueza de insectos polinizadores en la microcuenca Angas.	- 127 -
Figura 59: Riqueza de insectos polinizadores en la microcuenca Tomebamba.	- 128 -
Figura 60: Riqueza de insectos polinizadores en la microcuenca Yanuncay.	- 129 -

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Descripción de los ecosistemas presentes en Ecuador a partir de los 3000 a 4500 m.s.n.m. dentro de la zona de estudio.	- 29 -
Tabla 2: Definición y delimitación de las cuencas hidrográficas en Ecuador por categoría y superficie.	- 31 -
Tabla 3: Variables y formatos establecidos por el modelo de calidad del hábitat del software InVEST.	- 36 -
Tabla 4: Variables y formatos establecidos por el modelo de calidad del hábitat del software InVEST.	- 43 -
Tabla 5: LULC, cobertura y área de la microcuenca del río Angas.	- 45 -
Tabla 6: LULC, cobertura y área de la microcuenca del río Norcay.	- 47 -
Tabla 7: LULC, cobertura y área de la microcuenca del río Tomebamba.	- 48 -
Tabla 8: LULC, cobertura y área de la microcuenca del río Yanuncay.	- 50 -
Tabla 9: LULC, cobertura y área de la microcuenca del río Angas.	- 52 -
Tabla 10: LULC base, cobertura y área de la microcuenca del río Norcay.	- 53 -
Tabla 11: LULC, cobertura y área de la microcuenca del río Tomebamba.	- 55 -
Tabla 12: LULC, cobertura y área de la microcuenca del río Yanuncay.	- 56 -
Tabla 13: Amenazas establecidas en la microcuenca Angas, con sus abreviaturas.	- 59 -
Tabla 14: Amenazas establecidas en las microcuencas Norcay, Angas, Tomebamba y Yanuncay, con sus abreviaturas.	- 60 -
Tabla 15: Amenazas establecidas en las microcuencas Norcay, Angas, Tomebamba y Yanuncay, con sus abreviaturas.	- 62 -
Tabla 16: Amenazas establecidas en las microcuencas Norcay, Angas, Tomebamba y Yanuncay, con sus abreviaturas.	- 63 -
Tabla 17: Escala fundamental de comparación por pares.	- 67 -
Tabla 18: Matriz de comparación de elementos (criterios y alternativas aplican esta matriz).	- 67 -
Tabla 19: Pesos resultantes para los criterios y alternativas de la microcuenca Angas.	- 68 -
Tabla 20: Pesos resultantes para los criterios y alternativas de la microcuenca Norcay.	- 69 -
Tabla 21: Pesos resultantes para los criterios y alternativas de la microcuenca Tomebamba.	- 70 -
Tabla 22: Pesos resultantes para los criterios y alternativas de la microcuenca Yanuncay.	- 71 -
Tabla 23: Pesos establecidos a escala InVEST para cada amenaza en la microcuenca Angas.	- 72 -
Tabla 24: Pesos establecidos a escala InVEST para cada amenaza en la microcuenca Norcay.	- 72 -

Tabla 25: Pesos establecidos a escala InVEST para cada amenaza en la microcuenca Tomebamba.	- 73 -
Tabla 26: Pesos establecidos a escala InVEST para cada amenaza en la microcuenca Yanuncay.	- 73 -
Tabla 27: Tabla de amenazas establecida para la microcuenca Angas.	- 74 -
Tabla 28: Tabla de amenazas establecida para la microcuenca Norcay.	- 74 -
Tabla 29: Tabla de amenazas establecida para la microcuenca Tomebamba.	- 74 -
Tabla 30: Tabla de amenazas establecida para la microcuenca Yanuncay.	- 75 -
Tabla 31: Implementación de datos en la tabla de sensibilidad para la microcuenca Angas.	- 76 -
Tabla 32: Implementación de datos en la tabla de sensibilidad para la microcuenca Norcay.	- 77 -
Tabla 33: Implementación de datos en la tabla de sensibilidad para la microcuenca Tomebamba.	- 78 -
Tabla 34: Implementación de datos en la tabla de sensibilidad para la microcuenca Yanuncay.	- 79 -
Tabla 35: Datos establecidos para los polígonos de accesibilidad de la microcuenca del río Angas.	- 82 -
Tabla 36: Datos establecidos para los polígonos de accesibilidad de la microcuenca del río Norcay.	- 83 -
Tabla 37: Datos establecidos para los polígonos de accesibilidad de la microcuenca del río Tomebamba.	- 85 -
Tabla 38: Datos establecidos para los polígonos de accesibilidad de la microcuenca del río Yanuncay.	- 86 -
Tabla 39: Resumen de resultados del modelamiento de la calidad del hábitat y degradación del hábitat.	- 112 -
Tabla 40: Resumen de resultados del modelamiento de la calidad del hábitat y degradación del hábitat con la capa de la accesibilidad.	- 112 -
Tabla 41: Resultados obtenidos del modelo de rareza del hábitat en la microcuenca del Angas.	- 114 -
Tabla 42: Resultados obtenidos del modelo de rareza del hábitat en la microcuenca del Norcay.	- 116 -
Tabla 43: Resultados obtenidos del modelo de rareza del hábitat en la microcuenca del Tomebamba.	- 118 -
Tabla 44: Resultados obtenidos del modelo de rareza del hábitat en la microcuenca del Yanuncay.	- 120 -
Tabla 45: Resultados del modelo lineal generalizado entre la riqueza versus la microcuenca y la elevación.	- 121 -
Tabla 46: Tabla de comparación de la significancia para cada microcuenca de estudio.	- 122 -

Tabla 47: Tabla de comparación de los gradientes ambientales. _____	- 122 -
Tabla 48: Pesos establecidos según la riqueza e interacción al transecto CSP30 de la microcuenca Angas y su transformación a pesos InVEST. _____	- 159 -
Tabla 49: Pesos establecidos según la riqueza e interacción al transecto CSP35 de la microcuenca Angas y su transformación a pesos InVEST. _____	- 159 -
Tabla 50: Pesos establecidos según la riqueza e interacción al transecto CSP40 de la microcuenca Angas. _____	- 159 -
Tabla 51: Pesos establecidos según la riqueza e interacción al transecto CMP30 de la microcuenca Norcay. _____	- 159 -
Tabla 52: Pesos establecidos según la riqueza e interacción al transecto CMP35 de la microcuenca Norcay. _____	- 160 -
Tabla 53: Pesos establecidos según la riqueza e interacción al transecto CMP40 de la microcuenca Norcay. _____	- 160 -
Tabla 54: Pesos establecidos según la riqueza e interacción al transecto CMA30 de la microcuenca Tomebamba. _____	- 160 -
Tabla 55: Pesos establecidos según la riqueza e interacción al transecto CMA35 de la microcuenca Tomebamba. _____	- 161 -
Tabla 56: Pesos establecidos según la riqueza e interacción al transecto CMA40 de la microcuenca Tomebamba. _____	- 161 -
Tabla 57: Pesos establecidos según la riqueza e interacción al transecto CSA30 de la microcuenca Yanuncay. _____	- 161 -
Tabla 58: Pesos establecidos según la riqueza e interacción al transecto CSA35 de la microcuenca Yanuncay. _____	- 162 -
Tabla 59: Pesos establecidos según la riqueza e interacción al transecto CSA35 de la microcuenca Yanuncay. _____	- 162 -
Tabla 60: Amenazas establecidas para el transecto CSP30 de la microcuenca del río Angas. _____	- 163 -
Tabla 61: Amenazas establecidas para el transecto CSP35 de la microcuenca del río Angas. _____	- 163 -
Tabla 62: Amenazas establecidas para el transecto CSP40 de la microcuenca del río Angas. _____	- 163 -
Tabla 63: Amenazas establecidas para el transecto CMP30 de la microcuenca del río Norcay. _____	- 164 -
Tabla 64: Amenazas establecidas para el transecto CMP35 de la microcuenca del río Norcay. _____	- 164 -
Tabla 65: Amenazas establecidas para el transecto CMP40 de la microcuenca del río Norcay. _____	- 164 -
Tabla 66: Amenazas establecidas para el transecto CMA30 de la microcuenca del río Tomebamba. _____	- 165 -

Tabla 67: Amenazas establecidas para el transecto CMA35 de la microcuenca del río Tomebamba. _____ - 165 -

Tabla 68: Amenazas establecidas para el transecto CMA40 de la microcuenca del río Tomebamba. _____ - 166 -

Tabla 69: Amenazas establecidas para el transecto CSA30 de la microcuenca del río Yanuncay. _____ - 166 -

Tabla 70: Amenazas establecidas para el transecto CSA35 de la microcuenca del río Yanuncay. _____ - 166 -

Tabla 71: Amenazas establecidas para el transecto CSA40 de la microcuenca del río Yanuncay. _____ - 167 -

LISTA DE ANEXOS

- Anexo 1:** Datos establecidos en la Matriz AHP. _____ - 146 -
- Anexo 2:** Pesos hallados por cada transecto a 3.000, 3500 y 4.000 m.s.n.m. en las microcuencas Norcay, Angas, Tomebamba y Yanuncay. _____ - 159 -
- Anexo 3:** Datos establecidos para la tabla de amenazas del software InVEST de cada transecto de cada microcuenca estudiada. _____ - 163 -
- Anexo 4:** Datos utilizados para el modelamiento en el software InVEST y el escritorio utilizado. _____ - 167 -
- Anexo 5:** Códigos utilizados en el software Rstudio para hallar la riqueza de los insectos polinizadores. _____ - 170 -

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas son sistemas integrados por una comunidad biótica y abiótica que prestan bienes y servicios ecosistémicos al ser humano proveyendo una mejor calidad de vida. Los diferentes ecosistemas del planeta se han venido degradando a niveles máximos y en muy poco tiempo relativo en comparación con los demás periodos de la historia a partir de la segunda mitad del siglo XX, en muchos casos son irreversibles como la diversidad biológica afectada mayormente por el desarrollo de grandes metrópolis, empujando el espacio de hábitat de especies únicas y problemas como la caza furtiva. Las alteraciones y deterioro del hábitat se dan de forma exponencial, provocando que la pobreza aumente junto con la migración de poblaciones humanas, lo que genera la pérdida de culturas e identidad social. A partir de todos estos acontecimientos el ser humano se percata de la importancia de los ecosistemas y de los servicios que brindan en mejora de la calidad de vida, dándole un valor ambiental, económico y social (ASHES TO LIFE, 2022).

Durante la década de 1970 surge una crisis ambiental y económica, los países más industrializados presentaron problemas ambientales graves de contaminación y degradación ambiental, los científicos y ambientalistas de esa época alertaron de los efectos de la sobreexplotación y uso de recursos considerándolos limitados y no ilimitados como se pensaba hasta ese momento, por lo que, concluyeron que la naturaleza desempeña un rol muy trascendental en la prestación de los diferentes servicios ecosistémicos, estimando su valor entre 16 y 54 billones de dólares USD por economistas capitalistas (Movimiento Mundial por los Bosques Tropicales, 2012).

La calidad del hábitat proporciona a los seres vivos condiciones adecuadas para su perseverancia individual y poblacional. Se denominan servicios ecosistémicos a los beneficios que la biósfera proporciona al ser humano, satisfaciendo sus necesidades esenciales para su bienestar, haciendo que la calidad de vida humana sea mucho mejor. Los servicios que aporta la naturaleza son: servicios de suministro (alimentos, recursos genéticos, madera y fibra, bioquímicos, fuentes de energía), servicios culturales (educativos, espirituales, religiosos) y servicios de regulación (regulación de enfermedades, clima, enfermedades, plagas, calidad de agua), estableciendo un vínculo entre estos servicios y los ecosistemas con el bienestar del ser humano. En 2014 se estimó en unos 125 billones de USD su valor económico, sin embargo, a causa de la inadecuada atención política y económica de los gobiernos de turno no se asignan recursos económicos para su protección (Millennium Ecosystem Assessment, 2005; Organización de las Naciones Unidas, 2010; Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación, 2018; Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2023c).

Las actividades antrópicas han generado una presión en los ecosistemas afectando los servicios que este brinda al ser humano y por lo tanto afectando sus propios bienes, siendo esta presión aun mayor al pasar el tiempo. La presión generada sobre la polinización crecerá

notablemente en los siguientes años. Este problema agrava la posibilidad de los ecosistemas de mantener sus servicios ecológicos como consecuencia del cambio en la cobertura y uso de suelo, en gran medida debido al aumento de la frontera agrícola el 40% del suelo está degradado (Obeso & Herrera, 2017).

Según el INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos) en Ecuador la tasa media de la categoría de cultivo transitorio entre los años 2005 y 2012 presenta una variación del -0,57%, así mismo para la categoría de pasto cultivado tiene una variación del -0,05%, la cobertura de bosques y montes tuvo una tasa anual del 0,19% entre los mismos años (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2012).

Según el BID (Banco Interamericano de Desarrollo) existe una disminución del 30% de la cobertura vegetal entre los años 1987, 2002 y 2010 en la ciudad de Cuenca, donde la cobertura que más aumento fue la de zonas urbanas y dispersas con un incremento del 29,69%. Al finalizar el estudio se concluyó que durante estos 23 años el suelo urbano tuvo un incremento del 155% para zonas residenciales y un 600% de incremento para zonas industriales. Entre los años de 1991 y 2001 la superficie de pastos y cultivos incrementaron un 19,3%, contrario a la cobertura de páramo que se redujo un 32%. Entre los años 2000 y 2013 existe un incremento del 18,24% en suelo para uso agropecuario y urbano, todos estos cambios de cobertura de suelo disminuyeron las áreas naturales del cantón (Pinos, 2016).

Las cuencas hidrográficas como parte de los servicios ecosistémicos proveen de agua al ser humano mediante sistemas hídricos conectados por afluentes y efluentes que son descargados en una gran extensión territorial. Por ello, el estado ambiental en que se encuentren va a generar ambientes apropiados para la permanencia de los seres vivos a nivel poblacional e individual, por lo que, el crecimiento de las comunidades se relaciona con la calidad del hábitat en la que interactúan, mejorando así la condición de vida de las personas según como estas sustenten su entorno (Vásquez et al., 2019).

El servicio ecosistémico de la polinización se genera por las interacciones planta-polinizador donde las plantas dependen de los polinizadores (murciélagos, insectos y aves) y viceversa generando un beneficio mutuo ya que la planta al ser visitada por los polinizadores transporta el polen obtenido a cada flor que este visite generando su reproducción, así mismo los polinizadores obtienen nutrientes y energía como el néctar y el polen favoreciendo así el desarrollo y el sostenimiento de la biodiversidad a nivel global y debido a su servicio brindará estabilidad al ecosistema. El agua y el viento son los vectores abióticos que ayudan a la polinización, sin embargo, la gran parte de plantas angiospermas (con flor) se relacionan con la polinización biótica, por lo que, la polinización por animales es de gran importancia para la generación de nuevas plantas y la misma como servicio ecosistémico al ser humano, además de los frutos comestibles (Sandoz-Maglianesi, 2016).

Los insectos polinizadores ofrecen servicios esenciales de polinización apoyando de manera crucial y significativa la diversidad y variedad de especies de plantas del mundo, siendo parte

importante para el sector agrícola mundial. Dentro del campo de cultivos más importantes que consumen los seres humanos el 75% se relaciona con la polinización animal para la obtención de frutos, así mismo, el 80% de plantas silvestres para producir semilla necesitan de la polinización. En los últimos años las poblaciones de polinizadores han disminuido de forma acelerada convirtiéndose en un problema económico, ambiental y de seguridad alimentaria (Bayer, 2018; Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2014; Sosenski et al., 2018).

Para la biodiversidad su peor enemigo es el cambio climático, ya que, puede tener impactos negativos sobre los insectos polinizadores y en su diversidad funcional con las especies de plantas a escala mundial. Los insectos polinizadores a nivel mundial están desapareciendo, diversas evidencias científicas vinculan el cambio climático con el descenso de los insectos polinizadores. Estas afectaciones a los insectos polinizadores cambian la distribución de los mismos en los diferentes continentes, siendo estos independientes al cambio de uso de pesticidas y de la cobertura del suelo (Aizen & Harder, 2009).

El cambio climático se relacionó con el declive en la distribución de abejas silvestres y sirfidos, relacionando así la pérdida de especies por acción del clima. Otro ejemplo de ello es el caso de las especies de lepidópteros que, a causa del cambio climático, uso de pesticidas y la degradación de su hábitat su biodiversidad ha disminuido considerablemente. (Dormann et al., 2008; Williams & Osborne, 2009).

Por todo lo anterior, este trabajo tiene como finalidad determinar y evaluar la calidad y rareza del hábitat y su estado de degradación mediante un modelo de valoración de comunidades de insectos polinizadores por medio de proyecciones de mapas de cobertura y uso de suelo, estableciendo una variación espacio-temporal de estas especies mediante su relación con las gradientes ambientales de las cuencas hidrográficas de estudio. Por lo que, el objetivo del siguiente trabajo es desarrollar modelos ecosistémicos para mapear y valorar bienes y servicios de la naturaleza, con énfasis en la polinización como herramienta para la gestión y el monitoreo de cuatro cuencas de los altos Andes del Macizo del Cajas.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo General

Desarrollar modelos ecosistémicos para mapear y valorar los bienes y servicios de la naturaleza, como herramienta para la gestión y el monitoreo de cuatro cuencas de los altos Andes del Macizo del Cajas.

1.1.2 Objetivos específicos

Determinar la calidad del hábitat y su estado de degradación, mediante un modelo para valorar las condiciones apropiadas para la persistencia de las comunidades de insectos polinizadores.

Evaluar la rareza relativa del hábitat de los insectos polinizadores independientemente de su calidad, mediante mapas de uso y cobertura del suelo.

Establecer la variación espacio-temporal de las especies mutualistas en el proceso de polinización, mediante su relación con los gradientes ambientales.

1.2 Justificación

En la provincia del Azuay específicamente en la Reserva de Biósfera UNESCO-MAB, Macizo del Cajas que se encuentra dentro de los límites del cantón Cuenca, no existe una evaluación de calidad, degradación y rareza del hábitat de las cuencas hidrográficas en relación con la cobertura y uso de suelo y la presencia de insectos polinizadores, con el sistema de valoración integrada de servicios y compensaciones de ecosistemas (InVEST). Existe un deterioro de los ecosistemas terrestres, debido al cambio en la cobertura del suelo, el cambio climático, introducción de especies invasoras, entre otros, por efecto de las actividades antrópicas. Por lo tanto, su finalidad es desarrollar una herramienta de toma de decisiones para evaluar la calidad, degradación y rareza del hábitat de cuatro cuencas de los altos Andes del Macizo del Cajas con relación con los insectos polinizadores. Así mismo servir de base para futuros estudios del tema y sus aplicaciones en problemáticas ambientales entorno a la calidad, degradación y rareza del hábitat de una cuenca hidrográfica específica, para así tomar decisiones de manejo de estos ecosistemas.

CAPÍTULO II

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Ecosistema

Un ecosistema es un sistema estable e inestable dependiendo de su tiempo de evolución y adaptación, formado por un componente biótico (animales y plantas) y un componente abiótico (factores físicos y químicos). Sus sistemas se entrelazan, interactúan, se superponen en un espacio determinado con intercambio de materia y energía (Tansley 1935; Krebs 1985; Smith y Smith 2007; Fernández-Gama et al. 2020).

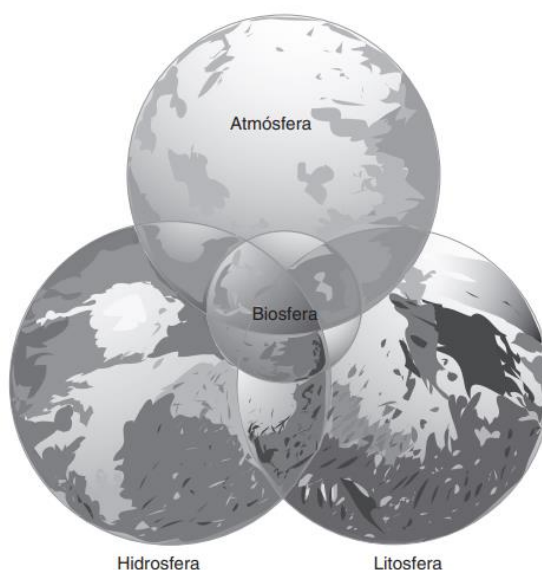


Figura 1: Representación de la ecósfera.

Fuente: (Mihelcic & Aimmerman, 2012).

2.1.1 Estructura y función del ecosistema

El planeta Tierra se concibe como un gran ser de materia biótica y abiótica, integrado por tres grandes esferas: litósfera (suelo), la hidrósfera (agua) y la atmósfera (aire), las cuales serían el componente abiótico. La biósfera en cambio constituye todo lo que tiene vida o el componente biótico de la Tierra e intercepta con las esferas abióticas. La intersección del medio biótico (biósfera) y el medio abiótico (litósfera, hidrósfera y atmósfera), los seres vivos y el entorno se constituyen en uno solo llamado ecosistema (Mihelcic & Aimmerman, 2012).

2.1.2 Flujo de energía de los ecosistemas

En los ecosistemas el flujo de energía varía mucho en tanto a sus condiciones físicas como la variación de sus factores climáticos (temperatura, precipitación, luz del día, viento), estructura del suelo y su química. Los organismos requieren de químicos y energía para proveer sustancias y funcionar respectivamente.

El flujo de energía no es un ciclo, sin embargo, se convierte en calor y lo pierde en procesos útiles para el ecosistema o para su correcto funcionamiento (Mihelcic & Aimmerman, 2012).

Fotosíntesis (captura de energía)

Se llama fotosíntesis al proceso de transformación de energía luminosa a química, en el cual el Sol proporciona toda la energía al planeta Tierra, los ecosistemas terrestres y acuáticos capturan esta energía, por medio de los pigmentos de las plantas (clorofila especialmente) (Mihelcic & Aimmerman, 2012).

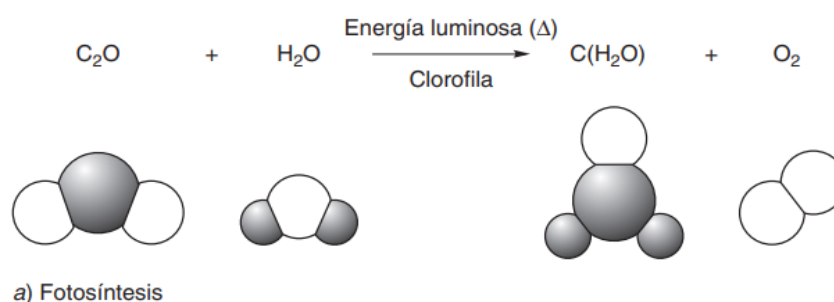


Figura 2: Representación del proceso de fotosíntesis, en dónde la clorofila que es un pigmento captura la energía luminosa para convertirla en energía química, posteriormente almacenarla en carbohidratos con enlaces simples y luego se transforman en moléculas más complejas.

Fuente: (Mihelcic & Aimmerman, 2012).

Respiración (uso de energía)

En la respiración la energía química de oxidación-reducción almacenada en la fotosíntesis es liberada para que los diferentes organismos y plantas puedan cumplir sus funciones de trabajo (bacterias-plantas-animales) (Mihelcic & Aimmerman, 2012).

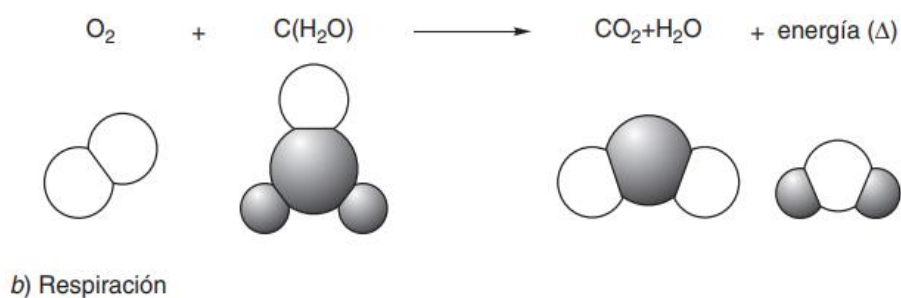


Figura 3: Proceso de la respiración, la energía que se almacena en enlaces químicos es liberada manteniendo su metabolismo.

Fuente: (Mihelcic & Aimmerman, 2012).

Existen dos tipos de respiración, la aeróbica (presencia de oxígeno) donde los organismos usan el oxígeno para desarrollarse y vivir, y la respiración anaerobia (ausencia de oxígeno) como microbios que no toleran el oxígeno, pero utilizan nitrato o sulfato para su desarrollo. Sin embargo,

existen microbios con opción para realizar su metabolismo de manera anaerobia y aerobia esto va a depender de la presencia de oxígeno o su no presencia en su medio (Mihelcic & Aimmerman, 2012).

2.1.3 Estructura trófica de los ecosistemas

Todos los seres vivos del planeta necesitan para su desarrollo una fuente de carbono. Los seres autótrofos adquieren carbono de compuestos inorgánicos, se alimentan de organismos fotosintéticos y de sí mismos al final de sus procesos químicos orgánicos que sintetizan como la celulosa, grasas o proteínas denominadas como materia orgánica. Los seres heterótrofos obtienen carbono de la materia orgánica generada por otros organismos, como la mayoría de bacterias y animales.

En los ecosistemas la estructura trófica contiene componentes bióticos (productores, consumidores y descomponedores) y diferentes ambientes abióticos. Los productores están constituidos mayormente por plantas que almacenan y producen compuestos complejos proveyendo energía y sustancias para otros organismos.

Los herbívoros o consumidores primarios son organismos que se alimentan de las plantas. Aquellos que consumen a los herbívoros son denominados carnívoros o consumidores secundarios, clasificándose en carnívoros de orden terciario y cuaternario. Los omnívoros son organismos que consumen tanto plantas como animales. Existen diferentes tipos de consumo en las estructuras tróficas que representan a diferentes cadenas alimentarias, dependiendo de la comunidad biótica y abiótica existente (Mihelcic & Aimmerman, 2012).

2.1.4 Flujo de material en los ecosistemas

Los flujos de la materia y energía se llevan a cabo en la atmósfera, hidrósfera, litósfera, tropósfera, etc. Estos se dan a través de los ciclos biogeoquímicos, importantes para el desarrollo de los organismos, estos circulan por todos los componentes de los ecosistemas como: el carbono, fósforo, agua, azufre y nitrógeno.

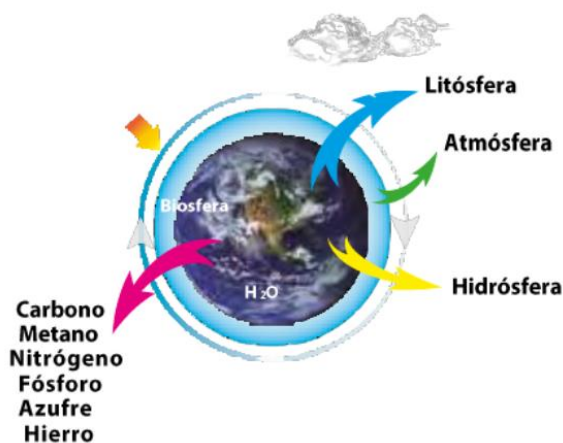


Figura 4: Los ciclos biogeoquímicos se llevan a cabo por intercambio de materia, la cual se transforma.

Fuente: (Fernández-Gama et al., 2020).

2.2 Los ciclos biogeoquímicos

En los ciclos biogeoquímicos se da el traslado de nutrientes (carbono, potasio, oxígeno, nitrógeno, hidrógeno, fósforo, azufre, sodio y calcio) y elementos entre: seres vivos, corteza terrestre, biomasa, hidrósfera y atmósfera, mediante procesos de producción y descomposición, impulsando los ciclos de materiales mediante la disipación de energía. Son ciclos esenciales para el desarrollo de la vida, ya que fluyen en el entorno de los organismos recíprocamente (Coppiarolo et al., 2022).

2.2.1 Clasificación de los servicios biogeoquímicos

Estos ciclos son ineludibles para el desarrollo de la vida. Existen tres diferentes tipos de servicios biogeoquímicos, sin embargo, todos se correlacionan entre sí, los cuales se describen a continuación:

Ciclos biogeoquímicos atmosféricos o gaseosos: el carbono, oxígeno y nitrógeno, etc. Son algunos de los componentes que cumplen estos ciclos gaseosos, estos están supeditados al traslado del vapor de agua que arrastra, la dirección de los vientos y a las precipitaciones que regresan a los diferentes sistemas acuáticos y terrestres.

Ciclos biogeoquímicos sedimentarios: aquí participan elementos como los minerales, el suelo y las rocas. Las sales minerales se disuelven en ríos, mares, lagos y lagunas, se integran al suelo por efecto de la erosión y regresan al suelo por acción de la sedimentación en diferentes cuerpos de agua y nuevamente se reinicia por efecto de diferentes procesos de erosión de la corteza.

Ciclos biogeoquímicos mixtos: es la combinación de los ciclos sedimentarios y gaseosos, ya que sus elementos se encuentran tanto en la corteza terrestre como en la atmósfera (Fernández-Gama et al., 2020).

2.2.2 Ciclos biogeoquímicos más importantes

Ciclo del agua

Para los seres vivos y plantas este ciclo es muy importante, sin embargo, no depende de ellos para su realización. El Sol y la gravedad del planeta Tierra son los responsables de que el agua efluya por todo el planeta en este ciclo. Inicia con el calentamiento de los océanos a través del Sol y en forma de vapor, el agua sube hacia la atmósfera para convertirse en nubes, que son arrastrados por la gravedad y por los vientos en diferentes direcciones o por el paso de cordilleras o zonas de montaña. Posteriormente, el agua en estado líquido o sólido (granizo o nieve) dependiendo de la

temperatura atmosférica se precipita hasta llegar al suelo y océanos de todo el mundo, generando cursos de agua, después en ríos que nuevamente trasladan el agua hacia los océanos en donde reinicia su ciclo. Parte del agua que no llega a los océanos se filtra por el suelo formando acuíferos (Fernández-Gama et al., 2020).

Ciclo del oxígeno y del carbono

Estos dos ciclos se encuentran ligados gracias al proceso de fotosíntesis y de respiración, ya que el ciclo del oxígeno en el proceso de respiración transforma el carbono orgánico en dióxido de carbono (CO_2) en el ciclo del carbono.

Existe una interrelación entre la respiración y la fotosíntesis, regulando el equilibrio de energía en los ecosistemas y manteniendo a pleno el nivel de oxígeno indispensable para la vida en sistemas terrestres, aéreos y acuáticos, debido a que algunas bacterias y las plantas realizan la fotosíntesis y todos los organismos del planeta realizan el proceso de respiración, incluso los organismos fotosintéticos (Mihelcic & Aimmerman, 2012).

Ciclo del nitrógeno

En este ciclo el nitrógeno se encarga de formar las proteínas y parte de otras moléculas como es el ADN. El 78% de este elemento se encuentra en la atmósfera, sin embargo, no se toma directamente por parte de los organismos vivos, ya que el nitrógeno se encuentra en el agua y suelo en depósitos en forma de nitratos y amoníaco y también en los tejidos de los organismos.

Las bacterias nitrificantes fijan el nitrógeno del suelo, algunas de ellas viven en las raíces de las plantas, un ejemplo de ello, es el caso de las plantas leguminosas que convierten el nitrógeno en amoníaco o en nitratos, que también se produce a partir del nitrógeno (N_2) durante descargas eléctricas en la atmósfera, precipitándose después por medio de la lluvia enriqueciendo el suelo, dónde por acción de organismos descomponedores como hongos y bacterias, se reincorpora al ciclo del nitrógeno al final de la cadena alimenticia (Fernández-Gama et al., 2020).

Ciclo del fósforo

El ADN se forma en este ciclo, siendo la principal molécula que almacena energía. El fósforo se encuentra mayormente en la corteza terrestre y rocas marinas, la mayoría del tiempo el oxígeno y el fósforo están unidos en forma de fosfatos en el agua, suelo y en rocas. El fósforo es arrastrado a los océanos o lagos por efecto de la erosión a causa de la lluvia para ser utilizado posteriormente por los productores.

El fósforo mediante la cadena alimenticia de los seres vivos se traslada a cada organismo, almacenándose en sus células donde desechan los excedentes llegando a los océanos, depositándose en lechos marinos que por acción de los descomponedores se reincorpora a su ciclo al final de la cadena alimenticia (Curtis, 2015).

Ciclo del azufre

La principal fuente de compuestos de azufre son los suelos y rocas trasladados mediante la precipitación y posterior deposición atmosférica, donde su principal mediador se da de manera microbiana. Este ciclo empieza con la fijación de nitrógeno de forma natural en la corteza terrestre, formando óxidos, luego ácidos y al final sales, que finalmente absorben las plantas por medio de sus raíces, luego se transforman en aminoácidos, se forman las proteínas y moléculas pesadas y complejas por acción de la fotosíntesis (Calixto-Flores et al., 2019).

2.3 Servicios ecosistémicos

Se denominan servicios ecosistémicos a los beneficios que la biósfera proporciona al ser humano de manera directa o indirecta, haciendo posible la vida del ser humano. Se estimó en 125 billones de dólares americanos su valor económico, sin embargo, no recibe una protección y ordenación adecuada. La naturaleza proporciona diferentes tipos de servicios al ser humano como los son los servicios de aprovisionamiento (madera y fibra, alimentos); servicios de regulación (polinización, clima, enfermedades, inundaciones calidad de agua y desechos); servicios culturales (beneficios recreativos, espirituales y estéticos) y servicios de apoyo (formación del suelo, el ciclo de nutrientes y la fotosíntesis) (Millennium Ecosystem Assessment, 2005).

2.4 Evaluación y valoración de servicios ecosistémicos

Los servicios que ofrece la naturaleza se han visto afectados por las acciones del hombre en ella, por lo que, la evaluación y valoración de los servicios ecosistémicos son pasos importantes para reconocer su valor económico y ambiental, ya que estos contribuyen al desarrollo correcto de la agricultura, ganadería pesca y actividades forestales importantes para el desarrollo económico y alimenticio de un lugar en específico o a nivel internacional, por lo tanto, tiene mucho que ver con la economía mundial, fomentando su inversión para su gestión apropiada. La dependencia de las actividades humanas a los servicios ecosistémicos es directa, por lo cual, debe ser sostenible con el tiempo para su buen aprovechamiento. Existen servicios que se pueden evidenciar a simple vista, como la provisión de agua limpia y aire limpio con determinadas valoraciones sociales, sin embargo, existen servicios que no pueden ser diferenciados a simple vista, por lo que, no se le toma la debida atención, gestión y valoración, estos servicios son: los ciclos biogeoquímicos y el control natural de plagas (Organización de las Naciones Unidas, 2023b).

A partir de estas situaciones en los últimos años con la evolución tecnológica se han elaborado diferentes tipos de herramientas que permitan evaluar, analizar y documentar los servicios ecosistémicos, mediante modelos de softwares que permiten representar de forma espacialmente explícita estos datos en diferentes fuentes de información. En territorios con conflictos ambientales con proyectos de “desarrollo” que afecte o altere la biodiversidad de una zona como: la construcción de hidroeléctricas, carreteras y actividades antropogénicas como: la agricultura y ganadería, han llevado a establecer pautas políticas para el análisis y valoración de

estos servicios, sus impactos en la sociedad y en seres vivos, enfocada a referentes de cobertura y uso de suelo y su desarrollo integral (Ríos-Galárraga, 2019).

En la actualidad las herramientas para evaluar los ecosistemas y sus servicios son más numerosas, incluso se acoplan a otros softwares para complementar y mejorar la información proporcionada, de tal manera, que la persona común y corriente pueda entender el resultado de cada estudio (Ochoa, 2015).

Según los autores Kosmus, Renner y Ullrich los modelos se definen como: “representaciones simplificadas de la realidad con expresiones matemáticas que representan las complejas interacciones entre elementos físicos, biológicos y socioeconómicos de los ecosistemas” (Kosmus et al., 2012).

2.4.1 Clasificación de los servicios ecosistémicos

Actualmente se han clasificado los servicios ecosistémicos en relación con su tipo de servicio, no obstante, todos estos están interrelacionados entre sí para su correcto funcionamiento como son los siguientes:

Servicios de aprovisionamiento o abastecimiento: bien material que los ecosistemas proveen al ser humano que en función de sus requerimientos elabora una variedad de productos como: alimento (derivados microbios animales y plantas), productos farmacéuticos y bioquímicos y medicinas naturales (aditivos alimentarios, medicamentos biocidas y materiales biológicos), fibra (lana, seda, cáñamo, madera y yute), combustible (materiales biológicos con fuentes de energía, estiércol y madera), recursos genéticos (información genética, genes, biotecnología y fitomejoramiento), recursos ornamentales (todo producto que venga de especie vegetal o animal como conchas, flores y pieles) y agua dulce (como suministro para el ser humano) (Millennium Ecosystem Assessment, 2005).

Servicios de regulación: se encargan de regular los procesos que los ecosistemas realizan para mantener su equilibrio: regulación del clima (secuestro o emisión de gases de efecto invernadero), regulación de la calidad del aire (aportación de productos químicos y extracción de productos químicos de la atmósfera), regulación del agua (magnitud y tiempo de escorrentía), regulación de la erosión (cobertura vegetal en buenas condiciones), depuración de aguas y tratamiento de residuos (filtración, eliminación y descomposición de desechos orgánicos y desintoxicar compuestos), regulación de enfermedades (control de patógenos humanos y vectores), regulación de plagas (prevalencia de plagas en enfermedades, ganado y cultivos), polinización (eficacia, abundancia y distribución de polinizadores) y la regulación de peligros naturales (manglares y arrecifes en un ecosistema marino) (Millennium Ecosystem Assessment, 2005).

Servicios culturales: se establecen como los bienes inmateriales proporcionados por la naturaleza para el desarrollo cognitivo, recreación, reflexión, experiencias estéticas y enriquecimiento espiritual de los seres humanos como: valores espirituales y religiosos (ecosistemas

y sus componentes), diversidad cultural (diversidad de ecosistemas), valores educativos (procesos y componentes de los ecosistemas como base), sistemas de conocimiento tradicional y formal (influye los ecosistemas), inspiración (para folclore, arte, arquitectura, publicidad y símbolos nacionales), valores estéticos (ubicación de vivienda, unidades de paisajes y ubicación de vivienda y parques), relaciones sociales (sociedades diferentes culturas), sentido de lugar (características del entorno), valores de patrimonio cultural (especies y “paisajes culturales”), y la recreación y ecoturismo (tiempo libre de los seres humanos) (Millennium Ecosystem Assessment, 2005).

Servicios de apoyo: son los responsables de la generación de todos los servicios ecológicos, pasan desapercibidos a la vista del ser humano ya que pueden efectuarse en un lapso de tiempo considerable, por lo que, su impacto puede ser indirecto : formación del suelo (tasa de formación y fertilidad del suelo), fotosíntesis (producción de oxígeno), producción primaria (acumulación de energía por los organismos y nutrientes), ciclo de nutrientes (esenciales para la vida como en N y P mediante un ciclo cada uno de ellos a diferentes concentraciones), y el ciclo del agua (mediante un ciclo esencial para la vida de los organismos vivos) (Millennium Ecosystem Assessment, 2005).

A continuación, en el siguiente cuadro se detalla la clasificación de los servicios ecosistémicos:

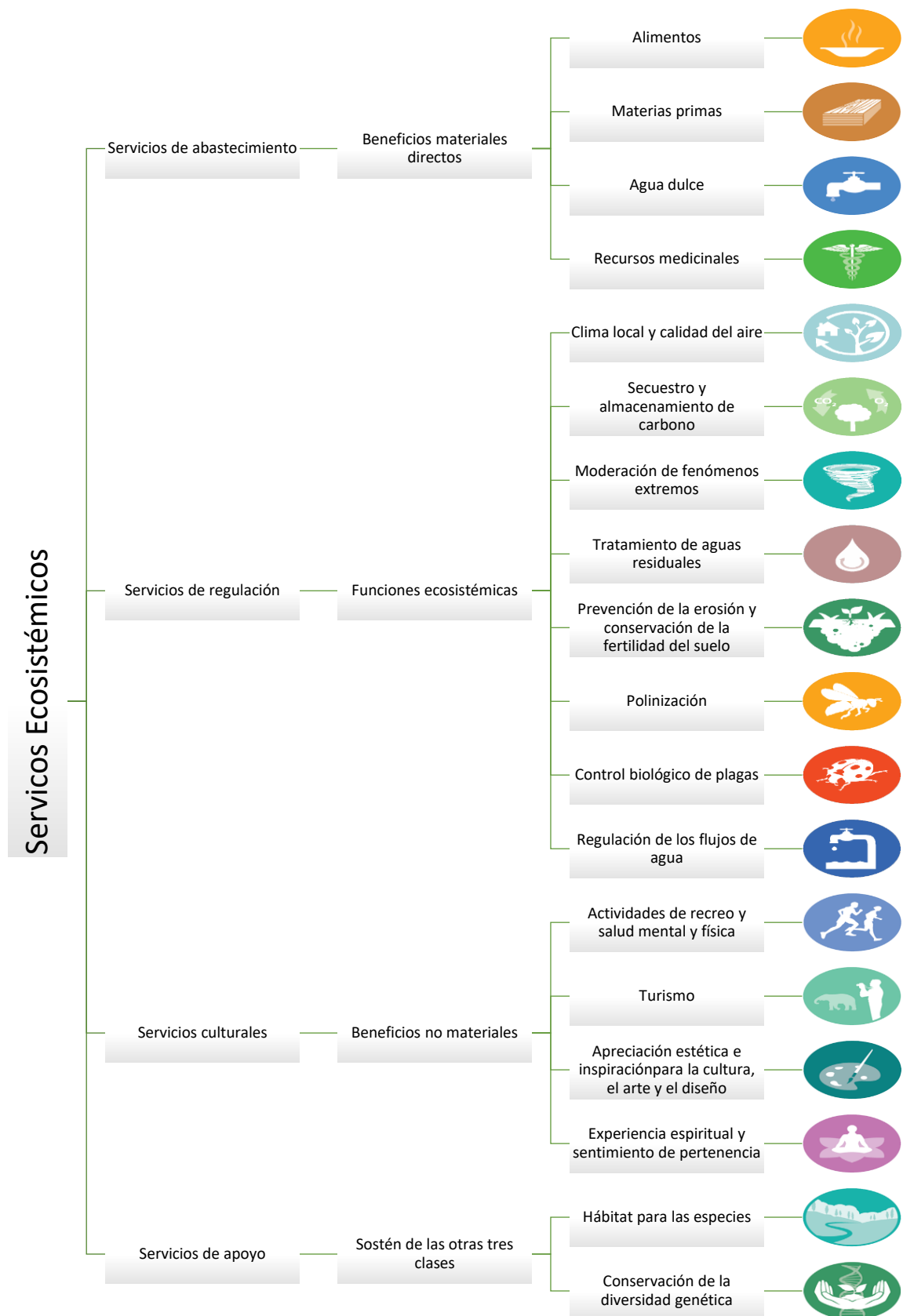


Figura 5: Clasificación de los servicios ecosistémicos.

Fuente: (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2023a)

2.5 Servicios ecosistémicos de apoyo o soporte

Estos servicios son trascendentales para plantas y animales ya que proporcionan espacios vitales para su desarrollo y conservan su diversidad, sirven como base para la generación de los otros servicios y ecosistemas. (Ministerio del Ambiente del Ecuador et al., 2018).

Se clasifican en dos tipos que son: hábitat para especies y conservación de la diversidad genética. La diversidad genética depende de la calidad de hábitat de las especies, por lo que, el buen estado del hábitat generará una mejor diversidad genética entre las poblaciones de seres vivos existentes en un lugar específico, estos se detallan a continuación:

2.5.1 Hábitat para especies o calidad de hábitat

El grado de diversidad y persistencia de familias de plantas y animales depende de la calidad de los hábitats donde se desarrollen, ya que estos les sustentan de servicios ecosistémicos y los proveen de elementos importantes para su reproducción y desarrollo como: espacio, agua, alimento y refugio. Los hábitat considerados focos de biodiversidad son aquellos con una calidad de hábitat excepcional debido a su elevada biodiversidad genética (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2023a; Ríos-Galárraga, 2019).

2.5.2 Conservación de la diversidad genética

Son genes presentes en las comunidades de especies y su variedad en cada ser vivo en particular, existiendo una diferencia en el material hereditario, lo que genera mayor diversidad genética, por lo tanto, proporcionan mejores condiciones de desarrollo de cultivos y comunidades de animales en los diferentes hábitats (Dominguez-Dominguez et al., 2019; Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2023a).

2.6 Servicios ecosistémicos de regulación

Son el beneficio inmaterial que se obtiene del ecosistema, sin ser transformados ni comercializados, regulan y mantienen la calidad del clima y del aire, controlan enfermedades e inundaciones y la polinización de los cultivos, este último importante en la generación de alimentos y de inyección económica para las poblaciones humanas, sin embargo, no son atendidos profesionalmente a tal grado de ser altamente degradados, lo que provoca su colapso y pérdida, siendo muy difícil su recuperación: (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2023b)

2.6.1 Clima local y calidad del aire

Servicio que se le atribuye a los árboles y a las plantas. Los ecosistemas incide directamente en la calidad del aire y en la alteración del clima, debido a sus características bióticas y abióticas independiente de cada ecosistema, como por ejemplo, la presencia de árboles en un lugar específico va a proporcionar un clima menos desértico que en donde no existan, su presencia influye en la disponibilidad y la precipitación pluvial a nivel local y global, regulan la calidad del aire

eliminando contaminantes presentes en la atmósfera de origen natural y antrópico (The Economics of Ecosystems & Biodiversity, 2014).

2.6.2 Moderación de fenómenos extremos

Compuestos por seres vivos y ecosistemas afectados por un evento natural o de origen antrópico, como el cambio climático o una catástrofe natural, crean amortiguadores para reducir los daños que puede producir a un ecosistema o hábitat y a un ser vivo, por ejemplo, tormentas, huracanes, tsunamis, deslizamientos de tierra, sequías e inundaciones, entre otros (Montenegro-Gómez & Julialba, 2019).

2.7 Polinización

En la polinización se transfiere las células sexuales que es el polen, a partir de los estambres de la flor hacia su estigma, dónde se realiza la fecundación que al final va a resultar en semillas y frutos. La diversidad genética y viabilidad de las plantas con flores se benefician de este proceso, ya que la mejora la calidad y cantidad de frutos y semillas. El ciclo de vida de las plantas y su desarrollo tienen mucho que ver con este servicio y en la producción de cultivos y semillas. La mayor parte de la polinización de plantas con flores, lo llevan a cabo los animales principalmente por insectos polinizadores, aves y murciélagos, debido a que son recursos necesarios para su alimentación, desarrollo y reproducción, sin embargo, este proceso también se lo realiza naturalmente de forma abiótica por el viento y el agua, por medio de sus corrientes en varias direcciones, transportando el polen hacia las flores. Los animales polinizadores inciden en la producción agrícola mundial con el 35%, con una producción del 75% en cultivos alimentarios a nivel mundial. El 80% de plantas angiospermas de todo el mundo solo pueden ser polinizadas por insectos, aves y mamíferos polinizadores (Abouhamad et al., 2017; Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, 2022; Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2014, 2023b).

La diversificación de polinizadores y de plantas angiospermas se dan a causa de millones de años de interacciones entre estas especies, actualmente se desconoce el tipo de polinización realizada a la mayoría de las 352 mil especies de angiospermas descubiertas, se estima que al menos 308 mil de estas especies dependen de la polinización biótica, lo que representa más del 85% del total de especies (Observatorio de Agentes Polinizadores, 2023).

Las plantas angiospermas dominan la vegetación actual en los grupos vasculares superiores, tienen dependencia intrínseca con la polinización animal debido a que coevolucionaron mediante interacciones, lo que generó una gran diversificación entre las dos especies (Bayer, 2018).

2.7.1 Tipos de polinización

Existen diferentes formas de transportar polen, por medio de un agente polinizador de forma biótica por animales polinizadores y de forma abiótica por medio del viento y el agua, los cuales se detallan a continuación:

Polinización zoófila o por animales

Los animales son los responsables en gran parte de la proliferación de las plantas angiospermas, el grupo más numeroso e importante son los insectos, sin embargo, algunas aves, reptiles y mamíferos como los lémures o murciélagos realizan este proceso en menor grado. La interacción entre plantas y animales polinizadores se denomina mutualista, ya que a través del tiempo evolucionaron progresivamente durante millones de años para su beneficio mutuo, por lo que, los polinizadores se benefician en forma de alimento con el polen y el néctar obtenido, para protección y para cortejos mediante las fragancias obtenidas de las flores (Montenegro-Gómez & Julialba, 2019; Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2023b).

Dentro de la polinización realizada por animales tenemos dos clasificaciones como: la polinización entomófila y la polinización ornitófila especificadas a continuación:

Polinización entomófila: realizada por insectos polinizadores, que en busca de polen o néctar visitan diferentes especies de plantas angiospermas para su alimentación, a su vez, las plantas angiospermas se benefician con el proceso de reproducción, mediante el proceso de polinización realizado por los insectos polinizadores (Museo Nacional de Historia Natural, 2015).

La mayor parte de la polinización de plantas angiospermas lo llevan a cabo principalmente los insectos polinizadores. Los insectos que más contribuyen a la polinización por excelencia son las abejas, siendo importantes para la economía y la ecología de los agroecosistemas que ayudan a la producción hortícola y al forraje de semillas en todo el planeta. La polinización de la mayoría de alimentos consumidos y comercializados a nivel global es realizada por las abejas, siendo responsables en USA de 3 billones de dólares aproximadamente en vegetales y frutas que se producen anualmente (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, 2022; García et al., 2016; Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2014).

Polinización ornitófila: las plantas con flores ornitofílicas tienen que ver con este tipo de polinización, se la realiza con la intervención de aves polinizadoras. Las plantas ornitofílicas se destacan por tener flores coloridas especialmente rojas, los estambres y el estigma aseguran el empalme con el polinizador y constan de una larga estructura tabular. Las aves polinizadoras tienen características especiales tendiendo a ser nectarívoras con picos largos, lenguas pelosas y con una gran estabilidad de vuelo para mantenerse en el aire y poder posar sobre las estructuras florales. Entre todas las especies de aves que realizan el proceso de polinización, la especie de mayor importancia son los colibríes, ya que la polinización de las flores la realizan diferentes especies de esta ave, según la especie de planta que han coevolucionado conjuntamente, teniendo una estrecha relación en su morfología y estructura, con la consecuencia de tener colibríes con diferentes tipos de picos exclusivos para cada especie de plantas ornitofílicas (Edith & Carvajal, 2020; Generación verde, 2016).

Polinización anemófila o por el viento

En la polinización anemófila el aire o viento son los agentes que actúan para su realización, considerándose de tipo abiótico, se dan en plantas gimnospermas (coníferas) y en angiospermas, se sitúan dentro de una zona con gradientes elevadas, dónde existe la presencia de fuertes vientos, escasas precipitaciones y baja humedad. El poco peso del polen generado en gran cantidad por las plantas angiospermas son susceptibles a elevarse a causa de los vientos y suelen tener estambres y pistilos extensos (Pérez-Valcárcel, 2013).

Muchas especies de plantas están adaptadas a este tipo de polinización, como las plantas anemófilas (robles, ortigas, hayas, la mayor parte de gramíneas o coníferas) sus granos de polen son muy pequeños y secos, fácilmente se transportan por el viento o por medio de sus tallos en las gramíneas, que son generalmente delgados y largos con tan solo una pequeña brisa. Existen otro tipo de adaptaciones para este sistema de polinización, algunas plantas se han adaptado para atrapar polen por medio de estigmas plumosos o por medio de filamentos estaminales largos, como un hilo atrapando en sus extremos con sus anteras expuestas (López-Martínez, 2019).

Polinización hidrofílica o por agua

Se da por medio del transporte de polen a través de cuerpos de agua hasta llegar a una flor, no es un mecanismo muy extendido, sin embargo, se ha desarrollado muy bien en plantas de agua dulce, por ejemplo, los granos de polen de la especie del género *Zostera* que se encuentran en aguas salobres, son liberados y transportados en masa. Las plantas coníferas tienen sacos de aire asociados aerodinámica e hidrodinámicamente, permitiendo transportar el polen por aire o por agua (García-Lugo & Hernández-Cumplido, 2019).

2.8 Polinización, polinizadores e insectos polinizadores en Ecuador

En el Ecuador la polinización se ha visto afectada por todas las alteraciones al medio ambiente ya mencionadas anteriormente, la pérdida de este servicio oscila entre el 2,5 y 5% a nivel nacional, cada vez es más común en zonas agrícolas esta pérdida. Ecuador no cuenta con estudios claros y estadísticos sobre las pérdidas de los polinizadores y de este servicio, solo se sabe gracias al reporte de pérdidas económicas de apicultores por la creciente mortandad de sus cultivos y su no desarrollo. El país cuenta a pesar de la poca información con cuatro tribus de abejas de la familia *Apidae* *Bombini*, *Euglossini*, *Melliponini* y *Apini*. Debido al uso indiscriminado de pesticidas en cultivos y a las diferentes actividades antrópicas, el país perdió entre 2016 y 2017 el 12,6% de colmenas de abejas. Los sistemas agrícolas del Ecuador se caracterizan por su biodiversidad dependiente de agentes polinizadores de diferentes grados, en la obtención de productos saludables y de buena calidad. La canasta básica de los ecuatorianos está íntimamente relacionada con la polinización animal y a su economía. Los productos que se exportan a nivel mundial como: cacao, café y brócoli están ligados a este proceso, sin embargo, consecuentemente se usan agroquímicos tóxicos y mortales para los polinizadores, con lo cual para los ecuatorianos el tema de polinización

es un tema de soberanía alimentaria, que si no se hace nada al respecto podría generar una hambruna a nivel del país con pérdidas económicas incalculables (Naranjo et al., 2019).

2.9 Riqueza de especies y diversidad funcional

La riqueza de las especies indica la cantidad de biodiversidad presente en ecosistemas de diferentes tamaños, su medición no se relaciona con las funciones que las especies realizan en el hábitat, sin embargo, es un atributo muy importante dentro de las diferentes comunidades biológicas en el ámbito ecológico y de conservación (Melic, 1993; Senior-Caycedo, 2019).

En cambio, la diversidad funcional tiene que ver con la distribución de las especies y su abundancia dentro de ecosistemas o determinados hábitats funcionales de comunidades determinadas, clave para entender su estructura, funcionamiento y su diversidad. Cada comunidad de especies posee rasgos funcionales característicos con nichos ecológicos específicos de determinado lugar, permitiendo entender diferentes esquemas de distribución de diferentes especies en la selección de hábitats óptimos para su desarrollo. El clima y la precipitación contribuyen a esta diversidad a lo largo de sus gradientes ambientales, llevando a las comunidades de especies a evolucionar según estos factores a través del tiempo (Hanz et al., 2019; Mouillot et al., 2013).

Cuando la biodiversidad se ve alterada causando su degradación y pérdida, genera una afectación directa a la diversidad funcional de las especies, por consiguiente, al funcionamiento y a la dinámica de los ecosistemas y sus diferentes hábitats, como a cada especie de individuo; provocando un alto grado de perturbación en la sociedad con consecuencias económicas y ambientales, ya que la oferta de sus servicios y bienes se ven afectados drásticamente (Cardinale et al., 2012).

2.10 Insectos polinizadores

Los insectos polinizadores realizan el proceso de la polinización entomófila en las flores de las plantas, utilizado por las plantas como vector para reproducirse, los insectos transportan el polen a cada flor fertilizando su parte femenina para su beneficio mutuo, su relación planta - insecto puede variar de ser generalista a especiales y personalizadas. Esta familia de insectos se responsabiliza de más del 80% de reproducción de plantas angiospermas y del 30% de la producción de cultivos a nivel mundial (Bayer, 2018)

2.10.1 Clasificación de los insectos polinizadores

La mayor parte de los insectos polinizadores más importantes pertenecen a cuatro grupos mayores que son: los himenópteros (abejas, abejorros, avispas y hormigas), los lepidópteros (mariposas), los coleópteros (escarabajos) y los dípteros (moscas y mosquitos). Existen insectos de otros grupos que también polinizan, pero a menor medida.

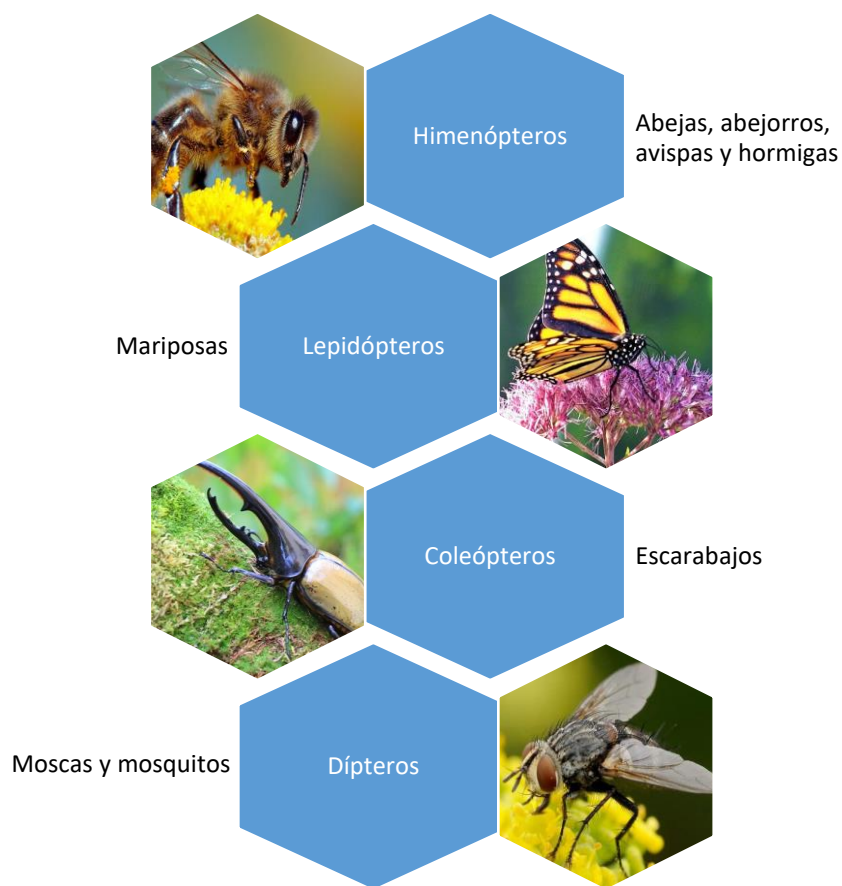


Figura 6: Clasificación de los insectos polinizadores de estudio.

Himenópteros

Son insectos evolutivamente más desarrollados debido a su conducta social, son el grupo más importante en polinizar angiospermas (plantas con flores), por lo que, son los responsables de que la vida sea posible y se desarrolle hasta el presente. En muchos estados y por parte de la investigación científica los insectos polinizadores son utilizados como control biológico, mientras que pocas especies son consideradas plagas. Se dividen en dos subórdenes o subgrupos: los *Apocrita* como las abejas, avispas y hormigas con una morfología que presenta aguijón, cintura y sus larvas no tienen patas, las larvas son alimentadas por los adultos y se desarrollan en un hospedero; y los *Symphyta*, que tienen parentesco con las orugas de mariposas y son adultos que no tienen cintura en su morfología (Zumbado-Arrieta & Azofeifa-Jiménez, 2018).

Lepidópteros

Son insectos que poseen alas con membranas cubiertas de escamas, incluye a mariposas y polillas, controlan poblaciones de plantas invasoras y sus larvas tejen capullos de seda, por lo que, son considerados un grupo importante en el proceso de polinización y dentro de los insectos polinizadores (Zumbado-Arrieta & Azofeifa-Jiménez, 2018).

Coleópteros

Son insectos que se encuentran en casi todos los ecosistemas, menos en zonas polares y marinas, el primer par de alas rígidas son su característica principal llamados élitros, que resguardan el abdomen y el segundo par de alas, diferenciados por su aparato bucal masticador. Muchas especies contribuyen al reciclaje de materia orgánica, controlan plagas y malezas considerados insectos benéficos (Zumbado-Arrieta & Azofeifa-Jiménez, 2018).

Dípteros

Son insectos conocidos como moscas, mosquitos, purrujas y zancudos, su principal característica son su par de alas funcionales y su aparato bucal diseñado para ingerir líquidos, tienen gran importancia debido a su impacto económico y sobre todo a su rol ecológico, ya que, son vectores de plagas agrícolas, de enfermedades, son parasitoides y depredadores, sin embargo, se responsabilizan de descomponer materia orgánica y de polinizar las flores. (Zumbado-Arrieta & Azofeifa-Jiménez, 2018).

2.11 Hábitat

El hábitat es el medio físico dónde se desarrollan las especies animales y vegetales, presentan condiciones y recursos en un área, que los organismos ocupan para su supervivencia y su reproducción (Di-Bitetti, 2012).

2.11.1 Calidad de hábitat

Los organismos vivos a nivel de comunidades y de forma individual necesitan de recursos que les ofrece la naturaleza para alimentarse y procrear, los hábitats proveen a los seres vivos bienes y servicios capaces de prestar un medio estable y equilibrado para su desarrollo, por lo que, su subsistencia dependerá de la calidad del mismo (Forman, 2003; The Economics of Ecosystems & Biodiversity, 2010).

2.11.2 Pérdida de hábitat

Se genera por factores naturales y antrópicos, este último siendo el más dañino, viéndose afectado el hábitat, con ello, principalmente la biodiversidad de las especies que habitan en los ecosistemas, pudiendo ser por consecuencia del cambio en la cobertura del suelo para: desarrollo urbanístico, uso agropecuario, explotación petrolera y minera, entre otras; con consecuencias drásticas dónde este hábitat ya no podrá proporcionar agua, alimento y refugio para las subsistencia de las especies, por lo que, la degradación, fragmentación y la destrucción del hábitat serán las tres principales amenazas de especies silvestres, tanto para plantas como animales a nivel global (Comisión Económica para América Latina y el Caribe, 2020).

Destrucción del hábitat

Se refiere a una afectación de alto grado que puede acabar con las especies de un lugar a causa de sus modificaciones extremas, se da mayormente por la intervención del ser humano en los hábitats para la explotación de recursos para “su desarrollo”, por ejemplo, la tala de árboles de todo un bosque, relleno de humedales, destrucción de manglares para piscinas de producción camaronera, cambios en la cobertura y el uso que se le da al suelo en una zona específica (Sánchez, 2019).

Fragmentación del hábitat

Se da cuando el paisaje experimenta permutaciones continuas, generando la migración de las especies hacia lugares no aptos para ellos o muy pequeños para su desarrollo, de manera directa o indirecta, por ejemplo, la generación de represas, la cimentación de carreteras, la edificación de rascacielos generan fragmentaciones de los hábitats forzando a las especies a sobrevivir en un medio limitado (Santos & Tellería, 2006).

Degradación del hábitat: Causado por la sobreexplotación y contaminación de recursos, provocan la reducción y la capacidad de regeneración del hábitat, por lo que, se genera la interrupción de los procesos ecosistémicos, como consecuencia las especies nativas no pueden mantenerse, por consiguiente, otras especies invaden y se adueñan de sus territorios, por ejemplo, la introducción de truchas en los andes ecuatorianos provocaron la extinción del bagre de agua dulce en ciertas zonas, y las infraestructuras para esquí degradan el paisaje y el hábitat de la lagartija serrana (Aguirre et al., 2021; Amo-de-Paz, 2005).

2.11.3 Principales causas de pérdida de hábitat

Agricultura y ganadería

Para cultivar alimentos se destruye tierra forestal en grandes extensiones, así mismo, con la ganadería grandes superficies de tierra son destruidas, para mayor espacio de animales y principalmente para el cultivo de pasto, en consecuencia, las especies nativas son exterminadas y trasladadas a zonas no aptas para su desarrollo.

Construcción de vías de transporte y grandes metrópolis

Las grandes ciudades cada día desarrollan proyectos ambiciosos entorno a la construcción de nuevas carreteras mucho más extensas por zonas de alto impacto al ambiente, muchas de estas obras se realizan de forma inadecuada, perdiéndose la capa vegetal del suelo durante su etapa de construcción, debido a la pérdida y erosión del suelo. Una de las consecuencias más evidentes de la construcción de vías es la fragmentación de hábitats, así mismo, afecta a las poblaciones y de manera individual a especies de un determinado lugar.

Contaminación industrial y ambiental

La expansión de zonas industriales junto con la consecuencia de emanación directa de gases de efecto invernadero y la acumulación de desechos tóxicos, generan la presencia de componentes nocivos en el agua, aire y suelo en los hábitats, son desechados incorrectamente, poniendo en riesgo a la flora, fauna y al ser humano en todo el planeta.

Incendios forestales

Generados mayoritariamente por los seres humanos provocan graves daños al suelo y la diversidad de especies, siendo cada vez más frecuentes, aumentando las emisiones de CO_2 hacia la atmósfera, por lo que, sus pérdidas económicas y de genética de especies son muy altas.

Caza y pesca furtiva

La excesiva caza y pesca de animales genera un declive en las poblaciones de especies animales, generando un proceso de defaunación. El irrespeto a las épocas de apareamiento, afecta a especies con una tasa baja de fecundidad y a especies en riesgo de desaparecer (GreenBlog, 2021).

2.11.4 Factores de disminución de la polinización, polinizadores e insectos polinizadores

Cambio de cobertura y uso de suelo

Los seres humanos han modificado el suelo para su propio beneficio, generando la fragmentación, degradación y debido a su sobre explotación la pérdida del hábitat, teniendo afectaciones directas a las diferentes poblaciones y especies de polinizadores, a las plantas polinizadas y a su interacción planta - polinizador. Las principales modificaciones que perturban a insectos polinizadores son: la agricultura, la urbanización y la ganadería (Lázaro & Tur, 2018).

Contaminación por fertilizantes, pesticidas y plaguicidas

La producción agrícola tuvo un incremento acelerado en su producción a nivel mundial entre los años 1960 y 1980 en la denominada revolución verde, que gracias a las semillas desarrolladas en laboratorio y la creación de fertilizantes y pesticidas surgieron cultivos y semillas más productivas y resistentes, sin embargo, no se tomó en cuenta los impactos ambientales que conllevaría su uso indiscriminado para los cultivos y especies de polinizadores, por lo que, a mediados de 1990 disminuyó drásticamente las poblaciones de polinizadores en Estados Unidos y Europa, transformando sus hábitats. Esto ha provocado la eliminación de flora microbiana y la reducción de recursos florales, generando que alrededor de 10 mil insectos polinizadores y 200 animales vertebrados polinizadores estén en la lista roja de especies con alto riesgo de desaparecer (Science and Policy for People and Nature, 2016).

Uso de organismos genéticamente modificados

Son tolerantes ante herbicidas y tienen resistencia a los insectos, disminuyen los recursos alimenticios de los polinizadores, el uso de estos organismos tiene efectos subletales a los insectos y a los cultivos por la falta de información sobre su uso y falta de datos respecto al tema. También, su introducción tiene efectos ambientales sobre la dinámica de las poblaciones destinatarias y no destinatarias en el medio receptor, en la biogeoquímica especialmente en comunidades microbianas del suelo que regulan el flujo del fósforo, nitrógeno, entre otros elementos esenciales en el desarrollo de los organismos del suelo y la transferencia del material genético, se inserta a otras especies domésticas o autóctonas de un lugar mediante el proceso de polinización, transferencia microbiana, dispersión y cruzamientos mixtos (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación, 2001).

Introducción de especies exóticas

El proceso de polinización se puede ver alterado con la presencia de cualquier otro tipo de organismo vivo no nativo del lugar, ya que, pueden afectar la floración de las plantas e indirectamente a la reproducción y al alimento de las especies polinizadoras, alterando el proceso mutualista de interacción entre planta-polinizador, así mismo, las especies exóticas pueden ser más llamativas y productivas para las especies polinizadoras, consiguiendo reducir la cantidad y calidad de plantas nativas, afectan el desarrollo y crecimiento de su población (Traveset, 2015).

2.12 Cambio climático: pérdida de hábitat, polinización y polinizadores

Es un tema controversial y preocupante en la sociedad y política moderna y sobre todo en el ámbito económico y ambiental, actualmente es un tema de mega tendencia en la sociedad postmoderna a escala global, se ha convertido en un tema de carácter político asumiendo la responsabilidad de que los gobiernos actuales lo tomen en cuenta en su agenda, ya que sus consecuencias en el medio ambiente y en la civilización desencadenarían en la escasez de recursos y posteriormente la extinción de nuestra especie. El cambio climático se describe como las alteraciones de larga duración en la temperatura y los diferentes patrones climáticos, pueden ser de origen natural y antrópico. Desde el siglo XIX con la revolución industrial, posteriormente con la revolución verde y con el desarrollo del ser humano, se ha acelerado el deterioro en el medio ambiente, consecuentemente la calidad del hábitat y su posterior pérdida. La quema de combustibles fósiles (petróleo, carbón y gas) generan gases de efecto invernadero que al llegar a la atmósfera atrapan el calor del Sol, provocando el aumento de temperatura a nivel global, sin embargo, este cambio de temperatura no solo generaría el aumento de la temperatura si no también alteraciones en el clima como sequías, bajas temperaturas, inundaciones, pérdida de la biodiversidad, deshielo polar, aumento en los niveles de océanos y tormentas catastróficas. El cambio climático, pérdida del hábitat y la polinización son generados principalmente por: la construcción, la industria, el cambio de la cobertura del suelo y para uso agropecuario, la energía, el transporte, la contaminación, uso de agroquímicos, entre otras; lo cual tiene un efecto negativo sobre el hábitat, generando que se deteriore, se fragmente y finalmente se destruya, viéndose

afectada la biodiversidad de diferentes especies de polinizadores y plantas con flores, en consecuencia, se ven obligados a migrar hacia otras zonas o se extinguen, ya que, no se acoplan al cambio de las nuevas condiciones del hábitat. Estos factores alteran de forma directa e indirecta el servicio ecosistémico de la polinización (Díaz-Cordero, 2012; Organización de las Naciones Unidas, 2023a).

La mayor parte de la polinización es realizada por un agente animal y en mínima cantidad por un vector abiótico, que puede ser el agua o el viento, las plantas con flores dependen en su gran mayoría de un vector biótico. Los organismos polinizadores cumplen el papel de agente polinizador para las plantas con flores a nivel mundial, son los responsables del desarrollo de cultivos en la agricultura, de la biodiversidad en ecosistemas y por lo tanto de la seguridad alimentaria del planeta. Con un valor estimado de 153 billones de euros anuales representan el 9,5% del valor final de la producción alimentaria, los cultivos que consume la humanidad son dependientes en más del 75% de la polinización biótica. Las interacciones mutualistas de planta - polinizador se ven afectadas por la alteración climática actual y la destrucción de ecosistemas, las especies polinizadoras son susceptibles a estos cambios ambientales, lo que, genera un fenómeno de desacople fenológico, esto afecta las interacciones que realizan los agentes polinizadores con las flores de las plantas, por ejemplo, los insectos emergen en el tiempo de florecimiento de las plantas, pero ahora algunas plantas florecen en diferentes épocas, lo que provoca que este ciclo se interrumpa disminuyendo la producción de polen y néctar, generando un cambio en la fenología de las flores en su etapa de floración a nivel global. La distribución geográfica de las especies polinizadoras se ha visto afectada por el cambio del clima en todo el globo terráqueo, provocando un desacople espacial con las plantas angiospermas, ya que no se encuentran en la misma zona. El desacople fenológico y espacial entre plantas angiospermas y especies polinizadoras afecta a la reproducción, al ciclo de vida y a la supervivencia de estas dos especies, la depreciación de organismos polinizadores y así mismo de plantas que estos agentes polinizan son consecuencia de esta alteración, lo que afecta su estructura y composición de sus comunidades, sus funciones y su servicio de polinización, lo que, ha generado actualmente la denominada “crisis de los polinizadores” (Sandoz-Maglianesi, 2016) .

Los insectos polinizadores son de gran importancia ecológica y económica, ya que, es el grupo más grande e importante para la polinización de los agroecosistemas. Los alimentos que se comercializan y se consumen en el presente son producto de la polinización de estos insectos, ya sea directa o indirectamente, en gran parte las abejas por excelencia se encargan de esta función. La contribución al sector agrícola de estos insectos genera 190 mil millones de dólares anuales a nivel global (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2022).

2.13 Ecosistemas de alta montaña de los altos Andes del Ecuador

Los bosques andinos presentan una composición característica de temperatura, geomorfología, humedad y su evolución a través del tiempo, lo que, determinó su gran diversidad florística a diferentes niveles, creando diferentes entornos aptos para mantener y diversificar las

especies que habitan en estos ecosistemas, con una zona con un alto grado de biodiversidad. Las familias de plantas como la *Bromeliaceae* y *Orchidaceae* pertenecientes al género *epífita*, son especies abundantes y diversas como las *brifitas* y las plantas *hepáticas*, transformando los ecosistemas de vertientes en generadores de prestación de servicios ambientales, debido a su forma especial de generar recursos hídricos. A causa de su condición geomorfológica son ecosistemas frágiles, que con el incremento de la actividad antrópica su degradación es más acelerada, siendo vulnerable a fenómenos de erosión, reduciendo de forma drástica su diversidad ecosistémica y de sus servicios (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2012a).

Los bosques situados fuera de los valles interandinos y de sus vertientes internas son más diversos, posible consecuencia de que están dentro de Reservas Ecológicas o Parques Nacionales, no obstante, el grado de endemismo de bosques occidentales es muy alto. Los ecosistemas de bosques en la parte sur de Ecuador en la cordillera de los Andes son menos húmedos y más estrechos, por lo que se ven comprometidos por su destrucción acelerada y por el poco conocimiento de las personas y del estado (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2012a, 2017).

Uno de los ecosistemas más importantes debido a su diversidad e importancia en la generación de recursos hídricos y cuerpos de agua estables, que a su vez forman ríos y quebradas, es el sector biogeográfico del páramo situado entre bosques occidentales y orientales de la cordillera de los Andes, comenzando en 2800 m.s.n.m. al sur del Ecuador hasta los 3500 m.s.n.m. aproximadamente, presente en 18 provincias ocupa el 5 % del territorio nacional (Baquero et al., 2004; Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2012a).

Los valles interandinos han sido los ecosistemas más destruidos en casi su totalidad por suelos agrícolas y pastizales, caracterizados por sus arbustos y arboles pequeños generalmente espinosos ubicados en montañas quebradas aisladas (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2012a).

2.13.1 Ecosistemas presentes en la zona de estudio

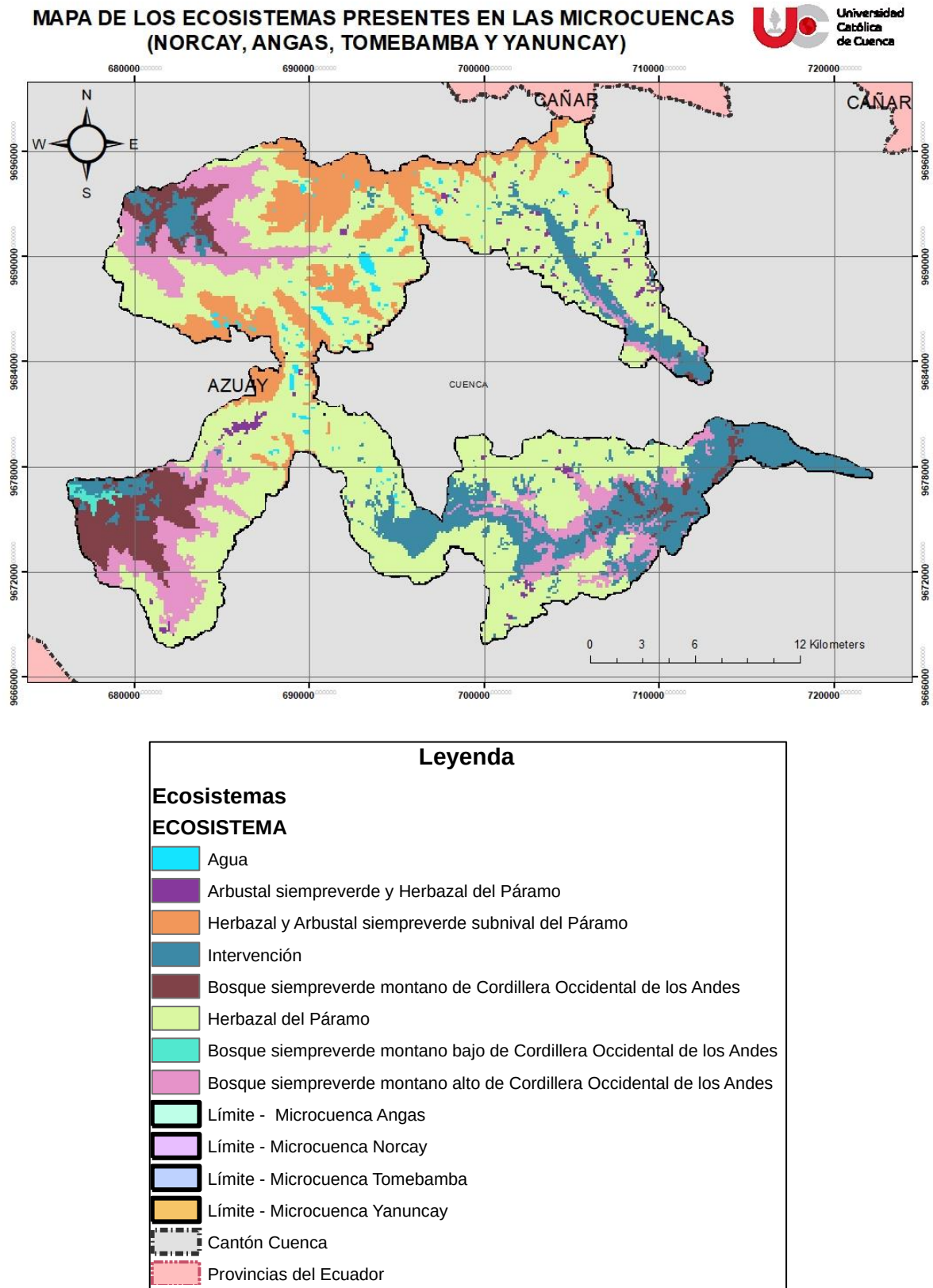


Figura 7: Ecosistemas presentes en las microcuencas Norcay, Angas, Tomebamba y Yanuncay.

Fuente: (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2012b).

2.13.2 Ecosistemas terrestres del Ecuador de 3000 a 4500 msnm en el Macizo del Cajas

Tabla 1: Descripción de los ecosistemas presentes en Ecuador a partir de los 3000 a 4500 m.s.n.m. dentro de la zona de estudio.

Fenología					
Código	Nombre	Fisonomía	Bioclima	Fenología	Piso bioclimático
BsMn03	Bosque siempreverde montano de la Cordillera Occidental de los Andes	Bosque	Pluvial, Ombrotipo (Io): húmedo, hiperhúmedo	Siempreverde	Montano alto (2000-3100 msnm), Termotipo (It): mesotropical
BsAn03	Bosque siempreverde montano alto de la Cordillera Occidental de los Andes	Bosque	Pluvial, Ombrotipo (Io): húmedo, hiperhúmedo, Termotipo (It): supratropical	Siempreverde	Montano alto (3100-3600 msnm).
AsSn01	Arbustal siempreverde y Herbazal del Páramo	Arbustiva y herbácea	Pluvial, Ombrotipo (Io): húmedo, hiperhúmedo	Siempreverde	Montano alto y montano alto superior (3300-3900 msnm N- 2800 a 3600 msnm S), Termotipo (It): supratropical, orotropical
HsSn02	Herbazal del Páramo	Herbácea	Pluvial, Ombrotipo (Io): hiperhúmedo	Siempreverde	Montano alto y montano alto superior (3400-4300 msnm N- 2900-3900 msnm S), Termotipo (It): supratropical a orotropical
HsSn04	Herbazal inundable del Páramo	Herbácea	Pluvial, Ombrotipo (Io): húmedo, hiperhúmedo	Siempreverde	Montano alto y montano alto superior (3300-4500 msnm), Termotipo (It): supratropical, orotropical
HsNn03	Herbazal y Arbustal siempreverde subnival del Páramo	Arbustiva y herbácea	Pluvial, Ombrotipo (Io): hiperhúmedo, ultrahúmedo	Siempreverde	Subnival (4100-4500 msnm), Termotipo (It): supratropical, orotropical

Fuente: (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2012b).

2.14 Las cuencas hidrográficas

Las cuencas hidrográficas son zonas con depresión territorial a diferentes altitudes, delimitadas por un parteaguas en dónde se originan y confluyen sistemas hídricos provenientes de las precipitaciones o deshielos, que al unirse constituyen un solo cuerpo de agua ya sea en forma de arroyo o río convergiendo en un mismo punto. Existe una interrelación e interdependencia en el espacio - tiempo entre los medios físicos, sus sistemas de apropiación y las instituciones públicas o privadas (Albarracín-Guachichulca, 2019).

Las cuencas hidrográficas son muy importantes para entender el ciclo hidrológico y sobre todo para gestionar y planificar los recursos hídricos. Una cuenca incluye ecosistemas terrestres y acuáticos, además, tienen un funcionamiento territorial altitudinal a causa de su estrecha relación desde su origen hasta su desembocadura. A lo largo de su sistema de red hidrográfica se puede evidenciar y cuantificar los daños causados por las actividades antrópicas, ya que en este territorio se desarrolla la sociedad humana, por lo que, el deterioro de los ecosistemas es evidente, sus cursos hídricos se encuentran contaminados y la calidad de sus bienes y servicios se ven afectados. Todos estos problemas han provocado que las especies se vean forzadas a migrar o se extinguen al no poder adaptarse a estos nuevos cambios (Ordóñez-Gálvez, 2011; Vásconez et al., 2019).

2.14.1 Partes de las cuencas hidrográficas

Se pueden evidenciar tres elementos de las cuencas como: la cuenca alta, media y baja que se describen a continuación (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2013).

Cuenca alta: corresponde al pico de la cuenca en dónde se origina los ríos o arroyos con pendientes muy pronunciadas, limitadas por divisorias de agua para su posterior desplazamiento a zonas más bajas, esta zona es muy importante y frágil ya que su alteración afectaría a las cuencas bajas.

Cuenca media: es la zona con pendientes menos pronunciadas, se encuentra en medio de la cuenca alta y baja, esta zona se distingue por sus asentamientos poblacionales y por la generación de diferentes caudales a causa del depósito de los escurrimientos iniciales. Esta zona se encuentra amenazada el cambio de la cobertura y uso del suelo especialmente para uso agropecuario.

Cuenca baja: es el área de desembocadura del río principal en el océano, mar o lago, el material arrastrado de la zona alta se deposita, generando llanuras importantes para el uso agropecuario y ecosistemas como los humedales costeros y terrestres, aquí se acumulan todos los impactos generados a lo largo de toda la cuenca. Esta zona es la que tiene más asentamientos y sectores urbanos siendo la zona más afectada por actividades antrópicas.

2.14.2 Tipos de cuencas hidrográficas

Existen diferentes tipos de cuencas hidrográficas, según su desembocadura son: exorreicas, endorreicas o arreicas, mismas que se describen a continuación (Vásconez et al., 2019):

Cuencas exorreicas o abiertas

Los sistemas hídricos superficiales drenan y desembocan en el océano. En Ecuador la mayoría de cuencas son abiertas ya que drenan sus aguas hacia el océano Pacífico y al océano Atlántico.

Cuencas endorreicas o cerradas

Estas cuencas pueden ser un lago, laguna o salar, debido a sus aguas superficiales localizadas dentro de la misma cuenca, no presentan comunicación con océanos o mares.

Cuencas arreicas

Sus aguas superficiales no desembocan en cuerpos de agua, sino que el agua de su procedencia se infiltra por el subsuelo o se evapora. En Ecuador los páramos son ejemplo de ello.

2.14.3 Delimitación de las cuencas hidrográficas en Ecuador

La extensión o el área de las cuencas es un factor importante a tomar en cuenta, ya que según su extensión sus condiciones biofísicas y socioeconómicas van a ser diferentes. En Ecuador las cuencas hidrográficas están delimitadas según su superficie especificada en la siguiente tabla:

Tabla 2: Definición y delimitación de las cuencas hidrográficas en Ecuador por categoría y superficie.

Categoría	Definición	Superficie (km ²)
Cuenca	Sistema delimitado por la cabecera del cauce principal integrado por diferentes subcuencas.	1001 – 3000
Subcuenca	Afluente secundario del río principal, conformado por varias microcuencas del cauce principal, con un caudal fluctuante permanente conformado por varias microcuencas.	151 – 1000
Microcuenca	Área con cauces secundarios que drenan a la vertiente principal de la subcuenca	40 - 150
Quebrada	Conforma el área de desembocadura del afluente principal de una microcuenca.	< 40

Fuente: (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2013).

2.14.4 Importancia de las cuencas hidrográficas

Son importantes para el desarrollo de las civilizaciones humanas y de poblaciones de animales y plantas, por lo que, son de importancia ambiental, económica, política y social. Las cuencas reducen el riesgo de inundaciones o desprendimientos gracias a que regulan el flujo del agua, cumplen la función de regular los sistemas hídricos en su cantidad y calidad, además es fuente de ella. Es sustento para todas las especies del planeta como los insectos polinizadores. Las cuencas hidrográficas ofrecen diferentes servicios como: la polinización, provisión de agua, filtración del agua al subsuelo, una buena calidad del hábitat para las especies, generando ecosistemas aptos para vivir. La raza humana puede obtener mediante sus cauces agua para uso de riego de cultivos indispensables para su desarrollo. Por lo que, son las responsables de la generación de agua saludable, suelos saludables, ecosistemas habitables y el desarrollo de los seres vivos (AGUA, 2021; Bordino, 2021).

2.15 Cuencas hidrográficas andinas

Una de las regiones naturales más extensas, complejas y heterogéneas del mundo son los Andes, sin embargo, se ha visto afectada por su alteración biogeográfica con consecuencias territoriales y espaciales en sus cuencas geográficas. A diferencia de otras regiones del mundo en las cuencas andinas las precipitaciones tiene un promedio poco más del doble a nivel mundial con 900mm/año, concentrándose el 10% del agua dulce del planeta con una disponibilidad del 53.000 m^3 por habitante al año en contraste con el promedio mundial de 8.200 m^3 /hab-año, por lo que, se evidencia en su diversidad física y ecosistémica, en las cuencas de los países andinos se concentra el 83,3% del agua y solo el 24% de población andina, siendo la cuenca del Amazonas la más extensa con el 30%, por lo que, sus recursos son abundantes. Sin embargo, a pesar de todos los beneficios que brindan estas cuencas están sujeta a impactos y presiones ambientales, ejercidas por las actividades antrópicas que provocan su deterioro constante y sin la atención correspondiente, generando una alta demanda de recursos volviéndose insostenible a través del tiempo (Comunidad Andina, 2010).

2.16 Reserva de la Biósfera Macizo del Cajas

Está considerada como una zona altamente productiva y biodiversa, por su elevación se distingue a nivel mundial de otras reservas ya que va desde los 0 hasta los 4.500 m.s.n.m. Se encuentra al sur del Ecuador al sur occidente de la cordillera occidental de los Andes, con ecosistemas de humedales, bosques montañosos y páramos andinos, con funciones y servicios ecosistémicos muy importantes para el desarrollo local. Cuenta con cuencas hidrográficas que vierten sus cauces al océano Pacífico y al océano Atlántico, con una extensión de 976.600,92 hectáreas, perteneciendo a la zona continental 892.161,52 hectáreas y a la zona marina con 88.439,4 hectáreas, esta reserva la conforman las provincias del Azuay, Cañar, Guayas y El Oro, siendo la provincia del Azuay la que ocupa más territorio con 521.376,84 hectáreas que representa el 58,44% de su extensión (Caldas-Calle, 2019).

El Macizo del Cajas es de gran importancia económica, ambiental y social, sus servicios ayudan al sector agrícola para la producción y cultivo de camarón, banano y cacao de gran importancia económica para los ingresos del país. Dentro de la reserva se encuentran alrededor de 6,000 mil cuerpos de agua entre lagos y lagunas, siendo parte fundamental para la regulación del flujo de agua que brindan a centros poblados importantes como la ciudad de Cuenca, la importancia de su sistema hídrico radica en que sus principales afluentes aportan a la central hidroeléctrica de Paute que provee cerca del 51% de electricidad a gran parte del territorio ecuatoriano para industrias, para la pesca y turismo (Ministerio del Ambiente Agua y Transición Ecológica, 2023; Ministerio del Poder Popular para el Turismo, 2013).

2.17 Parque Nacional Cajas (PNC)

El Parque Nacional Cajas se encuentra ubicado en el cantón Cuenca en la Cordillera Occidental del Sur de los Andes ecuatorianos, con una extensión de 28,54 hectáreas dentro de la Reserva del Macizo del Cajas, a 35 km de la ciudad de Cuenca que es el centro urbano más extenso de la provincia del Azuay, su rango de temperatura oscila entre los -2 a 18 °C, se distribuye por la vertiente del río Amazonas y del Pacífico, siendo la de mayor extensión la del Amazonas ocupando el 66,78% de su territorio. Posee dentro de sus límites una gran biodiversidad de especies y un importante sistema lacustre, teniendo 165 lagunas mayores a una hectárea de extensión y 621 menores a una hectárea conformando en total 786 cuerpos de agua, 235 lagunas son de origen glaciar, cuenta con escenarios únicos en el mundo, la variedad de sus lagunas es única en el planeta, se asocian a una gran biodiversidad en la zona. El 90,6% de su territorio corresponde al ecosistema de páramo herbáceo. Los recursos y servicios que este parque ofrece son: regulación del clima, la regulación de los ciclos biogeoquímicos, conservación de suelos, de gran valor paisajístico, cultural y estético, regulación del agua, todos estos servicios importantes y necesarios para: la biodiversidad, la producción agrícola, el consumo de agua saludable y la polinización, entre otras (Empresa de Telecomunicaciones Agua Potable Alcantarillado y saneamiento de Cuenca, 2023; Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2018).

2.17.1 Microcuenca del río Tomebamba

Esta cuenca pertenece a la vertiente del río Amazonas, fluyendo sus aguas por el río Paute. Es la cuenca más importante y emblemática de la capital azuaya, por la magnitud de servicios que proporciona a esta ciudad, el principal servicio que ofrece es el recurso agua, ya que abastece al 30% de la población de Cuenca, también sirve para uso agrícola y ganadero, para riego y para juntas de agua en las parroquias de San Joaquín y Sayausí. El 79% de la cuenca está bajo un modelo de protección, el 39% de su territorio pertenece al Parque Nacional Cajas lo equivalente a 13.026 hectáreas, el río Tomebamba nace de aquí a partir de 368 cuerpos de agua aproximadamente. Las Áreas de Bosque y Vegetación Protectora (A.B.V.P.) representan el 40% de superficie con 13.700 hectáreas aproximadamente, quedando 6.800 hectáreas restantes fuera de estas denominaciones que representan el 21% del territorio (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2018; Pesántez-Quezada & Martínez-Jerves, 2015).

2.17.2 Microcuenca del río Yanuncay

Sus aguas nacen en los humedales del Parque Nacional Cajas, sus vertientes cruzan la ciudad de Cuenca hasta desembocar por el río Amazonas en el océano Atlántico, pertenece a la cuenca del río Paute. Con una extensión de $105,20 \text{ km}^2$ en la zona de estudio. Su temperatura oscila entre 2 a 16°C en su punto más bajo. Las precipitaciones oscilan en un rango de 750 a 1.250 mm al año. Esta cuenca se forma por la unión de la microcuenca del río soldados y del río Izhcayrumi, que nacen de 88 y 36 cuerpos de agua respectivamente. Abastece a la ciudad de Cuenca de agua para riego y consumo humano, el 15% del territorio de la cuenca está dentro del Parque Nacional Cajas, los bosques protectores representan más del 50% de la superficie de la cuenca (Albarracín-Guachichulca, 2019; Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2018).

2.17.3 Microcuenca del río Norcay

El río Miguir y la quebrada Juntas se juntan para crear el río Norcay, desembocando en la provincia del Guayas por el río Cañar, esta microcuenca tiene una extensión de 16.211 ha , el 20% de su territorio abarca la zona del Parque Nacional Cajas, tiene zonas de explotación minera inscritas que representan el 2% del territorio de la cuenca con $343,94 \text{ ha}$. Su temperatura oscila en un rango de 4 a 14°C en su parte más baja. El rango de precipitaciones oscila entre los 1.000 a 1.750 mm al año. La extensión de sus aguas es de $62,73 \text{ km}^2$ a lo largo de la cuenca. El ecosistema más presente en la cuenca es el herbazal del páramo que representa más del 40% del territorio con $7.071,78 \text{ ha}$. Su bioclima es pluvial y pluvial estacional y su territorio está conformado por bosques protectores con 8.617 ha que representa un poco más del 50% de la cuenca (Durán-Almeida, 2015).

2.17.4 Microcuenca del río Angas

Con 10.764 ha de superficie el ecosistema más abundante en esta cuenca es el herbazal del páramo y el Bosque Siempre Verde Montano y Siempre Verde Montano alto de la Cordillera Occidental de los Andes, abarcando con el 85% de su territorio con 9.240 ha , así mismo más del 95% de su territorio está conformado por bosques protectores con 10.535 ha . Sus ríos suman 47 km^2 en total a lo largo de toda la cuenca. Esta cuenca se sitúa al oeste del Parque Nacional Cajas con 1.623 ha , el mismo que representa el 15% del territorio de la microcuenca. Su rango de precipitación oscila entre los 1.000 y 1.250 mm al año y su rango de temperatura oscila entre los 4 a 18°C en la parte más baja de la cuenca. La conforman pocos centros poblados dedicados al sector agropecuario, el 40% de su territorio tiene concesiones mineras con 4.432 ha y tiene un bioclima pluvial y pluvial estacional marcado (Minga-Ochoa & Gómez-Sangurima, 2016).

2.18 Valoración Integrada de Servicios Ecosistémicos y Compensaciones (InVEST)

InVEST es un software de diseño multiservicio creado por la Universidad de Stanford que genera mapas para cuantificar y valorar los bienes y servicios de ecosistemas terrestres, marinos y de agua dulce. Sirve como herramienta para la toma de decisiones en gestión de recursos naturales y establece el impacto causado a los ecosistemas a raíz de su afectación por diferentes actividades

antrópicas. El análisis de producción de servicios ecosistémicos y su beneficio al medio ambiente se da a partir de su estado actual, en función de su producción. Una vez especificada la función de producción el software evaluará los cambios en la cobertura del suelo y su afectación en la producción de los servicios ecosistémicos. Las organizaciones e instituciones públicas y privadas pueden usar esta herramienta para proteger sus proyectos ambientales, con proyección y datos evidenciando científicamente con los resultados, sus beneficios de conservación y mejoramiento. Este software vincula la función de producción de los ecosistemas en relación al beneficio ofertado a los seres humanos en un marco de "oferta, servicio y valor", también sirve como base para establecer en qué lugar y de qué manera se podrían invertir el capital natural establecido en el estudio de forma segura y sostenible. InVEST utiliza un marco simple de "oferta, servicio y valor" para vincular las funciones de producción con los beneficios proporcionados a los seres humanos (Stanford et al., 2023).

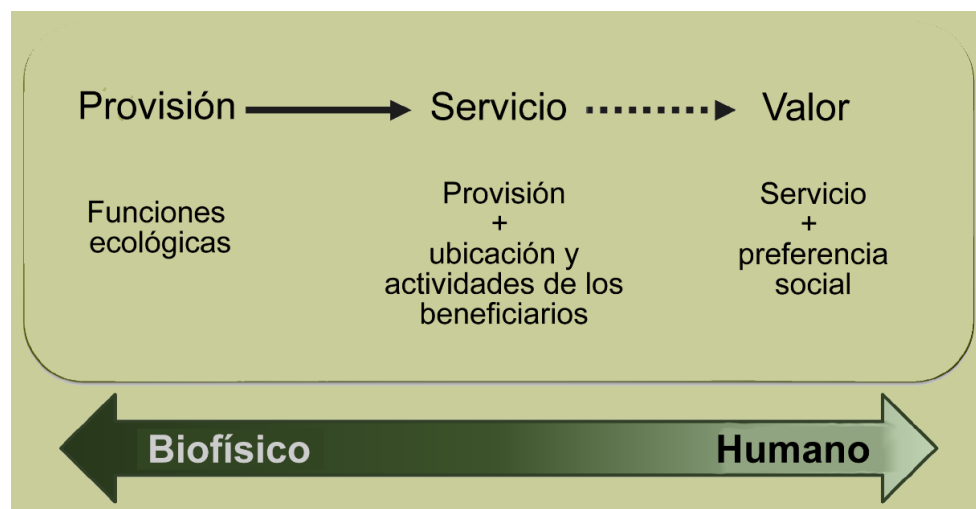


Figura 8: La cadena de suministro de servicios ecosistémicos, que vincula la función ecológica con los servicios ecosistémicos y los beneficios proporcionados a las personas.

Fuente: (Stanford et al., 2023).

El programa InVEST contiene cuatro categorías principales dentro de sus diferentes modelos para valorar servicios ecosistémicos, los cuales se describen a continuación:

Servicios de apoyo: no proporcionan de forma directa beneficios al ser humano, pero sustentan los otros servicios ecosistémicos.

Servicios finales: proporciona beneficios directos al ser humano, siempre que sea posible se divide los servicios en el suministro biofísico y el servicio al ser humano.

Herramientas para facilitar el análisis de los servicios ecosistémicos.

Herramientas de apoyo: para la creación de cuencas hidrográficas, de escenarios inputs para InVEST y de procesamientos hidrológicos con modelos digitales de elevación (Stanford et al., 2023).

2.19 Modelo de calidad y rareza del hábitat

Este modelo estima la vegetación en el paisaje, la extensión de los diferentes hábitats y su estado de degradación, relacionando la biodiversidad de especies de la zona de estudio por medio del análisis de mapas de cobertura y uso de suelo (LULC), con sus respectivas amenazas en función de cuatro factores: la sensibilidad relativa de cada tipo de hábitat a cada amenaza, la distancia entre los hábitats y las fuentes de amenazas, el impacto relativo de cada amenaza y el grado en que la tierra está legalmente protegida (Stanford et al., 2023).

El modelo de calidad de hábitat genera mapas (LULC) de calidad, degradación del hábitat y el estado de la biodiversidad, mediante la combinación de mapas de cobertura de suelo y sus amenazas a las especies de estudio de forma general o individual. Las áreas con una mala calidad del hábitat, que presentan índices de degradación y disminución de su territorio, indicarán que su extensión tiene un declive en su biodiversidad, mientras que si su calidad es alta representará que el hábitat se encuentra en mejores condiciones para soportar y albergar los niveles de biodiversidad. El modelo de rareza del hábitat por lo contrario ayudará a identificar hábitats menos afectados o en peligro, por lo que, es fundamental su evaluación independientemente de la calidad del hábitat (Stanford et al., 2023).

2.20 Marco legal aplicable

Para el siguiente estudio se establecieron diferentes normas de interés entorno a los servicios ecosistémicos, biodiversidad y conservación que se describen a continuación:

Tabla 3: Variables y formatos establecidos por el modelo de calidad del hábitat del software InVEST.

Instrumento legislativo	Descripción
Constitución de la República del Ecuador	Régimen del Buen Vivir, Art 395.- “La Constitución establece tres principios ambientales: 1. “El Estado garantizará la conservación de la biodiversidad y la regeneración natural de ecosistemas para las generaciones presentes y futuras...” 2. “El Estado, personas naturales y jurídicas están obligados a aplicar políticas de gestión ambiental de manera transversa...”
Convenio sobre la diversidad Biológica	Aprobado en la Conferencia sobre Medio Ambiente de Río de Janeiro en 1992, enfocado en la protección de la biodiversidad. Uno de los puntos más importantes es: - Conservación de la diversidad biológica. - Utilización equitativa y justa de los recursos genéticos. - Transferencia de tecnologías pertinentes con una financiación apropiada.

Convención Ramsar	Adoptada en 1971 en Ramsar, Irán con el objetivo incentivar acciones locales y de cooperación internacional para proteger y conservar los humedales y sus recursos. En el Ecuador para la zona de estudio el Parque Nacional Cajas es uno de los ecosistemas de humedales más importantes del país y pertenece a este convenio desde el año 2002.
Convenio para la protección del patrimonio mundial y cultural	Adoptada en París, Francia en 1972 que vincula el patrimonio cultural y natural en donde la comunidad internacional se ve alarmada por las afectaciones generadas por el desarrollo social y económico. Art. 15.- “Se garantizará el manejo adecuado de cuencas hidrográficas entre provincias dentro de la conformación de regiones.” Art. 42.- “La ejecución de obras dentro de cuencas y microcuencas será competencia exclusiva de los GADs provinciales.”
Ley Orgánica Reformatoria al Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización	Art. 111.- “Sectores estratégicos, el Estado reserva sus competencias y facultades dada su influencia económica, social política o ambiental. Son sectores estratégicos la generación de energía en todas sus formas...” Art. 136.- “Los GADs provinciales se encargarán de gobernar, dirigir, ordenar, disponer, u organizar la gestión ambiental, la defensoría del ambiente y la naturaleza en su territorio...” Art. 471.- “Fraccionamiento agrícola, afecta a zonas destinadas a cultivo o explotación agropecuaria en zonas rurales...”
Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre	Tiene como objetivos y funciones delimitar y administrar áreas naturales, forestales y de vida silvestre en medio del desarrollo de las actividades antrópicas de forma sostenible y sustentable.
Plan Nacional del Buen Vivir	Obj. 7.- “Garantizar los derechos de la naturaleza y promover la sostenibilidad ambiental territorial y global.”
Política Nacional de Gobernanza del Patrimonio Natural	Art. 4.- “Promover: la Gestión sostenible de paisajes naturales, Incentivos para la conservación y uso sostenible del patrimonio natural y la Gestión integral de bosques y vida silvestre.” En 2008 mediante Acuerdo Ministerial (MAE) de diseño el proyecto con los siguientes objetivos:
Programa de protección de bosques: Socio - bosque	- “Lograr la conservación de las áreas de bosques nativos, páramos y otras formas vegetales nativas del Ecuador.” - “Reducir las emisiones de gases de efecto invernadero causadas por efecto de la deforestación.” - “Contribuir a la mejora de las condiciones de vida de los habitantes de poblaciones rurales asentadas en dichas áreas.” Art. 2.- Son objetivos estratégicos incentivar a:
Programa Nacional de Incentivos a la Conservación y Uso Sostenible del Patrimonio Natural	- Actividades de forestación, reforestación y revegetación con especies nativas en zonas degradadas, fragmentadas, deforestadas, etc. - Conservación y protección de la cobertura vegetal nativa y de ecosistemas forestales, arbustivos e híbridos, primarios y/o frágiles - Reconocimiento y valoración de los servicios ecosistémicos. - Articulación y aplicación de incentivos tributarios vigentes en la ley.

Plan de
Desarrollo y
Ordenamiento
Territorial del
Cantón Cuenca,
(PDOT,2022)

Este documento describe todas las características biofísicas, socioculturales, económicas, de asentamientos humanos, de movilidad, energía y conectividad y política institucional y de participación ciudadana en el cantón Cuenca, para construir entornos equilibrados, armónicos y funcionales ente la naturaleza y el ser humano para identificar diferentes afectaciones y riesgos potenciales al medio para posteriormente proponer y garantizar medidas preventivas según corresponda.

Fuente: (Constitución de la República del Ecuador, 2008; Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Cuenca, 2022; Ministerio del Ambiente, 2008, 2013; Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, 2014)

CAPÍTULO III

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Área de estudio

La zona de estudio se ubica en la Reserva de la Biósfera Macizo del Cajas, dentro y alrededor del Parque Nacional Cajas. Este trabajo se basa en datos previamente levantados dentro del proyecto “Efectos de los factores bióticos y abióticos en las redes de polinización de los altos Andes del Macizo del Cajas”, se tienen datos de 12 transectos de 1km a distintas elevaciones (4000, 3500 y 3000 msnm), en las cuatro cuencas altas Norcay y Angas que drenan al océano Pacífico, y las cuencas Yanuncay y Tomebamba que drenan hacia el Amazonas y posteriormente al Océano Atlántico.

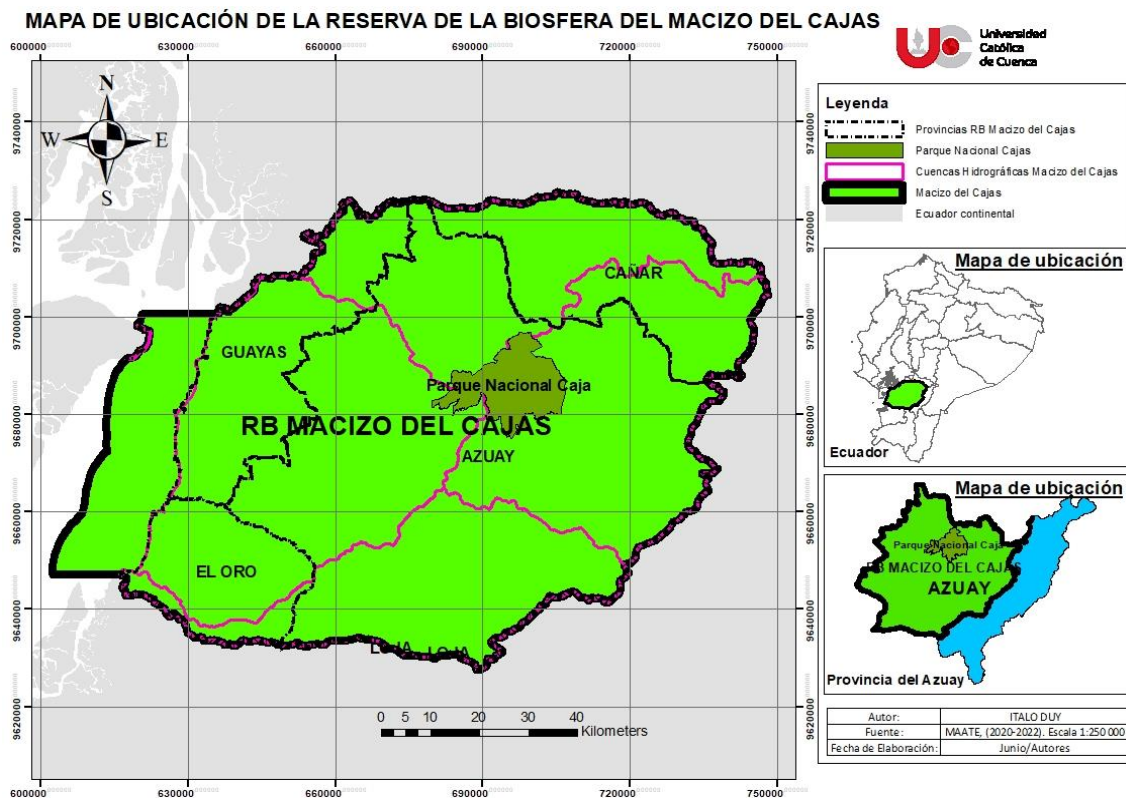
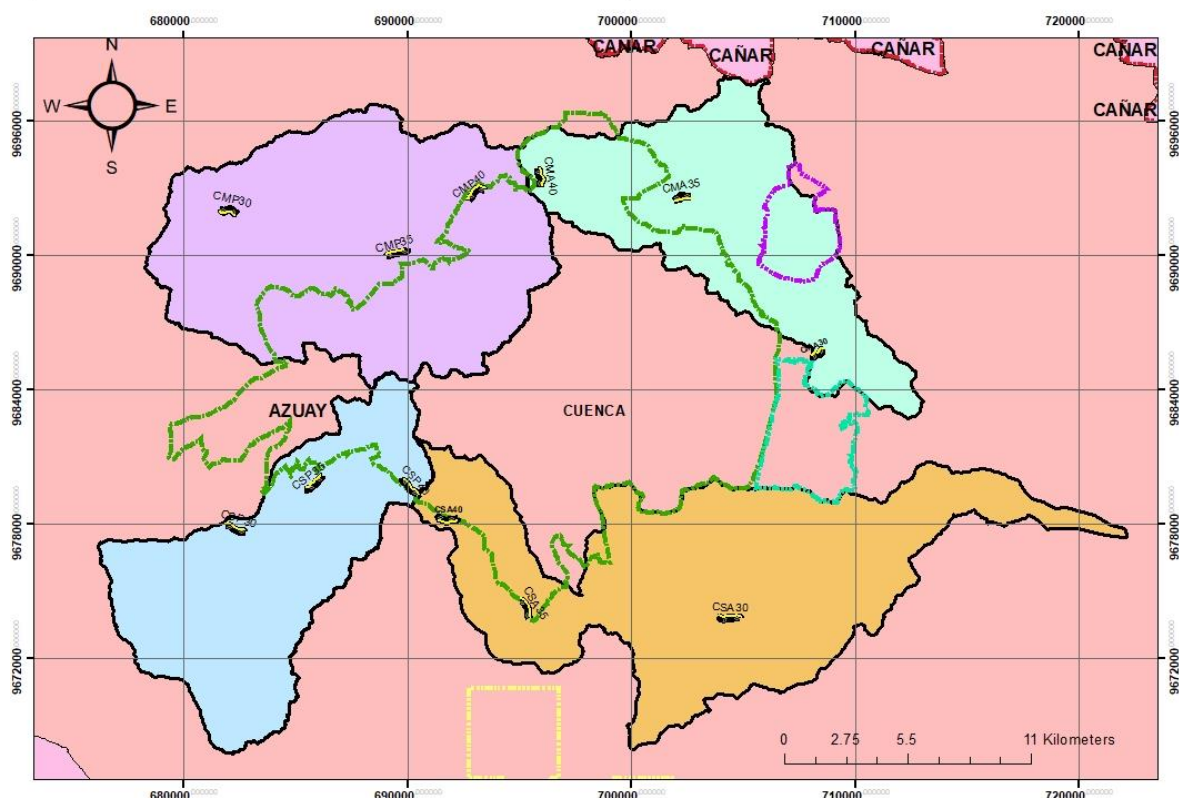


Figura 9: Ubicación geográfica del Macizo del Cajas en cada provincia de Ecuador y del Parque Nacional Cajas.

Fuente: (Ministerio del Ambiente Agua y Transición Ecológica, 2023).

MAPA DE UBICACIÓN DE LAS MICROCUENCAS HIDROGRÁFICAS (NORCAY, ANGAS, TOMBAMBA Y YANUNCAY) Y SUS TRANSECTOS



Leyenda

	Transectos
	Límite - Área Nacional de Recreación Quimsacocha
	Límite - Área Protegida Autónoma Descentralizada Curiquingue Gallocantana
	Límite - Área Protegida Autónoma Descentralizada Mazán
	Límite - Parque Nacional Cajas
	Microcuenca Angas
	Microcuenca Norcay
	Microcuenca Tombamba
	Microcuenca Yanuncay
	Cantón Cuenca
	RB Macizo del Cajas - Provincias

Figura 10: Ubicación de las microcuencas de estudio: Norcay, Angas, Tombamba, Yanuncay y sus transectos.

Fuente: (Ministerio del Ambiente Agua y Transición Ecológica, 2023).

Los datos utilizados en el modelo fueron el resultado de información previamente levantada por el proyecto: “Efectos de los factores bióticos y abióticos en las redes de polinización de los altos Andes del Macizo del Cajas”, la misma que proviene de transectos instalados en los cuales se colocaron tres grupos de trampas de insectos: al principio, centro y final del transecto, para

establecer la distribución y estructura de las comunidades de polinizadores. Cada grupo de trampas constó de nueve platos hondos (tres azules, tres amarillos y tres blancos), los cuales fueron instalados por cinco días y revisados diariamente. Los platos fueron llenados con agua y jabón para romper la tensión superficial. Los insectos capturados fueron colocados en frascos por color en cada una de las tres estaciones por transecto; además se realizaron los recorridos tres veces al año para tomar en cuenta la estacionalidad. Los insectos colectados se clasificaron a nivel de morfo especie (especie cuando es posible), la diversidad taxonómica y funcional de los insectos polinizadores a diferentes gradientes altitudinales y por cuenca hidrográfica.

En el siguiente trabajo de investigación se utilizó el modelo de calidad de hábitat del software InVEST debido a que es un software libre, multifuncional, de fácil uso, por su relación entre el cambio en la cobertura y uso de suelo y la afectación al hábitat de especies individuales; y debido a su conectividad mundial por línea donde se puede compartir y consultar información respecto a la funcionalidad del software. InVEST es el software más utilizado a nivel mundial para evaluar los diferentes servicios ecosistémicos y se puede comprobar su aplicación en cuencas de: Ecuador, Colombia, México, EEUU, China, Sumatra etc. Los estudios realizados en estos países se centran en áreas importantes para la biodiversidad y de protección con importantes servicios ambientales. Este software puede evaluar la calidad del hábitat, como en otros estudios realizados en cuencas altas de ríos importantes en los países anteriormente mencionados y por su fácil visualización e interpretación de resultados, pudiendo visualizar en el presente y pronosticar a futuro el estado de degradación y la calidad del hábitat en una zona específica para diferentes especies y para la biodiversidad en general (Ochoa-Cardona, 2015).

3.1.1 Transectos estudiados

Los transectos estudiados se establecieron dentro del cantón Cuenca, alrededor del Parque Nacional Cajas y dentro del mismo a 3.000, 3.500 y a 4.000 m.s.n.m. para cada microcuenca de estudio. El enfoque se dirigió al estudio de todos los insectos polinizadores presentes en las zonas de muestreo específicamente de las órdenes de *Lepidoptera*, *Coleoptera*, *Diptera* e *Himenoptera*, que son las más importantes en la polinización (Roig & Claps, 2014).

3.2 Modelación de la calidad y la rareza de hábitat del software InVEST

En esta etapa se analizaron los datos requeridos del modelo “Habitat Quality”, proporcionado por el software InVEST, posteriormente se visualizó y analizó los resultados de la degradación del hábitat de las cuencas Norcay, Angas, Tomebamba y Yanuncay y por consiguiente su calidad y rareza de hábitat.

3.2.1 Variables requeridas para calcular el modelo de calidad del hábitat mediante el software InVEST:

Para ejecutar el modelo se necesitaron mapas LULC (mapas de cobertura y uso de suelo) en formato ráster (TIFF), con la clasificación de la cobertura de suelo en cada cuenca de

estudio. Luego se establecieron las amenazas para cada cuenca en formato ráster (TIFF), con un valor de 1 para las amenazas y 0 para la cobertura de la cuenca (Stanford et al., 2023).

Para el cálculo del modelo se utilizó de la siguiente información: (Ríos-Galárraga, 2019; Stanford et al., 2023):

- **Impacto relativo de cada amenaza [W_r]:** se establecieron valores de 0 a 1 que indica el grado de degradación de cada amenaza sobre el hábitat (Ríos-Galárraga, 2019).

- **Distancia entre el hábitat y la fuente de la amenaza y el impacto de la amenaza en el espacio [i_{rxy}]:** es la distancia máxima a la que cada amenaza afecta al hábitat, la afectación de cada amenaza va a disminuir conforme la distancia sea más alejada, por lo que, se establece una función de disminución de cada amenaza en forma lineal o exponencial (Ríos-Galárraga, 2019).

- **Nivel de protección legal y accesibilidad [β_x]:** se establecieron áreas protegidas al modelo; que las interpreta como eficaces sin importar la existencia de una amenaza. Se establecieron valores de 1 para indicar que la accesibilidad es completa y mientras disminuye hasta 0 indica que no es accesible. Estas áreas en nuestro país corresponden a: Áreas de Bosques Protectores y/o zonas del Sistema de Áreas Protegidas (Ríos-Galárraga, 2019).

- **Sensibilidad del hábitat a cada amenaza [S_{jr}]:** indica la sensibilidad de cada cobertura de suelo a cada amenaza, dónde los valores que se acerquen más a 1 indicaron que zonas son más sensibles a la amenaza y mientras se acercaron a 0 es menos sensibles (Ríos-Galárraga, 2019).

Finalmente, después de haber establecido los datos para estos cuatro requerimientos mediante la siguiente ecuación el modelo calculó la degradación al hábitat:

$$D_{xj} = \sum_{r=1}^R \sum_{y=1}^{Yr} \left(\frac{W_r}{\sum_{r=1}^R W_r} \right) r_y i_{rxy} \beta_x S_{jr}$$

Después de obtener el valor de degradación del hábitat se aplicó la siguiente ecuación para calcular la calidad del hábitat:

$$Q_{xj} = H_j \left(1 - \left(\frac{D_{xj}^2}{D_{xj}^2 - k^2} \right) \right)$$

Finalmente, para esta ecuación se estableció el valor de la constante media de saturación de 0,5 para calibrar el modelo. El valor de k se calibró hasta llegar al valor máximo de degradación.

1. Análisis de variables requeridas para calcular la rareza del hábitat mediante el software InVEST:

Para evaluar la rareza del hábitat se necesitó de un mapa LULC de referencia de una época anterior dónde la cobertura del suelo era diferente a la actual. El primer cálculo para la rareza del hábitat se realizó con una resta entre la cobertura de suelo del año 2020 y la cobertura de suelo del año 1990, mediante la siguiente ecuación (Stanford et al., 2023):

$$R_j = 1 - \frac{N_j}{N_{jbaseline} + N_j}$$

El resultado fueron valores entre un rango de 0 y 1, los valores que estén entre 0 y 0,5 indicaron que cobertura de suelo es más abundante y mientras se acerque más a 0 indicó que este LULC no fue importante para preservar en el escenario actual la conservación de las especies, los valores con 0,5 indicaron que no existieron cambios en la abundancia entre el LULC de referencia y el LULC actual, los valores que estuvieron entre 0,5 y 1 indicaron que cobertura de suelo es menos abundante, mientras más se acercó al valor a 1 la preservación de esta cobertura de suelo base en la cobertura actual fue más importante para conservar las especies (Stanford et al., 2023).

Finalmente, se estableció el valor de R_j mediante el cálculo de la rareza del hábitat con la siguiente ecuación:

$$R_x = \sum_{j=1}^x \sigma_{xj} R_j$$

Si $\sigma_{xj} = 1$ si la celda de cuadrícula x está en LULC j en la cobertura actual y es igual a 0 en caso contrario (Stanford et al., 2023).

Tabla 4: Variables y formatos establecidos por el modelo de calidad del hábitat del software InVEST.

Variables	Formato
Mapa de cobertura y uso de suelo (de referencia y actual)	Archivo ráster (tiff)
Mapa de amenazas	Archivo ráster (tiff)
Datos de las amenazas	Tabla (csv)
Datos de la sensibilidad de los hábitats a las amenazas	Tabla (csv)
Mapa de accesibilidad	Archivo vector
Constante media de saturación	Dato (Número)

3.2.2 Delimitación del uso y cobertura de suelo actual de las microcuencas hidrográficas estudiadas

Para el análisis de la calidad del hábitat de las cuatro cuencas se descargó información geográfica de la capa de cobertura y uso de suelo del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE), del año 2020 a escala 1: 250 000. Se re proyectó la capa continental a la proyección Universal Transversal de Mercator (UTM) Z17 con datum de referencia WGS84. Por la magnitud de los datos se procedió a depurar y delimitar las áreas de estudio para su mayor detalle mediante el software ArcGIS y se estableció la cobertura de suelo al tamaño de cada cuenca.

Posteriormente, se calculó el área en (ha) y en (km^2) para cada microcuenca. Seguidamente, se convirtió la cobertura de suelo formato capa a formato ráster (TIFF), luego se estableció el valor de LULC de cada tipo de cobertura en cada microcuenca de estudio y finalmente se realizó un mapa de ilustración y las tablas correspondientes a cada tipo de cobertura, que se pueden visualizar a continuación:

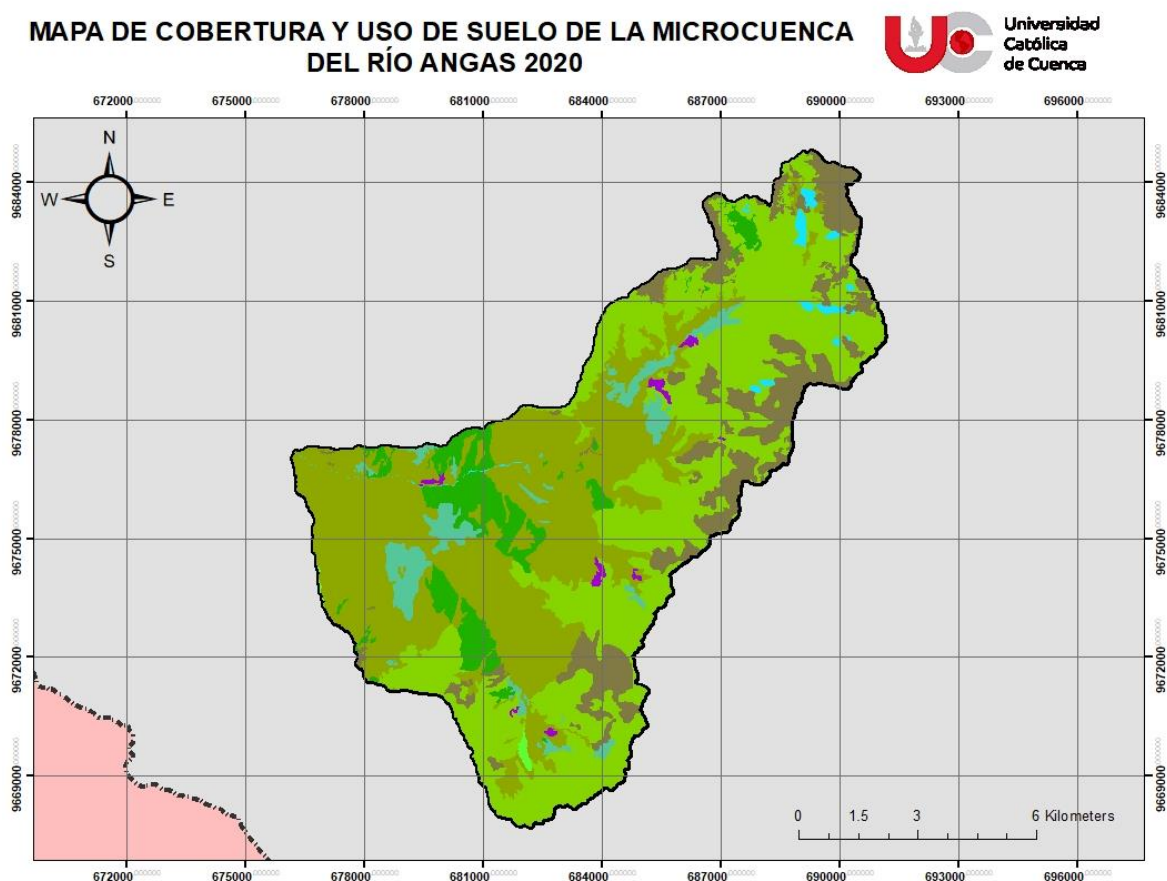




Figura 11: Cobertura de suelo de la microcuenca del río Angas.

Fuente: (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2020).

Tabla 5: LULC, cobertura y área de la microcuenca del río Angas.

LULC	Nombre	Área (ha)
1	Bosque nativo	20,65
2	Mosaico agropecuario	57,58
3	Páramo	4139,24
4	Pastizal	473,12
5	Vegetación arbustiva	3958,36
6	Vegetación herbácea	704,88
7	Cuerpo de agua natural	90,14
8	Erial	1320,15

Fuente: (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2020).

MAPA DE COBERTURA Y USO DE SUELO DE LA MICROCUENCA DEL RÍO NORCAY 2020

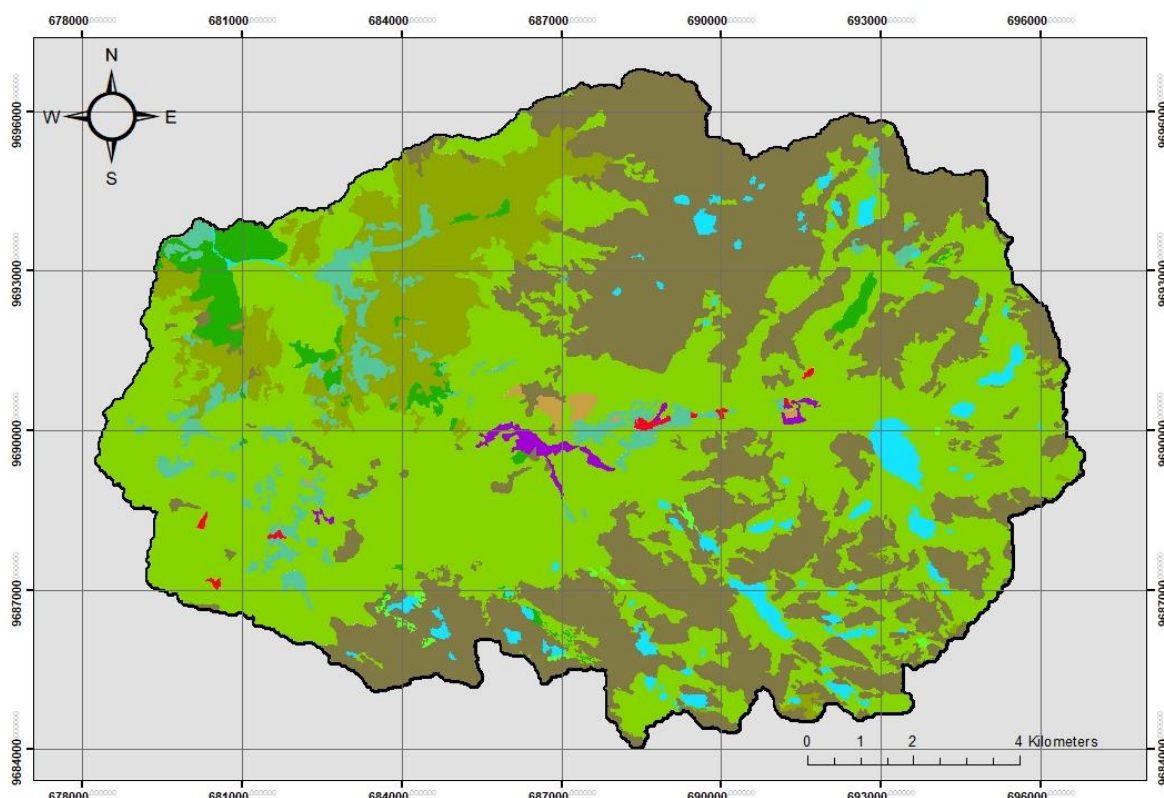


Figura 12: Cobertura de suelo de la microcuenca del río Norcay.

Fuente: (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2020).

Tabla 6: LULC, cobertura y área de la microcuenca del río Norcay.

LULC	Cobertura	Área (ha)
1	Bosque nativo	32,32
2	Mosaico agropecuario	80,54
3	Páramo	7954,14
4	Pastizal	541,75
5	Plantación forestal	52,86
6	Vegetación arbustiva	1499,70
7	Vegetación herbácea	349,02
8	Cuerpo de agua natural	411,25
9	Erial	5263,41
10	Área poblada	26,00

Fuente: (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2020).

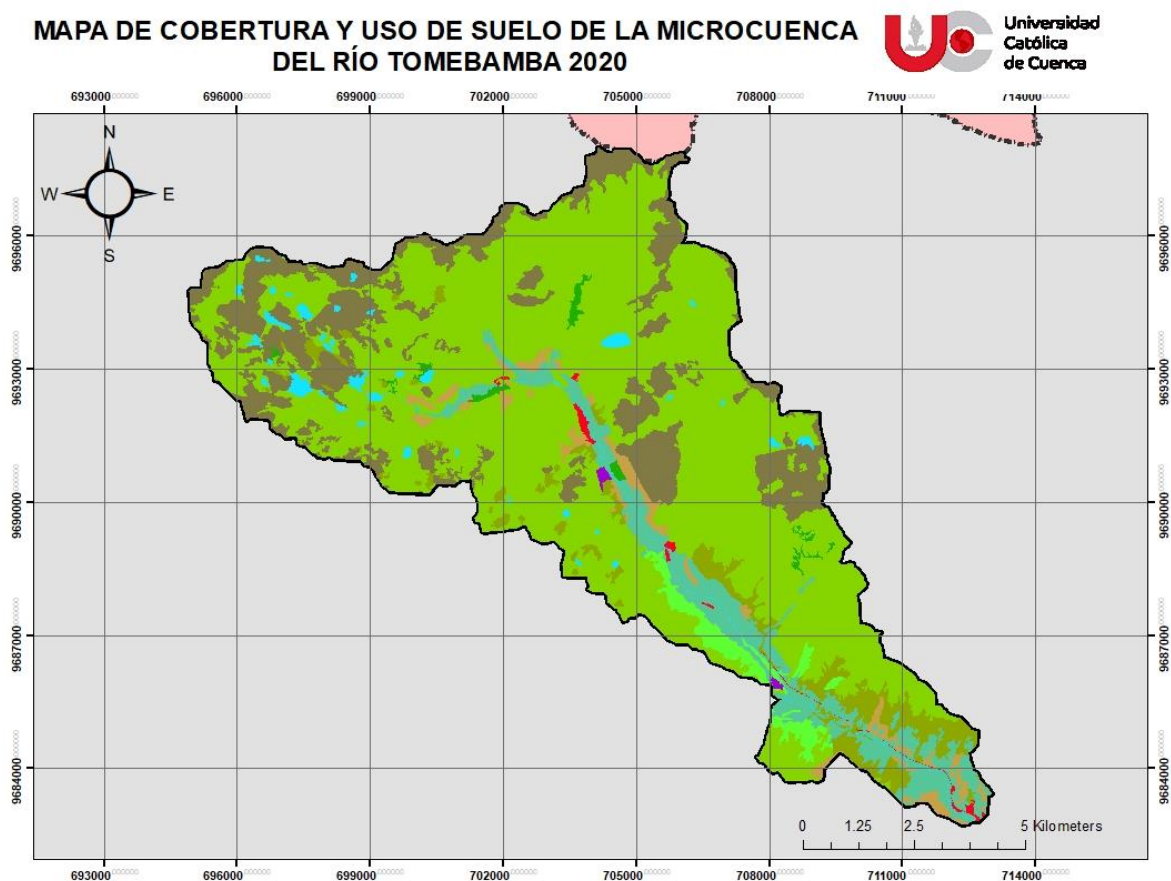




Figura 13: Cobertura de suelo de la microcuenca del río Tomebamba.

Fuente: (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2020).

Tabla 7: LULC, cobertura y área de la microcuenca del río Tomebamba.

LULC	Nombre	Área (ha)
1	Bosque nativo	216,97
2	Mosaico agropecuario	14,27
3	Páramo	6695,98
4	Pastizal	817,26
5	Plantación forestal	261,38
6	Vegetación arbustiva	549,51
7	Vegetación herbácea	71,62
8	Área poblada	40,26
9	Cuerpo de agua natural	158,60
10	Erial	1734,13

Fuente: (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2020).

MAPA DE COBERTURA Y USO DE SUELO DE LA MICROCUENCA DEL RÍO YANUNCAY 2020

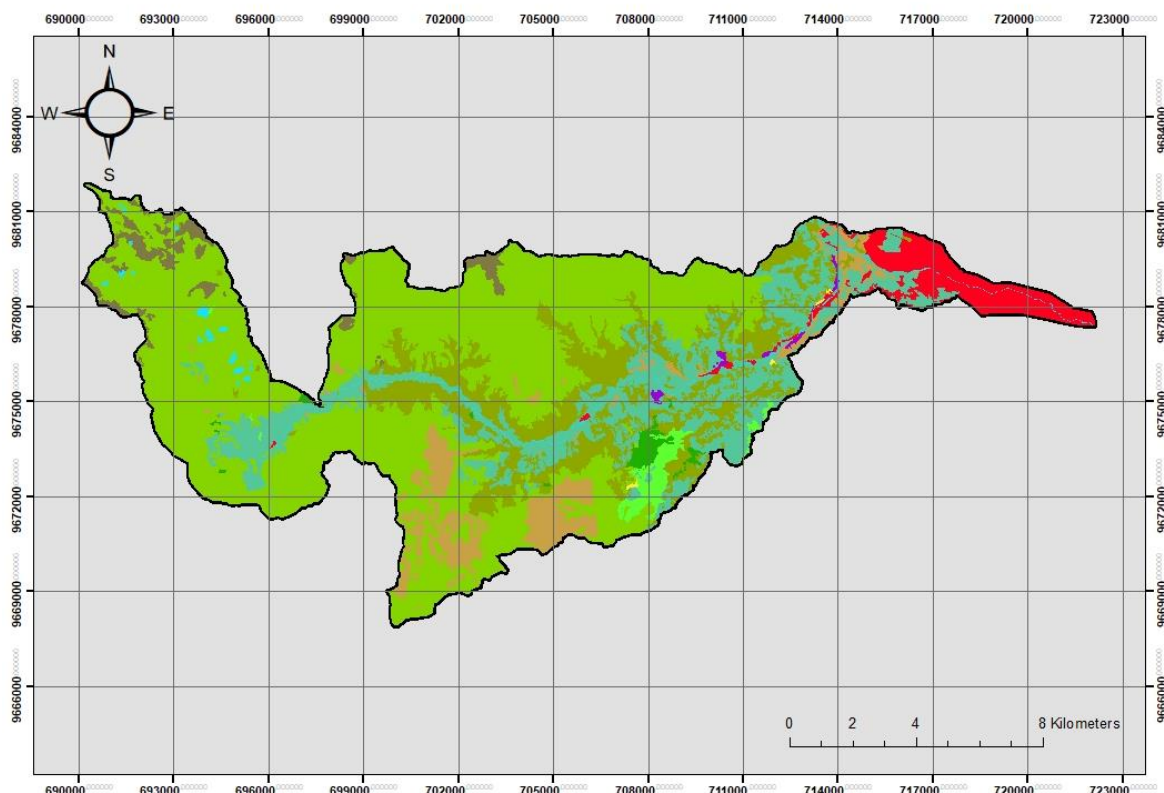


Figura 14: Cobertura de suelo de la microcuenca del río Yanuncay.

Fuente: (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2020).

Tabla 8: LULC, cobertura y área de la microcuenca del río Yanuncay.

LULC	Cobertura	Área (ha)
1	Bosque nativo	236,67
2	Cultivo	11,33
3	Mosaico agropecuario	45,96
4	Páramo	8952,70
5	Pastizal	2844,66
6	Plantación forestal	1069,80
7	Vegetación arbustiva	2602,81
8	Vegetación herbácea	138,47
9	Área poblada	763,63
10	Cuerpo de agua natural	111,93
11	Erial	395,92

Fuente: (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2020).

3.2.1 Delimitación del uso y cobertura de suelo de referencia de las microcuencas hidrográficas estudiadas

Para analizar la calidad del hábitat de las cuatro cuencas se descargó información geográfica de la capa de cobertura y uso de suelo del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE), del año 1990 a escala 1: 250 000. Se re proyectó la capa continental a la proyección Universal Transversal de Mercator Z17 con datum de referencia WGS84. Por la magnitud de los datos se procedió a depurar y delimitar las áreas de estudio para su mayor detalle mediante el software ArcGIS y se estableció la de cobertura de suelo al tamaño de cada cuenca.

Posteriormente, se ordenó cada celda de polígonos según la numeración del LULC actual, calculó el área en (ha) y en (km^2) para cada microcuenca. Al final, se convirtió el LULC de formato capa a formato ráster (TIFF). Se pueden visualizar los mapas y tablas finales de la cobertura de referencia para cada microcuenca a continuación:

MAPA DE COBERTURA Y USO DE SUELO DE LA MICROCUENCA DEL RÍO ANGAS 1990

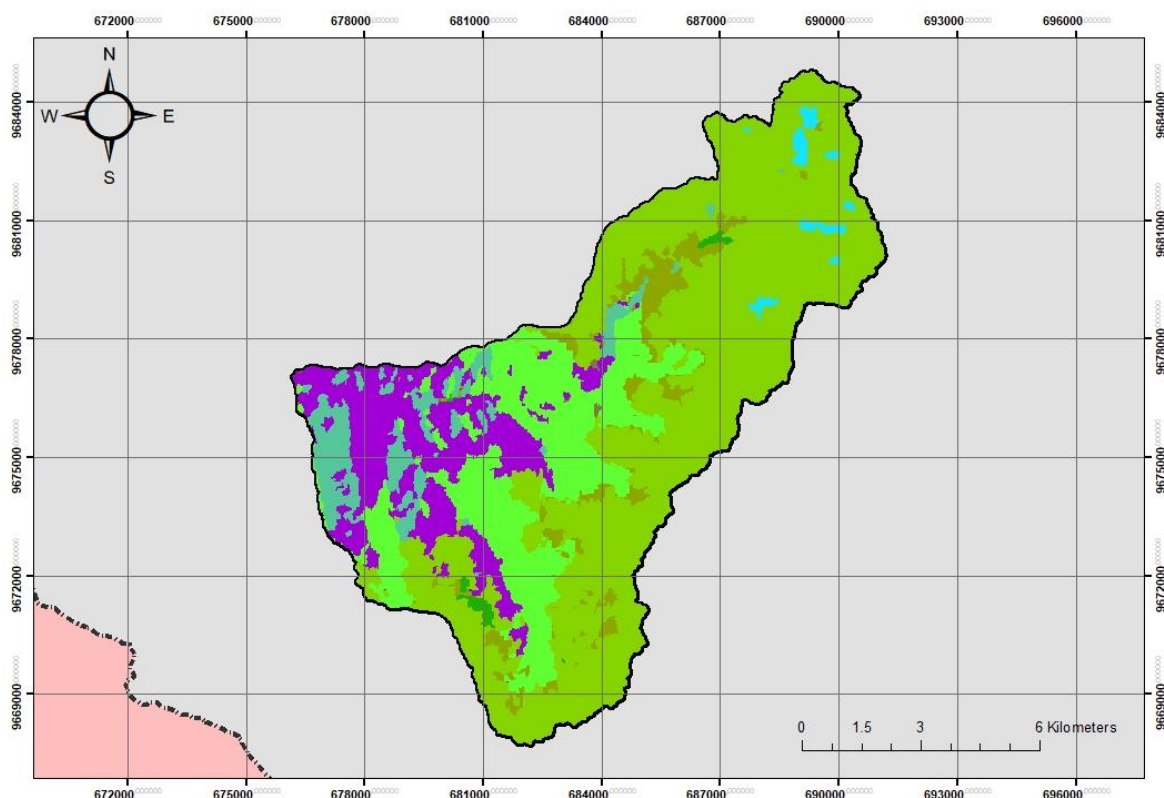


Figura 15: Cobertura de suelo de la microcuenca del río Angas.

Fuente: (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2020).

Tabla 9: LULC, cobertura y área de la microcuenca del río Angas.

LULC	Cobertura	Área (ha)
1	Bosque nativo	2146,96
2	Mosaico agropecuario	1472,25
3	Páramo	5777,69
4	Pastizal	642,46
5	Vegetación arbustiva	542,05
6	Vegetación herbácea	61,65
7	Cuerpo de agua natural	110,43
8	Erial	10,62

Fuente: (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2020).

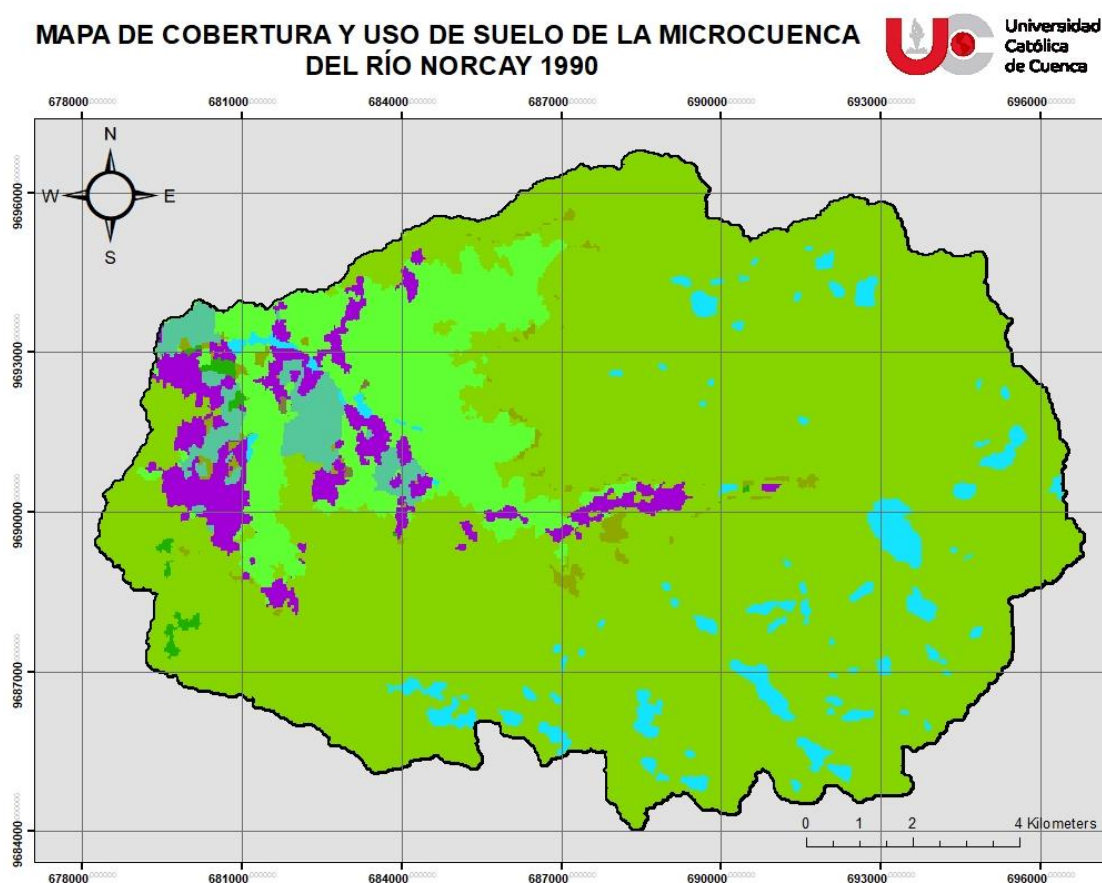




Figura 16: Cobertura de suelo de la microcuenca del río Norcay.

Fuente: (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2020).

Tabla 10: LULC base, cobertura y área de la microcuenca del río Norcay.

LULC	Cobertura	Área (ha)
1	Bosque nativo	1826,42
2	Mosaico agropecuario	707,74
3	Páramo	12474,75
4	Pastizal	368,73
6	Vegetación arbustiva	146,34
7	Vegetación herbácea	55,98
8	Cuerpo de agua natural	621,77
9	Erial	9,27

Fuente: (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2020).

MAPA DE COBERTURA Y USO DE SUELO DE LA MICROCUENCA DEL RÍO TOMBAMBA 1990

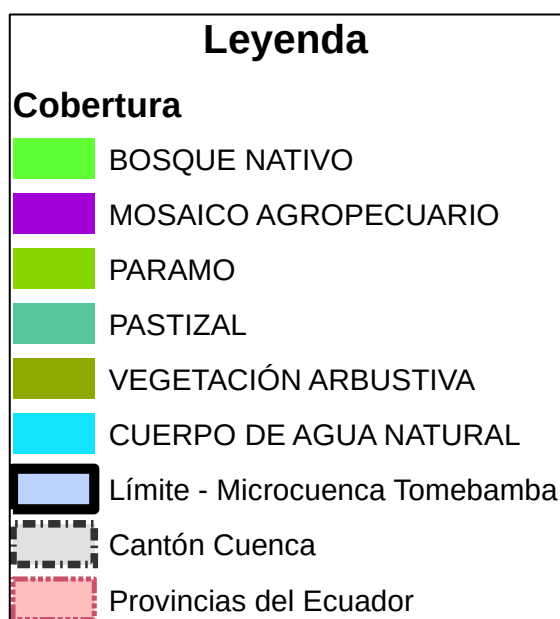
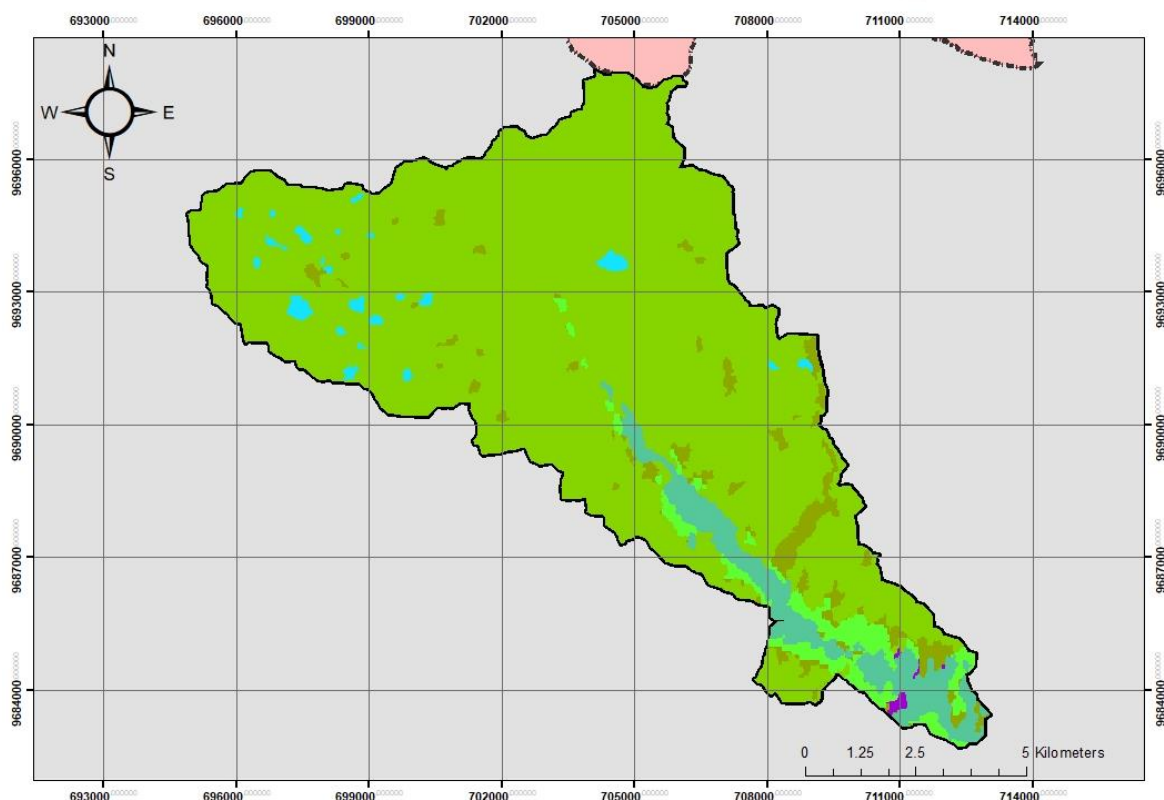


Figura 17: Cobertura de suelo de la microcuenca del río Tomebamba.

Fuente: (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2020).

Tabla 11: LULC, cobertura y área de la microcuenca del río Tomebamba.

LULC	Nombre	Área (ha)
1	Bosque nativo	387,11
2	Mosaico agropecuario	18,15
3	Páramo	8926,52
4	Pastizal	644,79
6	Vegetación arbustiva	453,33
9	Cuerpo de agua natural	130,05

Fuente: (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2020).

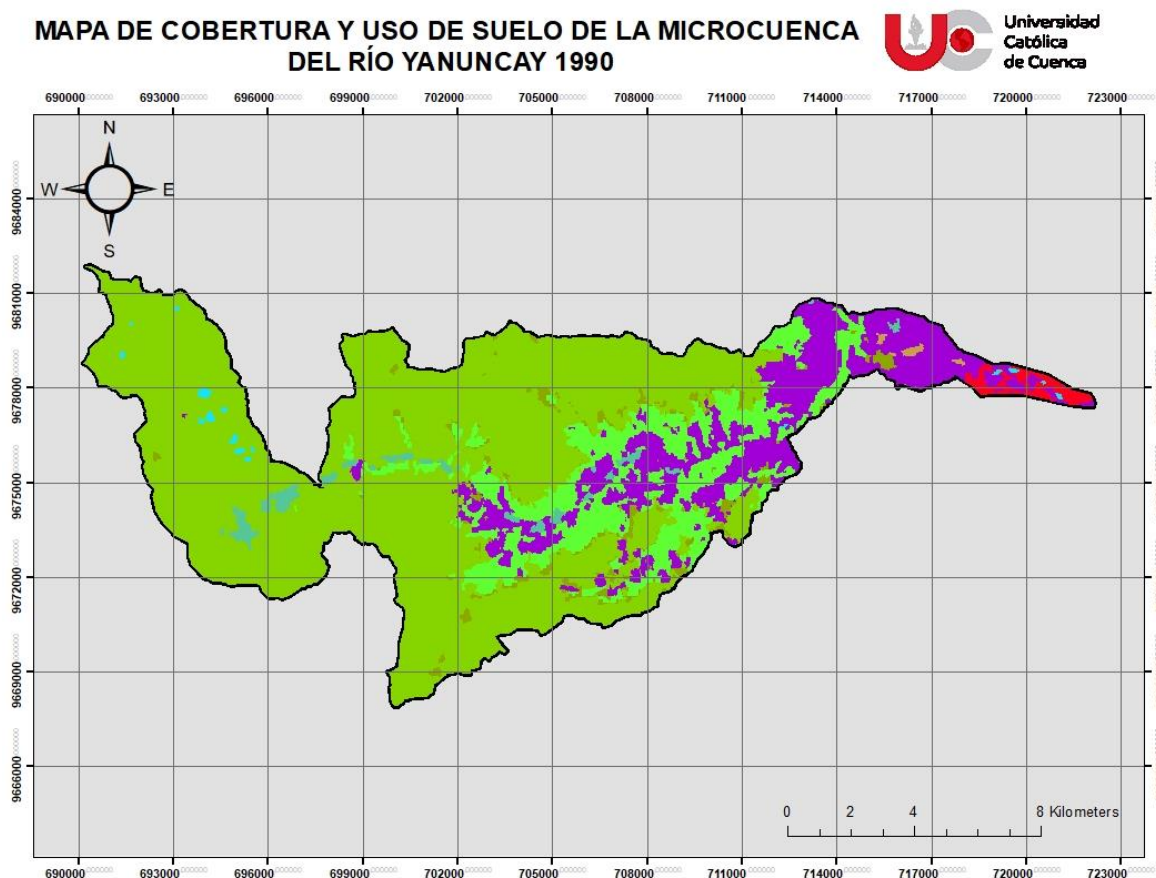




Figura 18: Cobertura de suelo de la microcuenca del río Yanuncay.

Fuente: (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2020).

Tabla 12: LULC, cobertura y área de la microcuenca del río Yanuncay.

LULC	Nombre	Área (ha)
1	Bosque nativo	2424,97
3	Mosaico agropecuario	2615,13
4	Páramo	11172,91
5	Pastizal	271,07
6	Plantación forestal	32,22
7	Vegetación arbustiva	414,01
9	Área poblada	182,34
10	Cuerpo de agua natural	61,2

Fuente: (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2020).

3.2.1 Distribución espacial cada amenaza: establecimiento de las amenazas que pueden afectar a la calidad de hábitat de las cuencas hidrográficas estudiadas

De la capa LULC adquirida del MAATE del año 2020, se establecieron las amenazas que generan un impacto a la polinización como: pastizal, plantación forestal, erial, área poblada, mosaico

agropecuario y cultivo, ya que las actividades humanas generan mayor degradación al hábitat y en consecuencia afectan la calidad del mismo en una zona específica.

A parte de las amenazas establecidas en el mapa LULC, se establecieron otras amenazas de origen antrópico que son: poblados, concesiones mineras y vías.

La capa de puntos de los poblados se adquirió del Sistema Nacional de Información Geográfica (IGM) del año 2013, se estableció un área de influencia de 50 m para cada poblado.

La capa de vías se descargó del IGM del año 2013, se realizó una capa para los tipos de vías y se les clasificó en: vías primarias (autopista, carretera pavimentada dos o más vías, vías secundarias (carretera pavimentada angosta, carretera sin pavimentar angosta) y vías terciarias (sendero o vereda, camino de herradura, camino de verano), posteriormente se realizó un área de influencia para cada una, para establecer estos valores se sacó la máxima anchura de los vehículos según la Norma Ecuatoriana Vial NEVI-12-MTOP del año 2013 con: 9 m para las vías primarias, 3 m para las vías secundarias y 1.5 m para las vías terciarias. A esta capa de le estableció una resolución de 5 m para su visualización y mejor cálculo de ráster.

Los polígonos de las concesiones mineras se adquirieron de la Secretaría Técnica del Comité Nacional de Límites Internos (CONALI) del año 2020, luego se cortó la capa según cada microcuenca.

Se reproyectaron todas las capas de amenazas al Universal Transversal de Mercator (UTM) Zona 17 con datum de referencia WGS84, se realizó la fusión de cada capa de amenazas con la capa de cada microcuenca de estudio. Finalmente, a cada capa de amenazas se transformaron de formato capa a formato ráster (TIFF), con una resolución de 60 m, donde cada pixel de cada amenaza se le asignó el valor de 1 y a la zona de la microcuenca un valor de 0.

Cada formato ráster (TIFF) se le asignó el nombre con abreviaturas y con (_c) al final, para indicar que corresponde al escenario actual de LULC y también para cada amenaza, luego se le guardó cada amenaza en una sola carpeta como pide el modelo. A continuación, se visualizará los mapas con sus respectivas tablas de amenazas y sus abreviaturas utilizadas para cada ráster (TIFF).

MAPA DE AMENAZAS DE LA MICROCUENCA DEL RÍO ANGAS

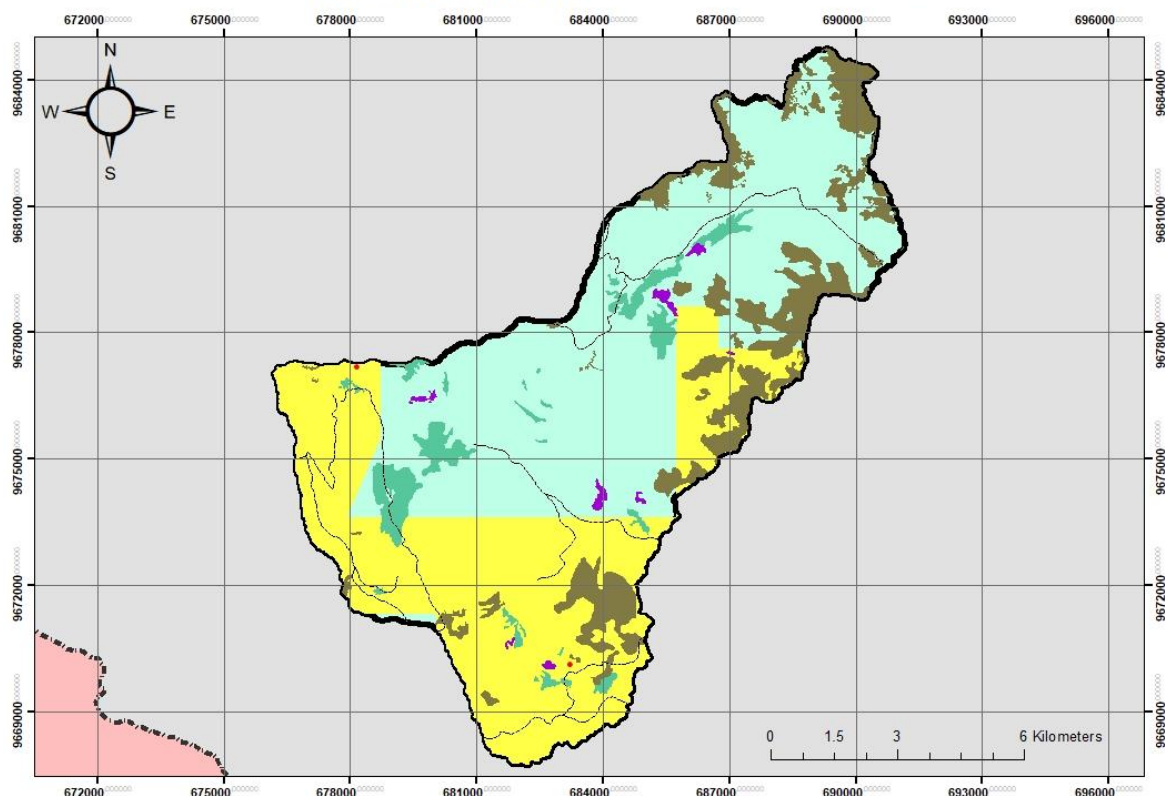


Figura 19: Amenazas presentes en la microcuenca del río Angas.

Fuente: (Instituto Geográfico Militar, 2013; Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2020; Secretaría Técnica del Comité Nacional de Límites Internos, 2020).

Tabla 13: Amenazas establecidas en la microcuenca Angas, con sus abreviaturas.

Amenazas	Abreviatura
Pastizal	past_c.tif
Poblados	po_c.tif
Concesiones mineras	cm_c.tif
Vías terciarias	vt_c.tif
Erial	eri_c.tif
Mosaico agropecuario	ma_c.tif

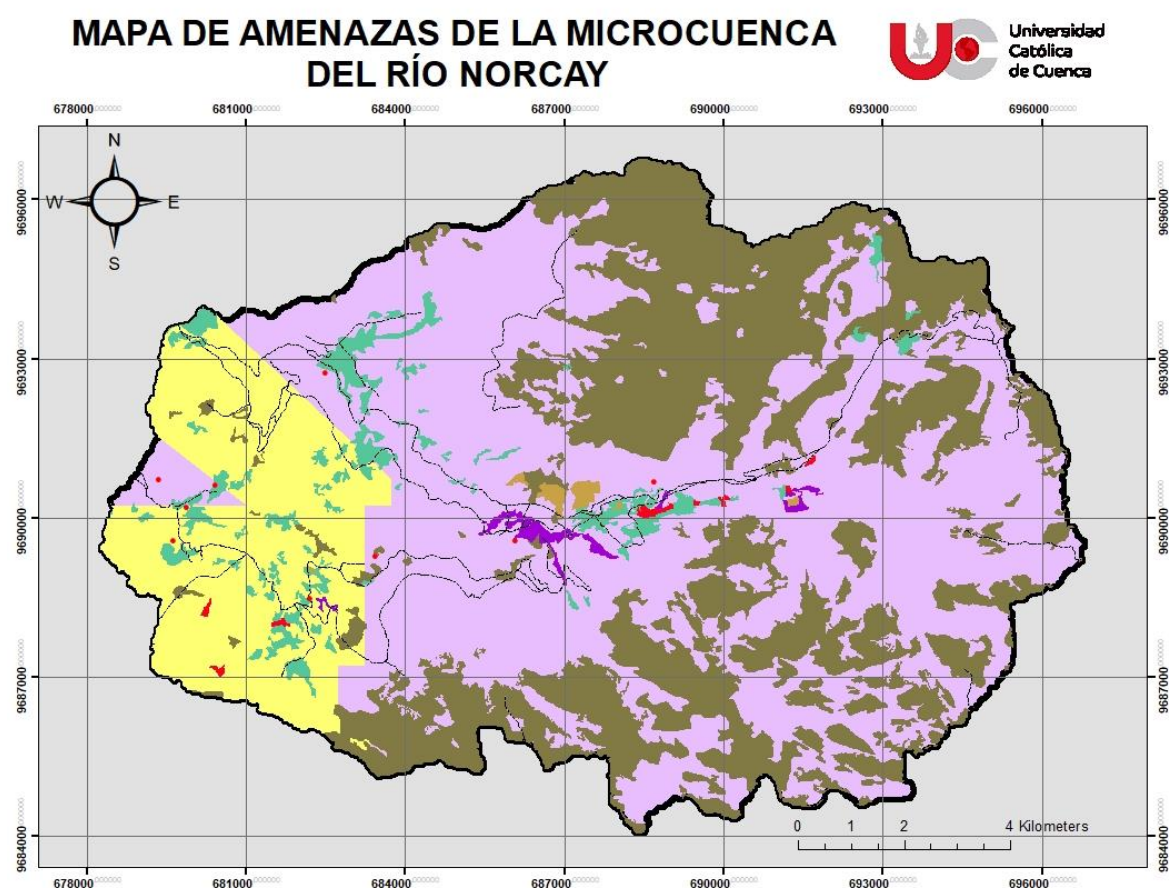




Figura 20: Amenazas presentes en la microcuenca del río Norcay.

Fuente: (Instituto Geográfico Militar, 2013; Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2020; Secretaria Técnica del Comité Nacional de Límites Internos, 2020).

Tabla 14: Amenazas establecidas en las microcuencas Norcay, Angas, Tomebamba y Yanuncay, con sus abreviaturas.

Amenazas	Abreviatura
Pastizal	past_c.tif
Poblados	po_c.tif
Concesiones mineras	cm_c.tif
Vías secundarias	vs_c.tif
Vías terciarias	vt_c.tif
Erial	eri_c.tif
Mosaico agropecuario	ma_c.tif
Área poblada	ap_c.tif
Plantación forestal	pf_c.tif

MAPA DE AMENAZAS DE LA MICROCUENCA DEL RÍO TOMBAMBA

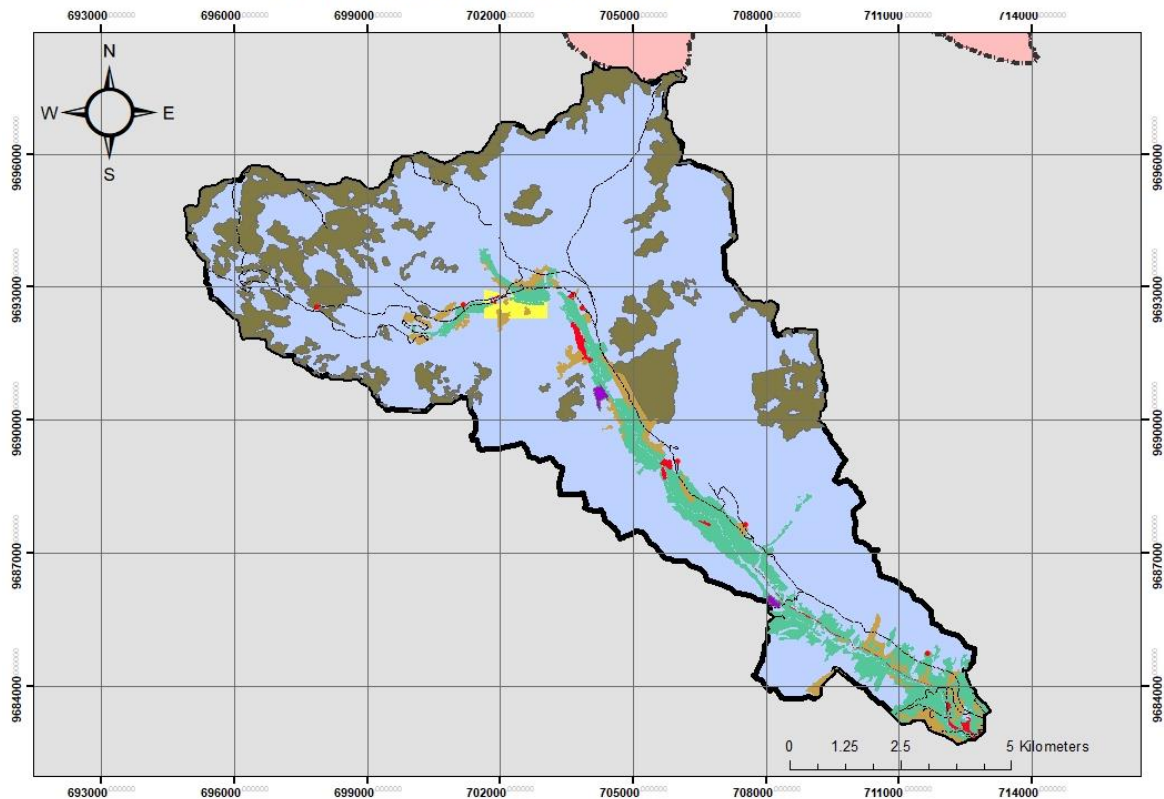


Figura 21: Amenazas presentes en la microcuenca del río Tomebamba.

Fuente: (Instituto Geográfico Militar, 2013; Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2020; Secretaría Técnica del Comité Nacional de Límites Internos, 2020).

Tabla 15: Amenazas establecidas en las microcuencas Norcay, Angas, Tomebamba y Yanuncay, con sus abreviaturas.

Amenazas	Abreviatura
Pastizal	past_c.tif
Poblados	po_c.tif
Concesiones mineras	cm_c.tif
Vías primarias	vp_c.tif
Vías secundarias	vs_c.tif
Vías terciarias	vt_c.tif
Erial	eri_c.tif
Mosaico agropecuario	ma_c.tif
Área poblada	ap_c.tif
Plantación forestal	pf_c.tif

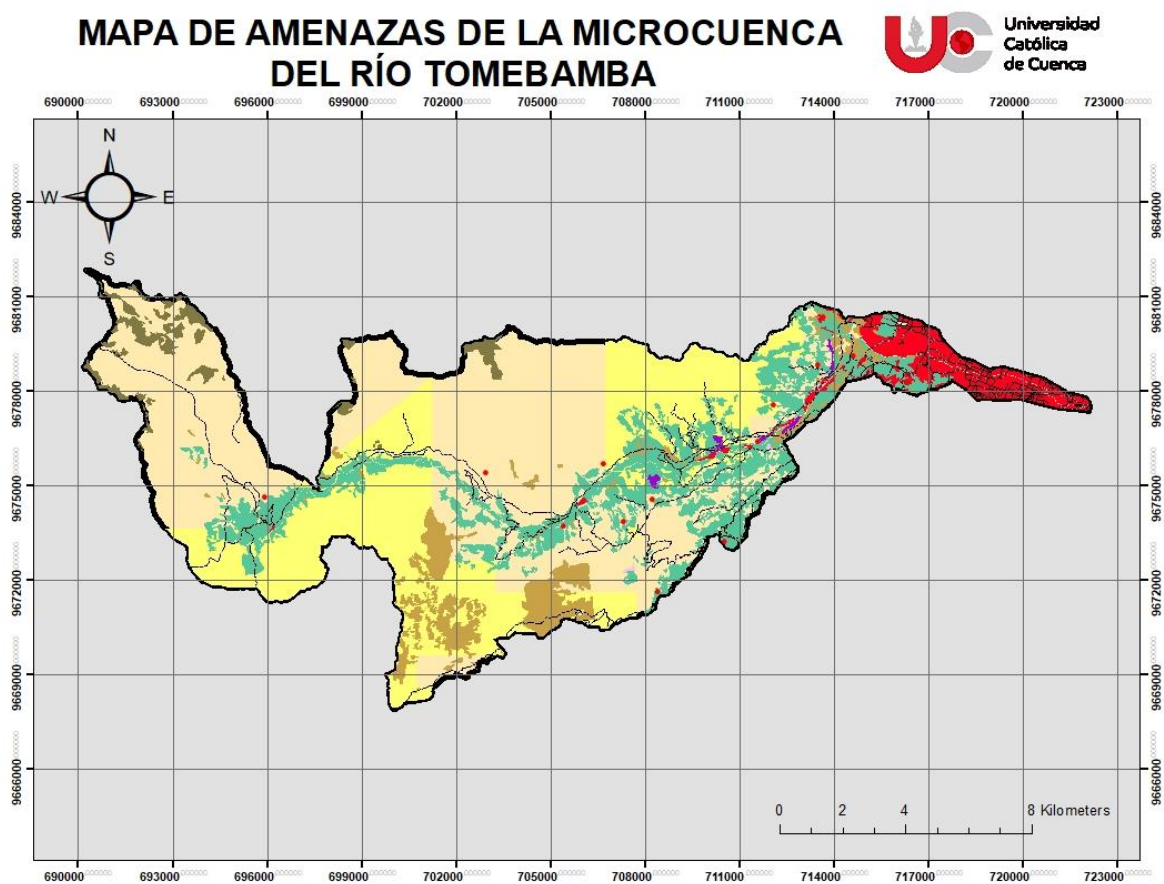




Figura 22: Amenazas presentes en la microcuenca del río Yanuncay.

Fuente: (Instituto Geográfico Militar, 2013; Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2020; Secretaría Técnica del Comité Nacional de Límites Internos, 2020).

Tabla 16: Amenazas establecidas en las microcuencas Norcay, Angas, Tomebamba y Yanuncay, con sus abreviaturas.

Amenazas	Abreviatura
Pastizal	past_c.tif
Poblados	po_c.tif
Concesiones mineras	cm_c.tif
Vías primarias	vp_c.tif
Vías secundarias	vs_c.tif
Vías terciarias	vt_c.tif
Erial	eri_c.tif
Mosaico agropecuario	ma_c.tif
Área poblada	ap_c.tif
Plantación forestal	pf_c.tif
Cultivo	cult_c.tif

3.2.2 Intensidad de cada amenaza (tabla de amenazas)

Es la tabla de amenazas en formato CSV (delimitado por comas) de cada microcuenca, tomando como objetivo base la conservación del hábitat para las especies de insectos polinizadores. El contenido necesario y los datos realizados se describen a continuación:

Distancia de máxima afectación (MAX_DIST) [km]: este dato indicó la distancia máxima a la cual cada amenaza afecta la calidad del hábitat y el impacto de degradación de cada amenaza se redujo a 0 al llegar a esta máxima distancia. Los valores de distancia se establecieron mediante el software ArcGIS con las herramientas de proximidad para cada transecto de cada microcuenca según la capa de amenaza más cercana al transecto, al final se realizó un promedio de las distancias máximas de los tres transectos para cada microcuenca (Stanford et al., 2023).

Peso o ponderación relativa (WEIGHT): es el impacto en la calidad del hábitat de cada amenaza en relación con las otras amenazas. Los valores del peso se establecieron por medio del Método de Proceso Analítico Jerárquico (AHP), que consiste en determinar un objetivo principal con varios criterios y alternativas entorno a ese objetivo para lograrlo y encontrar sus respectivos pesos para cada microcuenca (Stanford et al., 2023).

El AHP es un método estadístico para la toma de decisiones que presentan un alto grado de dificultad para su valoración, por lo que, en la década de los 70 Thomas L. Saaty (2013) propuso este método, en el presente se utiliza para diversas investigaciones, en el campo laboral, en la economía, entre otras ramas. Para su valoración se determina un objetivo específico en función de criterios con sus subcriterios y alternativas con sus subalternativas de forma jerárquica según el orden descrito, especificado en el siguiente gráfico (Yepes-Piqueras, 2018):

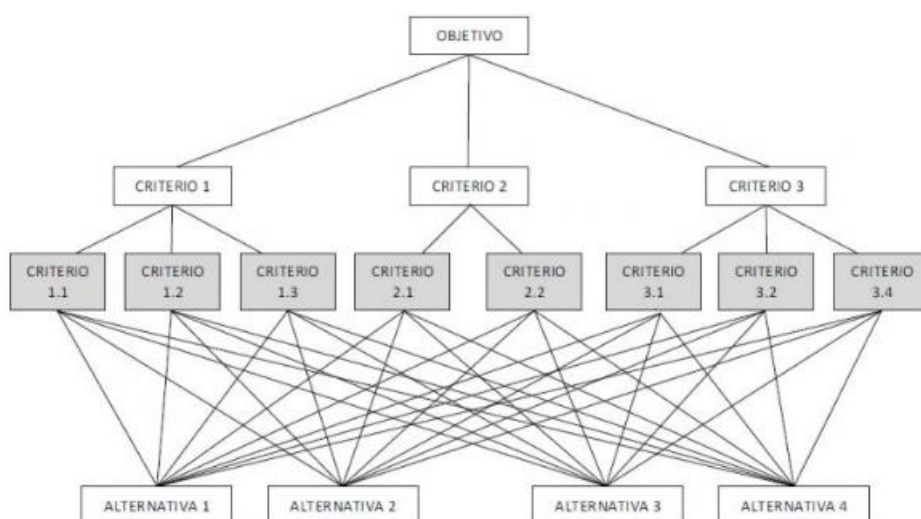


Figura 23: Estructura jerárquica AHP.

Fuente: (Yepes-Piqueras, 2018).

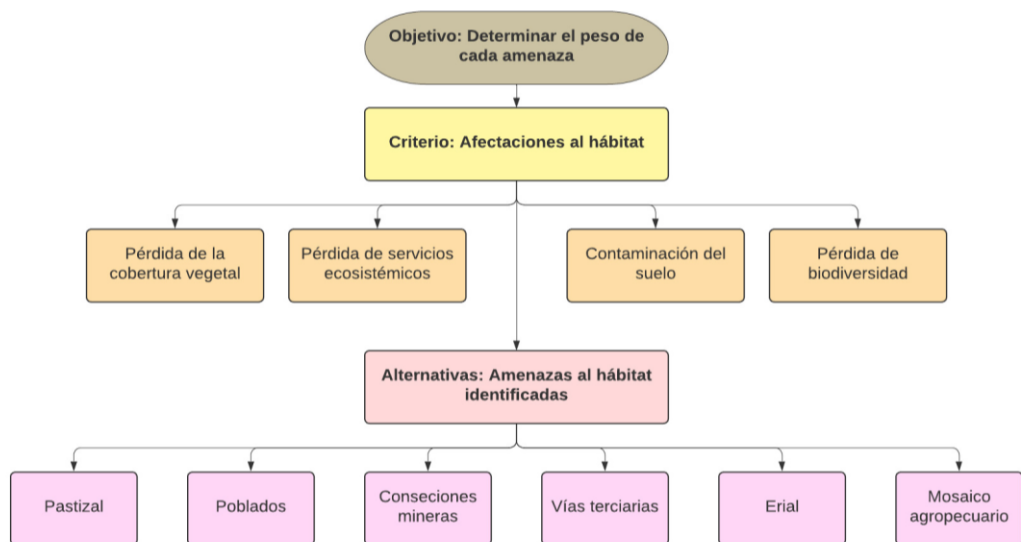


Figura 24: Estructura jerárquica con sus criterios y alternativas para la microcuenca Angas.

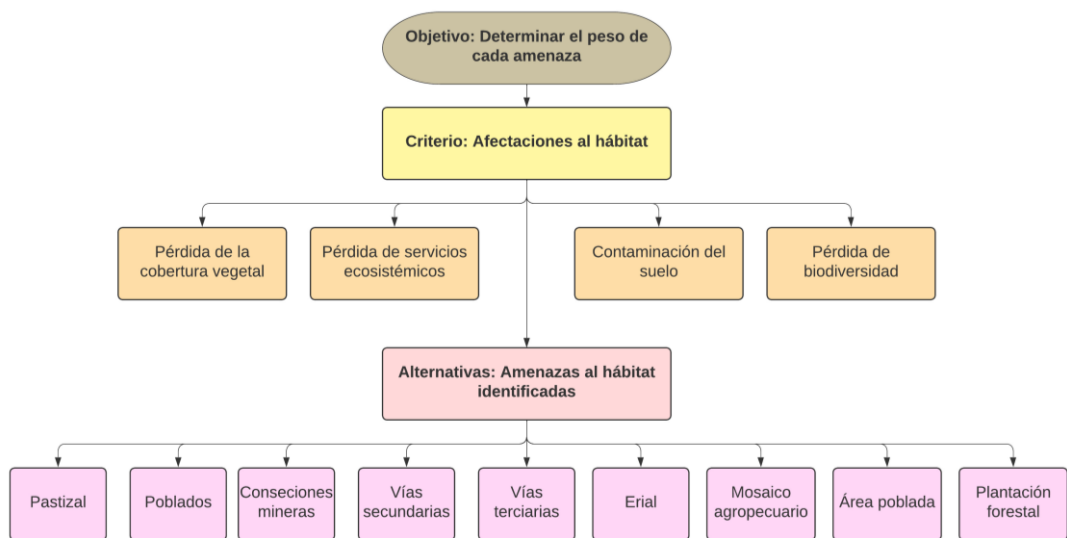


Figura 25: Estructura jerárquica con sus criterios y alternativas para la microcuenca Norcay.

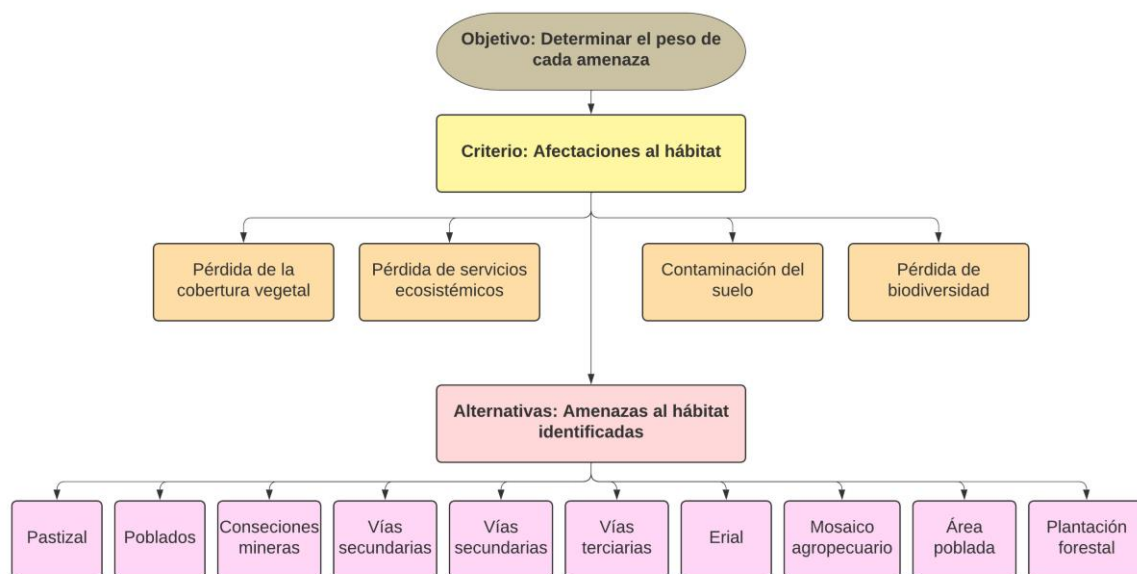


Figura 26: Estructura jerárquica con sus criterios y alternativas para la microcuenca Tomebamba.

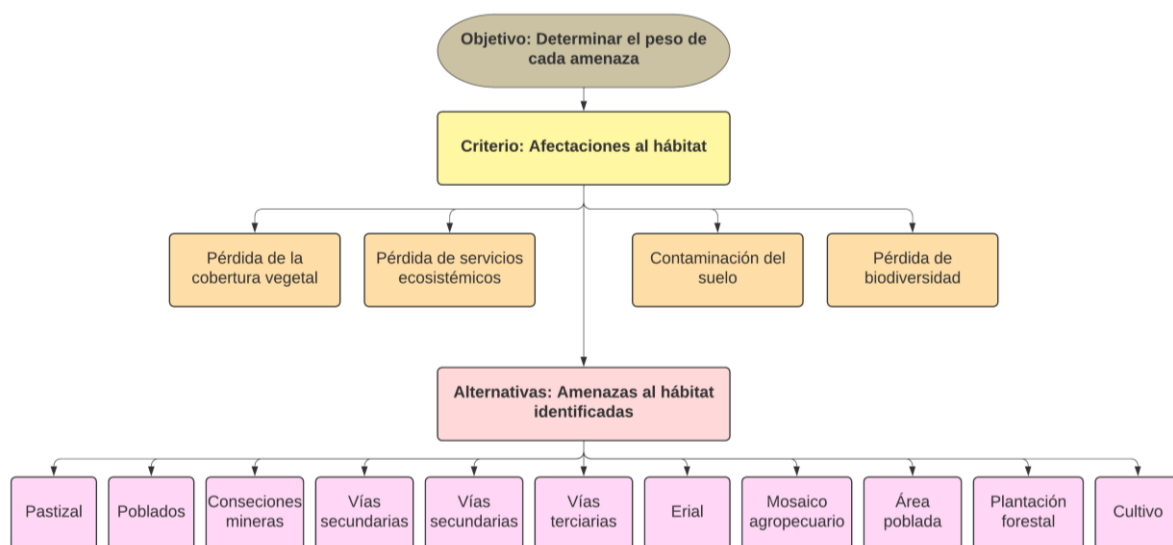


Figura 27: Estructura jerárquica con sus criterios y alternativas para la microcuenca Yanuncay.

Posteriormente se obtuvo el peso mediante matrices de comparación pareada los criterios establecidos en la estructura jerárquica y las alternativas, usando la Escala Fundamental establecida por Thomas L. Saaty con valores del 1 al 9 o también pueden ser mediante fracciones, luego mediante la denominada matriz de decisión se establecieron valores de reciprocidad, homogeneidad

y de consistencia. A continuación, se visualiza la escala fundamental y la matriz utilizada para encontrar los pesos de las amenazas a los insectos polinizadores (Yepes-Piqueras, 2018):

Tabla 17: Escala fundamental de comparación por pares.

VALOR	DEFINICIÓN	EXPLICACIÓN
1	Igual importancia	El elemento A es igual de importante que el criterio B.
3	Importancia moderada	El elemento A es ligeramente importante que el elemento B.
5	Importancia grande	El elemento A es fuertemente importante que el criterio B.
7	Importancia muy grande	El elemento A es mucho más importante que el elemento B.
9	Importancia extrema	El elemento A es absolutamente y totalmente más importante que el elemento B.
2,4,6 y 8	Valores intermedios entre los valores anteriores, cuando se necesitan matizar.	

Fuente: (Saaty, 1980; Yepes-Piqueras, 2018).

Tabla 18: Matriz de comparación de elementos (criterios y alternativas aplican esta matriz).

Elementos	CAx	CAy	CA3z	CAn.....
CAx	1/1	CAx/CAy	CAx/CAz	CAx/CAn
CAy	CAy/CAx	1/1	CAy/CAz	CAy/CAn
CAz	CAz/CAx	CAz/CAy	1/1	CAz/CAn
CAn.....	CAn/CAx	CAn/CAy	CAn/CAz	1/1

Fuente: (Ríos-Galárraga, 2019).

Primero se realizó la matriz de comparación entre los criterios, después con las alternativas en función de cada criterio, se obtuvo el promedio de cada columna y su valor resultante fue el peso cuya suma es igual a 1. Finalmente se multiplicaron los pesos de los criterios y las alternativas resultantes para determinar el peso AHP (Aznar-Bellver, 2012).

A continuación, se pueden visualizar los pesos encontrados para los criterios y las alternativas estipuladas para este estudio, para cada microcuenca:

Tabla 19: Pesos resultantes para los criterios y alternativas de la microcuenca Angas.

CSP	Criterios	Peso AHP	Alternativas	Peso AHP
Criterios	Pérdida de la cobertura vegetal	0,22	Pastizal	0,19
			Poblados	0,03
			Concesiones mineras	0,44
			Vías terciarias	0,06
			Erial	0,21
			Mosaico agropecuario	0,06
			Pastizal	0,19
			Poblados	0,03
	Pérdida de servicios ecosistémicos	0,31	Concesiones mineras	0,44
			Vías terciarias	0,06
			Erial	0,21
			Mosaico agropecuario	0,06
			Pastizal	0,19
			Poblados	0,03
			Concesiones mineras	0,44
			Vías terciarias	0,06
	Contaminación del suelo	0,35	Erial	0,21
			Mosaico agropecuario	0,06
			Pastizal	0,19
			Poblados	0,03
			Concesiones mineras	0,44
			Vías terciarias	0,06
			Erial	0,21
			Mosaico agropecuario	0,06
	Pérdida de biodiversidad	0,13	Pastizal	0,19
			Poblados	0,03
			Concesiones mineras	0,44
			Vías terciarias	0,06
			Erial	0,21
			Mosaico agropecuario	0,06

Fuente: Adaptado de (Ríos-Galárraga, 2019).

Tabla 20: Pesos resultantes para los criterios y alternativas de la microcuenca Norcay.

CMP	Criterios	Peso AHP	Alternativas	Peso AHP
Criterios	Pérdida de la cobertura vegetal	0,22	Pastizal	0,16
			Poblados	0,03
			Concesiones mineras	0,33
			Vías secundarias	0,07
			Vías terciarias	0,04
			Erial	0,22
			Mosaico agropecuario	0,05
			Área poblada	0,06
			Plantación forestal	0,08
			Pastizal	0,16
			Poblados	0,03
			Concesiones mineras	0,33
	Pérdida de servicios ecosistémicos	0,31	Vías secundarias	0,07
			Vías terciarias	0,04
			Erial	0,22
			Mosaico agropecuario	0,05
			Área poblada	0,06
			Plantación forestal	0,08
			Pastizal	0,16
			Poblados	0,03
			Concesiones mineras	0,33
			Vías secundarias	0,07
			Vías terciarias	0,04
			Erial	0,22
	Contaminación del suelo	0,35	Mosaico agropecuario	0,05
			Área poblada	0,06
			Plantación forestal	0,08
			Pastizal	0,16
			Poblados	0,03
			Concesiones mineras	0,33
			Vías secundarias	0,07
			Vías terciarias	0,04
			Erial	0,22
			Mosaico agropecuario	0,05
			Área poblada	0,06
			Plantación forestal	0,08
	Pérdida de biodiversidad	0,13	Pastizal	0,16
			Poblados	0,03
			Concesiones mineras	0,33
			Vías secundarias	0,07
			Vías terciarias	0,04
			Erial	0,22
			Mosaico agropecuario	0,05
			Área poblada	0,06
			Plantación forestal	0,08

Fuente: Adaptado de (Ríos-Galárraga, 2019).

Tabla 21: Pesos resultantes para los criterios y alternativas de la microcuenca Tomebamba.

CMA	Criterios	Peso AHP	Alternativas	Peso AHP
Criterios	Pérdida de la cobertura vegetal	0,22	Pastizal	0,29
			Poblados	0,03
			Concesiones mineras	0,04
			Vías primarias	0,09
			Vías secundarias	0,07
			Vías terciarias	0,05
			Erial	0,18
			Mosaico agropecuario	0,07
			Área poblada	0,05
			Plantación forestal	0,12
			Pastizal	0,29
			Poblados	0,03
	Pérdida de servicios ecosistémicos	0,31	Concesiones mineras	0,04
			Vías primarias	0,09
			Vías secundarias	0,07
			Vías terciarias	0,05
			Erial	0,18
			Mosaico agropecuario	0,07
			Área poblada	0,05
			Plantación forestal	0,12
			Pastizal	0,29
			Poblados	0,03
			Concesiones mineras	0,04
			Vías primarias	0,09
	Contaminación del suelo	0,35	Vías secundarias	0,07
			Vías terciarias	0,05
			Erial	0,18
			Mosaico agropecuario	0,07
			Área poblada	0,05
			Plantación forestal	0,12
			Pastizal	0,29
			Poblados	0,03
			Concesiones mineras	0,04
			Vías primarias	0,09
			Vías secundarias	0,07
			Vías terciarias	0,05
	Pérdida de biodiversidad	0,13	Erial	0,18
			Mosaico agropecuario	0,07
			Área poblada	0,05
			Plantación forestal	0,12
			Pastizal	0,29
			Poblados	0,03
			Concesiones mineras	0,04
			Vías primarias	0,09

Fuente: Adaptado de (Ríos-Galárraga, 2019).

Tabla 22: Pesos resultantes para los criterios y alternativas de la microcuenca Yanuncay.

CSA	Criterios	Peso AHP	Alternativas	Peso AHP
Criterios	Pérdida de la cobertura vegetal	0,22	Pastizal	0,13
			Poblados	0,06
			Concesiones mineras	0,22
			Vías primarias	0,09
			Vías secundarias	0,07
			Vías terciarias	0,05
			Erial	0,15
			Mosaico agropecuario	0,04
			Área poblada	0,10
			Plantación forestal	0,04
			Cultivo	0,04
	Pérdida de servicios ecosistémicos	0,31	Pastizal	0,13
			Poblados	0,06
			Concesiones mineras	0,22
			Vías primarias	0,09
			Vías secundarias	0,07
			Vías terciarias	0,05
			Erial	0,15
			Mosaico agropecuario	0,04
			Área poblada	0,10
			Plantación forestal	0,04
			Cultivo	0,04
	Contaminación del suelo	0,35	Pastizal	0,13
			Poblados	0,06
			Concesiones mineras	0,22
			Vías primarias	0,09
			Vías secundarias	0,07
			Vías terciarias	0,05
			Erial	0,15
			Mosaico agropecuario	0,04
			Área poblada	0,10
			Plantación forestal	0,04
			Cultivo	0,04
	Pérdida de biodiversidad	0,13	Pastizal	0,13
			Poblados	0,06
			Concesiones mineras	0,22
			Vías primarias	0,09
			Vías secundarias	0,07
			Vías terciarias	0,05
			Erial	0,15
			Mosaico agropecuario	0,04
			Área poblada	0,10
			Plantación forestal	0,04
			Cultivo	0,04

Fuente: Adaptado de (Ríos-Galárraga, 2019).

Después de haber establecido el peso AHP, se establecieron valores como pesos a la riqueza de los insectos polinizadores y las interacciones polinizador-planta para cada transecto de cada microcuenca, donde sus valores fueron inversamente proporcionales al peso de las amenazas, por lo que, a menor riqueza el peso de la amenaza es mayor y a mayor interacción el peso de la amenaza va a ser menor; para introducir estos valores a escala InVEST, siendo 1 el valor más alto, en la siguiente tabla se pueden identificar los valores de peso final transformados al peso del InVEST obtenidos. Finalmente, se realizó un promedio general de los pesos de los transectos de cada microcuenca para su análisis general como se explica en la siguiente tabla:

Tabla 23: Pesos establecidos a escala InVEST para cada amenaza en la microcuenca Angas.

Amenazas	Peso InVest promedio
Pastizal	0,86
Poblados	0,76
Concesiones mineras	1
Vías terciarias	0,78
Erial	0,87
Mosaico agropecuario	0,78

Tabla 24: Pesos establecidos a escala InVEST para cada amenaza en la microcuenca Norcay.

Amenazas	Peso InVEST promedio
Pastizal	0,90
Poblados	0,82
Concesiones mineras	1,00
Vías secundarias	0,84
Vías terciarias	0,82
Erial	0,93
Mosaico agropecuario	0,83
Área poblada	0,84
Plantación forestal	0,85

Tabla 25: Pesos establecidos a escala InVEST para cada amenaza en la microcuenca Tomebamba.

Amenaza	Peso InVEST promedio
Pastizal	1
Poblados	0,83
Concesiones mineras	0,83
Vías primarias	0,87
Vías secundarias	0,86
Vías terciarias	0,85
Erial	0,93
Mosaico agropecuario	0,85
Área poblada	0,84
Plantación forestal	0,89

Tabla 26: Pesos establecidos a escala InVEST para cada amenaza en la microcuenca Yanuncay.

Amenaza	Peso InVEST promedio
Pastizal	0,94
Poblados	0,89
Concesiones mineras	1
Vías primarias	0,91
Vías secundarias	0,90
Vías terciarias	0,88
Erial	0,95
Mosaico agropecuario	0,88
Área poblada	0,92
Plantación forestal	0,88
Cultivo	0,88

Tendencia de decaimiento (DECAY): es el tipo de decaimiento de cada amenaza en el espacio hasta alcanzar su máxima, distancia puede ser lineal y exponencial. Las amenazas establecidas para cada microcuenca fueron de tipo lineal ya que todas decrecen linealmente a la distancia (Stanford et al., 2023).

Ruta_actual: es el mapa de amenazas en su escenario actual.

Ruta_base: es el mapa de las amenazas en su escenario de referencia, para este estudio no se identificaron amenazas para el LULC (mapa de cobertura y uso de suelo) de referencia.

Los datos de la tabla de amenazas para cada microcuenca se describen a continuación:

Tabla 27: Tabla de amenazas establecida para la microcuenca Angas.

Dist_Max	Peso	Amenaza	Decaimiento	Ruta_Base	Ruta_Actual
0,82	0,86	Pastizal	lineal		past_c.tif
7,58	0,76	Poblados	lineal		po_c.tif
2,03	1	Concesiones mineras	lineal		cm_c.tif
0,23	0,78	Vías terciarias	lineal		vt_c.tif
0,25	0,87	Erial	lineal		eri_c.tif
1,74	0,78	Mosaico agropecuario	lineal		ma_c.tif

Fuente: (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2020; Secretaria Técnica del Comité Nacional de Límites Internos, 2020; Stanford et al., 2023).

Tabla 28: Tabla de amenazas establecida para la microcuenca Norcay.

Dist_Max	Peso	Amenaza	Decaimiento	Ruta_Base	Ruta_Actual
0,15	0,9	Pastizal	lineal		past_c.tif
1,87	0,82	Poblados	lineal		po_c.tif
4,67	1	Concesiones mineras	lineal		cm_c.tif
0,16	0,84	Vías secundarias	lineal		vs_c.tif
0,5	0,82	Vías terciarias	lineal		vt_c.tif
0,38	0,93	Erial	lineal		eri_c.tif
1,83	0,83	Mosaico agropecuario	lineal		ma_c.tif
1,75	0,84	Área poblada	lineal		ap_c.tif
1,99	0,85	Plantación forestal	lineal		pf_c.tif

Fuente: (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2020; Secretaria Técnica del Comité Nacional de Límites Internos, 2020; Stanford et al., 2023).

Tabla 29: Tabla de amenazas establecida para la microcuenca Tomebamba.

Dist_Max	Peso	Amenaza	Decaimiento	Ruta_Base	Ruta_Actual
1,33	1	Pastizal	lineal		past_c.tif
1,51	0,83	Poblados	lineal		po_c.tif
4,8	0,83	Concesiones mineras	lineal		cm_c.tif
7,98	0,87	Vías primarias	lineal		vp_c.tif
0,07	0,86	Vías secundarias	lineal		vs_c.tif
0,44	0,85	Vías terciarias	lineal		vt_c.tif
1,64	0,93	Erial	lineal		eri_c.tif
3,59	0,85	Mosaico agropecuario	lineal		ma_c.tif
2,83	0,84	Área poblada	lineal		ap_c.tif
1,73	0,89	Plantación forestal	lineal		pf_c.tif

Fuente: (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2020; Secretaria Técnica del Comité Nacional de Límites Internos, 2020; Stanford et al., 2023).

Tabla 30: Tabla de amenazas establecida para la microcuenca Yanuncay.

Dist_Max	Peso	Amenaza	Decaimiento	Ruta_Base	Ruta_Actual
0,67	0,94	Pastizal	lineal		past_c.tif
1,93	0,89	Poblados	lineal		po_c.tif
1,97	1	Concesiones mineras	lineal		cm_c.tif
20,95	0,91	Vías primarias	lineal		vp_c.tif
1,16	0,9	Vías secundarias	lineal		vs_c.tif
0,04	0,88	Vías terciarias	lineal		vt_c.tif
2,73	0,95	Erial	lineal		eri_c.tif
10,61	0,88	Mosaico agropecuario	lineal		ma_c.tif
2,53	0,92	Área poblada	lineal		ap_c.tif
0,69	0,88	Plantación forestal	lineal		pf_c.tif
10,2	0,88	Cultivo	lineal		cult_c.tif

Fuente: (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2020; Secretaria Técnica del Comité Nacional de Límites Internos, 2020; Stanford et al., 2023).

3.2.1 Tabla de sensibilidad

Es una tabla CSV (delimitado por comas), con el LULC de cobertura del suelo de cada microcuenca, en dónde se indicó qué cobertura se considera hábitat para los insectos polinizadores y valorizó la sensibilidad de las coberturas e insectos con las amenazas establecidas anteriormente. Para la tabla de amenazas son necesarios los siguientes datos:

LULC (USV): se enumeró cada cobertura de suelo según la cobertura establecida anteriormente para cada microcuenca.

DESCRIP(Nombre): se describió el nombre de la clasificación de las coberturas de suelo de cada microcuenca.

HÁBITAT: aquí se estableció un valor de 1 para las coberturas que son aptas para hábitat de los insectos polinizadores y 0 para las que no son aptas para el hábitat.

THREAT (Amenazas): se le se asignó un valor de entre 0 y 1 para cada tipo de amenaza y su relación con cada cobertura idónea para los insectos polinizadores de forma intuitiva con los conocimientos establecidos para hallar los pesos de cada amenaza, el valor más alto indicó una mayor sensibilidad a cada amenaza y 0 indicó que no presenta ninguna sensibilidad, con lo cual se determinó dónde existe una mayor degradación del hábitat. La tabla de sensibilidad de cada microcuenca según sus amenazas establecidas se detalla a continuación:

Microcuenca Angas

Tabla 31: Implementación de datos en la tabla de sensibilidad para la microcuenca Angas.

LULC	Nombre	Hábitat	Pastizal	Poblados	Concesiones mineras	Vías terciarias	Erial	Mosaico agropecuario
1	Bosque nativo	1	0,3	1	1	1	1	0,5
2	Mosaico agropecuario	0,7	0,5	1	1	1	1	0
3	Páramo	0,7	0,3	1	1	1	1	0,3
4	Pastizal	0,4	0	1	1	1	1	0,5
5	Vegetación arbustiva	0,6	0,3	1	1	1	1	0,5
6	Vegetación herbácea	0,5	0,5	1	1	1	1	0,5
7	Cuerpo de agua natural	0	1	1	1	1	1	1
8	Erial	0	1	1	1	1	1	1

Fuente: (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2020; Stanford et al., 2023).

Microcuenca Norcay

Tabla 32: Implementación de datos en la tabla de sensibilidad para la microcuenca Norcay.

LULC	Nombre	Hábitat	Pastizal	Poblados	Concesiones mineras	Vías secundarias	Vías terciarias	Plantación forestal	Área Poblada	Erial	Mosaico agropecuario
1	Bosque nativo	1	0,3	1	1	1	1	0,3	1	1	0,5
2	Mosaico agropecuario	0,7	0,5	1	1	1	1	0,5	1	1	0
3	Páramo	0,7	0,3	1	1	1	1	0,7	1	1	0,3
4	Pastizal	0,4	0	1	1	1	1	0,3	1	1	0,5
5	Plantación forestal	0,7	0,3	1	1	1	1	0	1	1	0,5
6	Vegetación arbustiva	0,6	0,3	1	1	1	1	0,7	1	1	0,5
7	Vegetación herbácea	0,5	0,5	1	1	1	1	0,5	1	1	0,5
8	Cuerpo de agua natural	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	Erial	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10	Área poblada	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Fuente: (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2020; Stanford et al., 2023).

Microcuenca Tomebamba

Tabla 33: Implementación de datos en la tabla de sensibilidad para la microcuenca Tomebamba.

LULC	Nombre	Hábitat	Pastizal	Poblados	Concesiones mineras	Vías primarias	Vías secundarias	Vías terciarias	Plantación forestal	Área poblada	Erial	Mosaico agropecuario
1	Bosque nativo	1	0,3	1	1	1	1	1	0,3	1	1	0,5
2	Mosaico agropecuario	0,7	0,5	1	1	1	1	1	0,5	1	1	0
3	Páramo	0,7	0,3	1	1	1	1	1	0,7	1	1	0,3
4	Pastizal	0,4	0	1	1	1	1	1	0,3	1	1	0,5
5	Plantación forestal	0,7	0,3	1	1	1	1	1	0	1	1	0,5
6	Vegetación arbustiva	0,6	0,3	1	1	1	1	1	0,7	1	1	0,5
7	Vegetación herbácea	0,5	0,5	1	1	1	1	1	0,5	1	1	0,5
8	Área poblada	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	Cuerpo de agua natural	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10	Erial	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Fuente: (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2020; Stanford et al., 2023).

Microcuenca Yanuncay

Tabla 34: Implementación de datos en la tabla de sensibilidad para la microcuenca Yanuncay.

LULC	Nombre	Hábitat	Pastizal	Poblados	Concesiones mineras	Vías primarias	Vías secundarias	Vías terciarias	Plantación forestal	Área Poblada	Erial	Mosaico agropecuario	Cultivo
1	Bosque nativo	1	0,3	1	1	1	1	1	0,3	1	1	0,5	0,3
2	Cultivo	0,6	0,5	1	1	1	1	1	0,3	1	1	0,3	0,6
3	Mosaico agropecuario	0,7	0,5	1	1	1	1	1	0,5	1	1	0	0,7
4	Páramo	0,7	0,3	1	1	1	1	1	0,7	1	1	0,3	0,7
5	Pastizal	0,4	0	1	1	1	1	1	0,3	1	1	0,5	0,3
6	Plantación forestal	0,7	0,3	1	1	1	1	1	0	1	1	0,5	0,5
7	Vegetación arbustiva	0,6	0,3	1	1	1	1	1	0,7	1	1	0,5	0,7
8	Vegetación herbácea	0,5	0,5	1	1	1	1	1	0,5	1	1	0,5	0,7
9	Área poblada	0	1	1	1	1	0,3	0,1	1	1	1	1	1
10	Cuerpo de agua natural	0	1	1	1	0,5	0,3	0,1	1	1	1	1	1
11	Erial	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Fuente: (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2020; Stanford et al., 2023).

3.2.1 Constante de saturación media

Para la calibración de la ecuación del modelo de calidad de hábitat se utilizó este parámetro, tuvo un valor establecido de 0.5 (Stanford et al., 2023).

3.2.2 Accesibilidad a las amenazas

Este es un mapa de polígonos o vectores con información sobre las barreras legales, institucionales, sociales y físicas contra las amenazas que se presentan en una zona específica. Por lo que, se le asignó un valor de accesibilidad a estos polígonos entre 0 y 1, donde el valor que se acercó más a 0 quiso decir que no es accesible y mientras más se acercó a 1 tuvo libre accesibilidad (Stanford et al., 2023).

Para establecer la capa de accesibilidad se usó la capa de LULC de cada microcuenca, los polígonos de áreas protegidas y bosques y vegetación protectora fue adquirida del MAATE del año 2022 y del Instituto de Estudios de Régimen Seccional del Ecuador (IERSE) de la Universidad del Azuay del año 2003. Los datos para la tabla de accesibilidad se describen a continuación:

FID: indicó el código de identidad de cada polígono.

ACCESS (Accesibilidad): fué la accesibilidad relativa a cada amenaza y se dieron valores entre 0 (inaccesible) y 1 (completamente accesible).

A continuación, se especifican los datos tabulados para cada microcuenca:

Microcuenca Angas

MAPA DE ACCESIBILIDAD DE LA MICROCUENCA DEL RÍO ANGAS

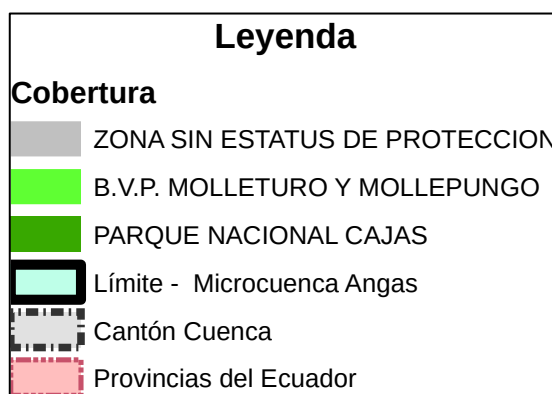
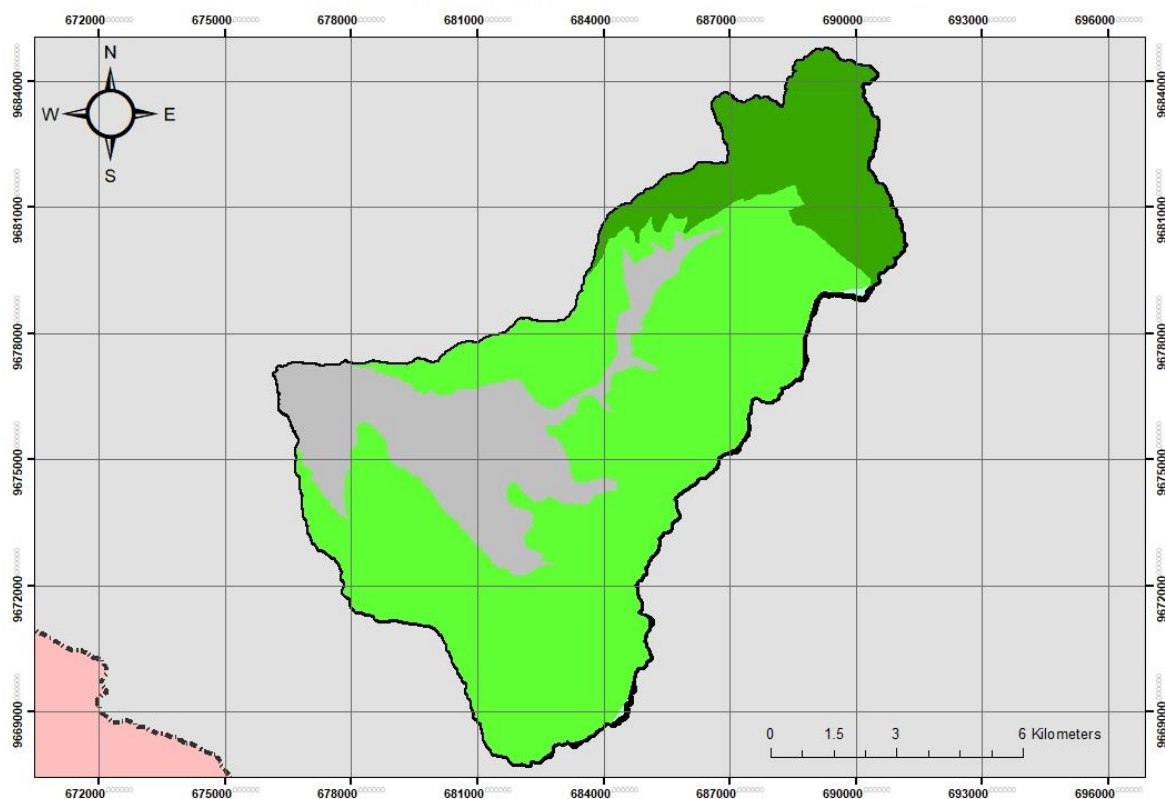


Figura 28: Zonas de la microcuenca Angas con áreas protegidas, área de bosque y vegetación protectora y zonas sin estatus de protección en la microcuenca Angas.

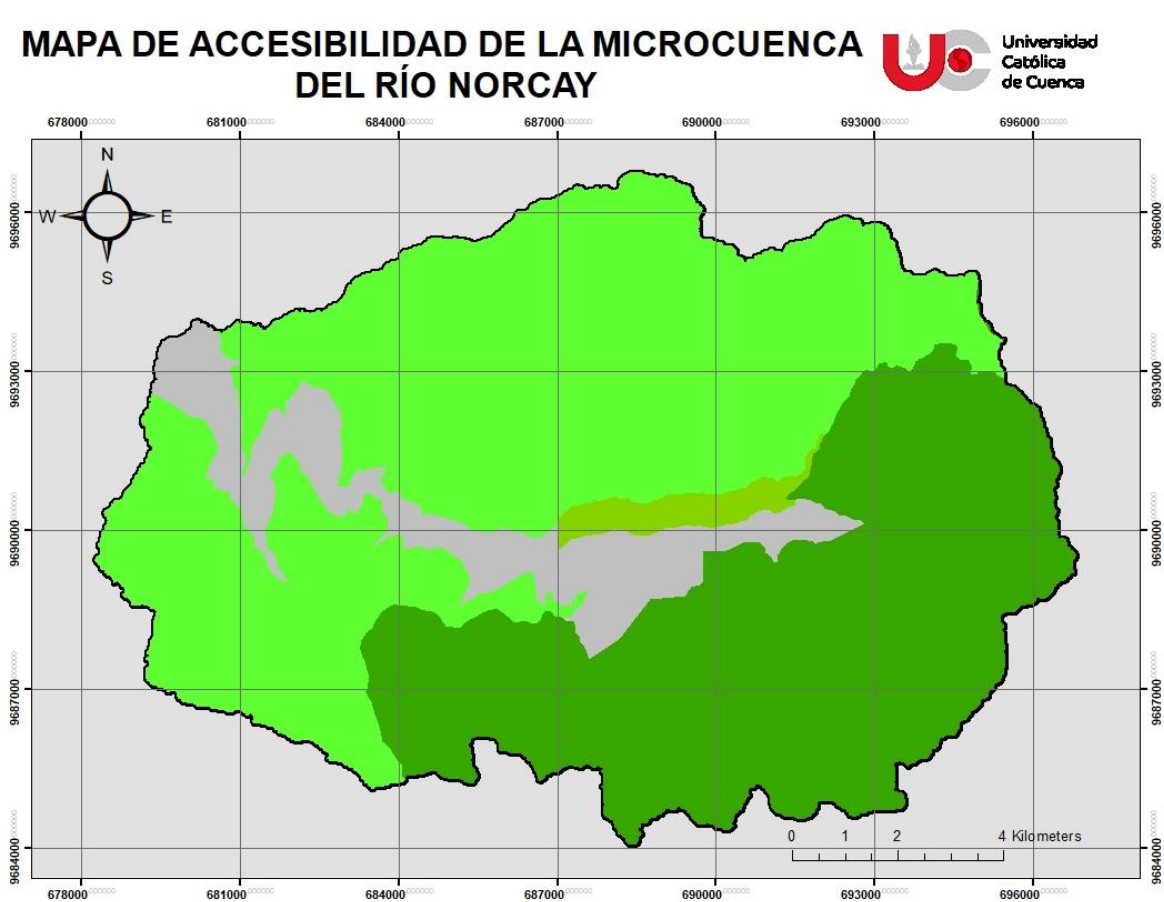
Fuente: (Instituto de Estudios de Régimen Seccional del Ecuador, 2003; Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2020).

Tabla 35: Datos establecidos para los polígonos de accesibilidad de la microcuenca del río Angas.

FID	Nombre	Accesibilidad
0	Zona sin estatus de protección	1
1	A.B.V.P. Molleturo y Mollepongo	0,3
2	Parque Nacional Cajas	0

Fuente: (Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, 2022, 2023; Stanford et al., 2023).

Microcuenca Norcay



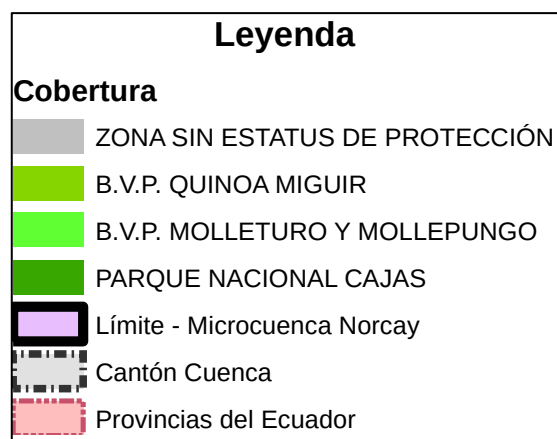


Figura 29: Zonas de la microcuenca Angas con áreas protegidas, área de bosque y vegetación protectora y zonas sin estatus de protección en la microcuenca Norcay.

Fuente: (Instituto de Estudios de Régimen Seccional del Ecuador, 2003; Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2020).

Tabla 36: Datos establecidos para los polígonos de accesibilidad de la microcuenca del río Norcay.

FID	Nombre	Accesibilidad
0	Zona sin estatus de protección	1
1	A.B.V.P. Quinoa Miguir	0,3
2	A.B.V.P. Molleturo y Mollepongo	0,3
3	Parque Nacional Cajas	0

Fuente: (Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, 2022, 2023; Stanford et al., 2023).

Microcuenca Tomebamba

MAPA DE ACCESIBILIDAD DE LA MICROCUENCA DEL RÍO TOMBAMBA

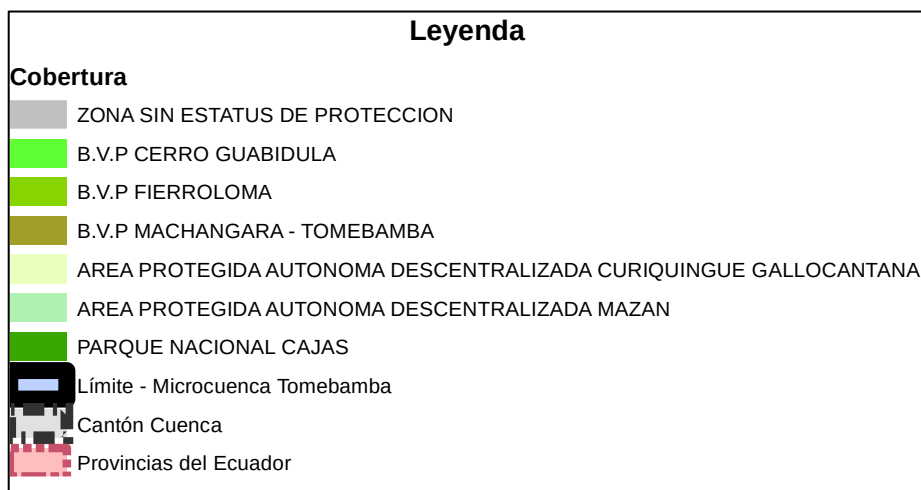
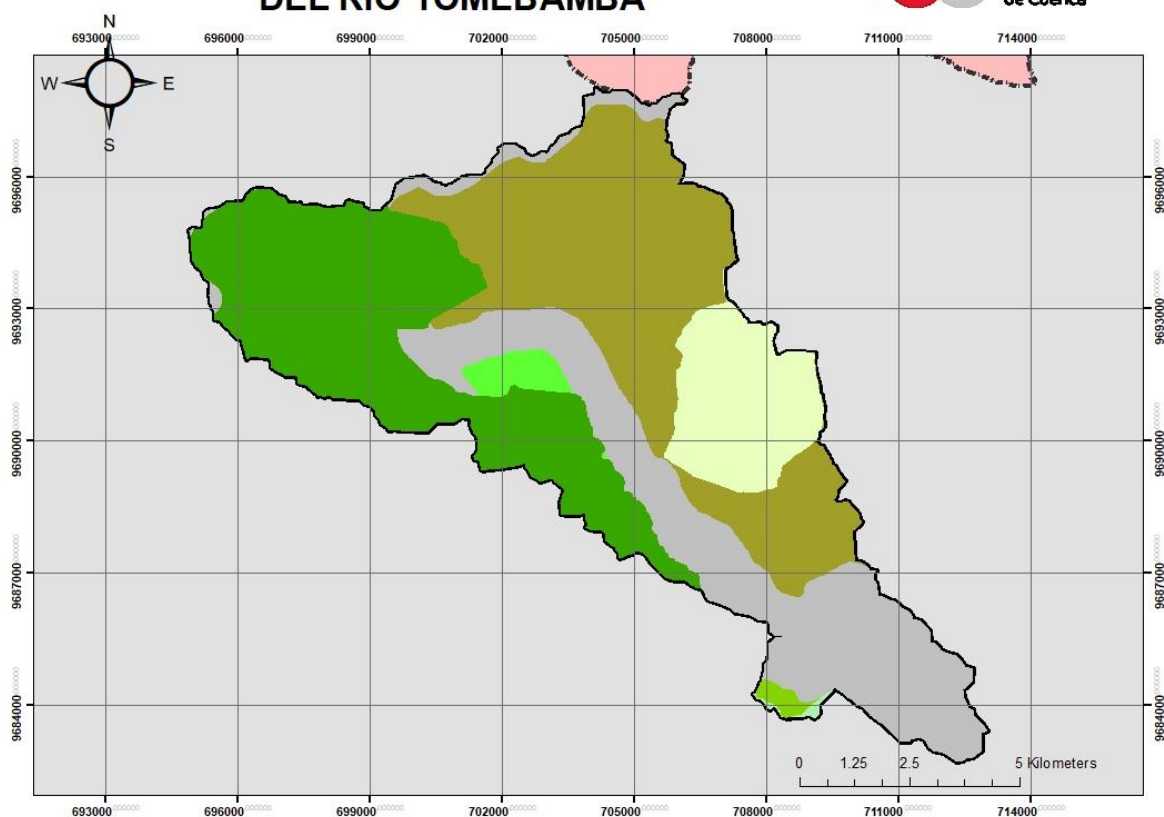


Figura 30: Zonas de la microcuenca Angas con áreas protegidas, área de bosque y vegetación protectora y zonas sin estatus de protección en la microcuenca Tomebamba.

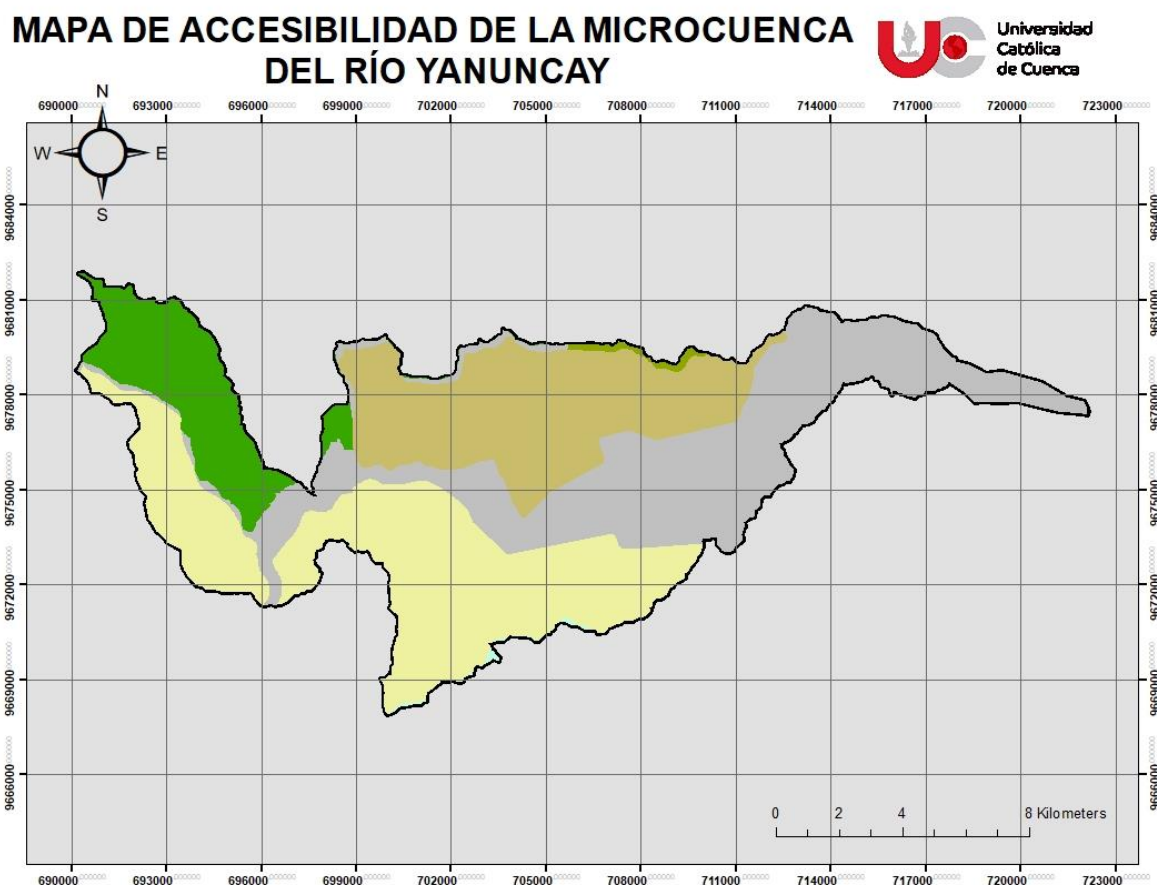
Fuente: (Instituto de Estudios de Régimen Seccional del Ecuador, 2003; Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2020).

Tabla 37: Datos establecidos para los polígonos de accesibilidad de la microcuenca del río Tomebamba.

FID	Nombre	Accesibilidad
0	Zona sin estatus de protección	1
1	A.B.V.P. Cerro Guabidula	0,3
2	A.B.V.P. Fierroloma	0,3
3	A.B.V.P. Machángara - Tomebamba	0,3
4	Área Protegida Autónoma Descentralizada Curiqingue Gallocantana	0
5	Área Protegida Autónoma Descentralizada Mazán	0
6	Parque Nacional Cajas	0

Fuente: (Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, 2022, 2023; Stanford et al., 2023).

Microcuenca Yanuncay



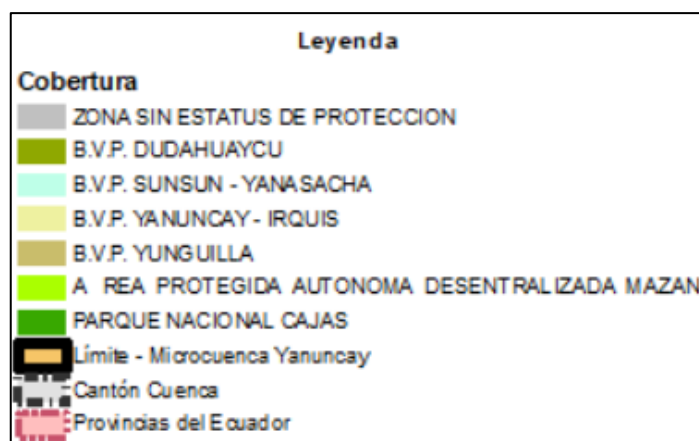


Figura 31: Zonas de la microcuenca Angas con áreas protegidas, área de bosque y vegetación protectora y zonas sin estatus de protección en la microcuenca Yanuncay.

Fuente: (Instituto de Estudios de Régimen Seccional del Ecuador, 2003; Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2020).

Tabla 38: Datos establecidos para los polígonos de accesibilidad de la microcuenca del río Yanuncay.

FID	Nombre	Accesibilidad
0	Zona sin estatus de protección	1
1	A.B.V.P. Dudahuaycu	0,3
2	A.B.V.P. Sunsun - Yanasacha	0,3
3	A.B.V.P. Yanuncay - Irquis	0,3
4	A.B.V.P. Yunguilla	0,3
5	Área Protegida Autónoma Descentralizada Mazán	0
6	Parque Nacional Cajas	0

Fuente: (Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, 2022, 2023; Stanford et al., 2023).

3.3 Variación espacio-temporal de los insectos polinizadores en el proceso de polinización, mediante su relación con los gradientes ambientales mediante el software Rstudio.

Para analizar la variación espacio-temporal de los insectos polinizadores a 3000, 3500 y 4000 m.s.n.m., se utilizó información de la riqueza de órdenes de los insectos polinizadores a nivel de la vertiente Pacífica y Amazónica y a nivel de las cuatro microcuencas de estudio. Se realizó un histograma que demostró que la riqueza tiene una distribución del modelo de Poisson debido a que sus datos están sesgados hacia la izquierda.

Luego se realizó un modelo lineal generalizado entre la riqueza versus la cuenca y la elevación, también se realizó con la vertiente y la estacionalidad, pero sus valores no eran significativos, por lo que, se descartó su análisis. Como los datos están sobredispersos se usó la

distribución quasipoisson que es una herramienta para analizar este tipo de datos, posteriormente se hizo un análisis test post hoc para determinar las diferencias de la riqueza de insectos polinizadores por microcuenca y a nivel de las tres elevaciones para ver las diferencias estadísticamente. Finalmente, se realizó el gráfico de la riqueza a nivel de vertientes y microcuencas.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Modelos para evaluar la persistencia de los insectos polinizadores.

4.1.1 Microcuenca del Angas.

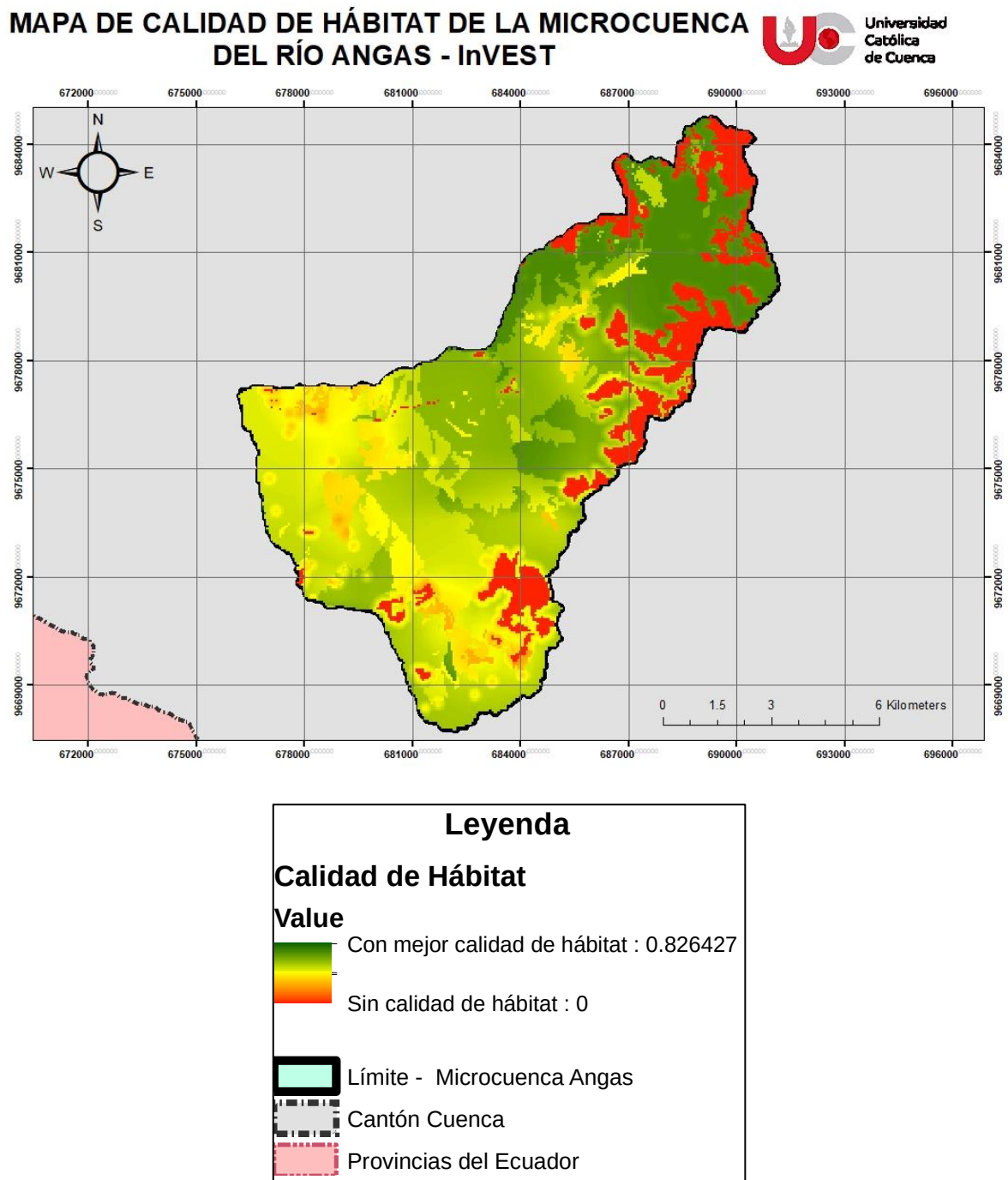


Figura 32: Modelo de la calidad del hábitat para los insectos polinizadores en la microcuenca del Angas.

En este mapa se visualiza los lugares con mejor calidad del hábitat, dónde las zonas que se acercan más al color rojo no son el hábitat idóneo para los insectos polinizadores y las zonas que se acercan al color verde son hábitats idóneos para los insectos polinizadores. El erial es la zona con peor calidad de hábitat para los insectos polinizadores debido a que no existe cobertura vegetal con plantas angiospermas para reproducirse y obtener alimento. La cuenca media y baja son zonas con una baja calidad de hábitat para los insectos polinizadores debido a que en estas zonas se concentran amenazas como mosaico agropecuario, pastizal, concesiones mineras, poblados y vías. La cuenca alta es la zona más idónea para el hábitat de los insectos polinizadores, ya que, en este lugar está el Parque Nacional Cajas y la presencia de amenazas disminuye al ser un área protegida.

La calidad del hábitat está relacionada estrechamente con zonas dentro o cercanos a Áreas Naturales Protegidas, las zonas sin un estatus de protección son zonas generalmente con mayor degradación (Ordoñez et al., 2017).

MAPA DE CALIDAD DE HÁBITAT DE LA MICROCUENCA DEL RÍO ANGAS CON LA ACCESIBILIDAD - InVEST

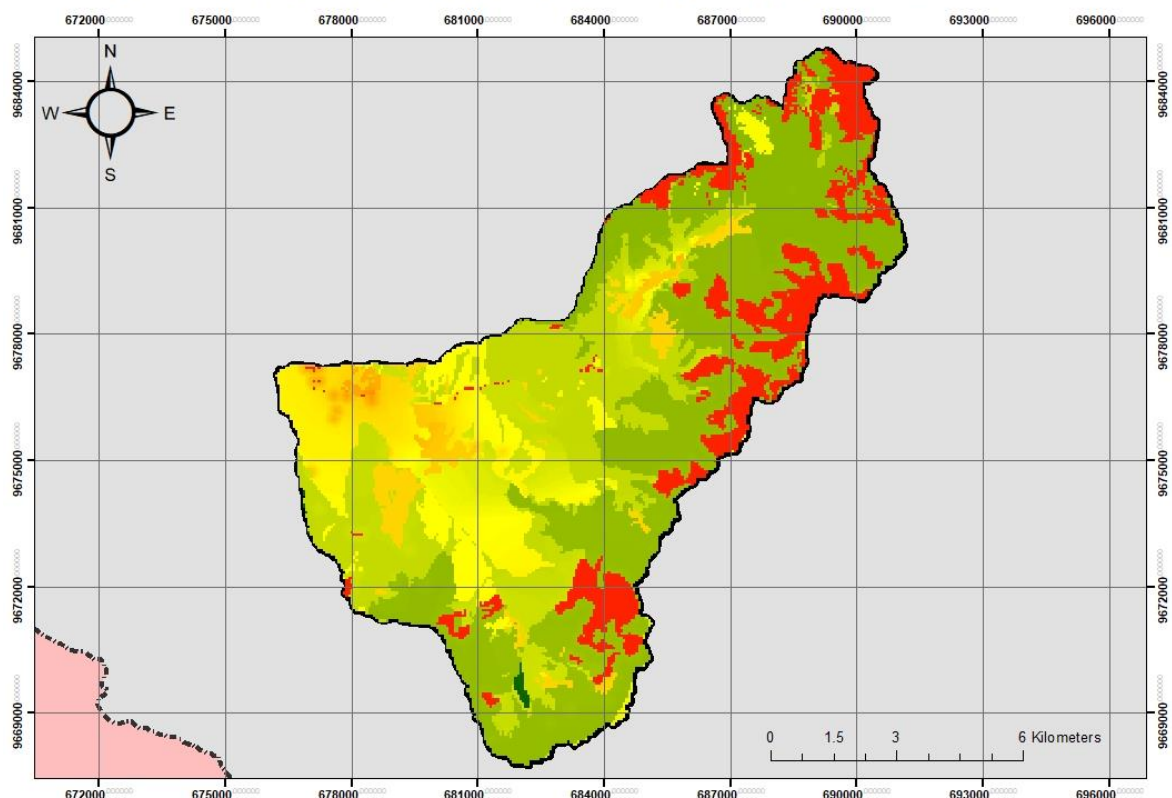




Figura 33: Modelo de la calidad del hábitat para los insectos polinizadores en la microcuenca del Angas. Utilizando las áreas del Sistema Nacional de Áreas Protegidas y Áreas de Bosque y Vegetación Protectora.

Las zonas con mejor calidad de hábitat son más extensas en comparación a la figura 34 para los insectos polinizadores, el área de influencia de la amenazas es menor, debido a que, el Parque Nacional Cajas y las Áreas de Bosque y Vegetación Protectora impedirían el establecimiento y crecimiento de las áreas de influencia de amenazas al tener un estatus de protección, sin embargo, las zonas más afectadas serían las que no formen parte de estas áreas, se puede visualizar que al norte de cuenca media y baja la calidad del hábitat empeora en comparación con la figura 34 ya que allí las amenazas como pastizal, poblados, vías, concesiones mineras y el mosaico agropecuario provocarían una mayor degradación en la calidad del hábitat para los insectos polinizadores.

La calidad del hábitat está relacionada estrechamente con zonas dentro o cercanos a Áreas Naturales Protegidas, las zonas sin un estatus de protección son zonas generalmente con mayor degradación (Ordoñez et al., 2017).

MAPA DE DEGRADACIÓN DEL HÁBITAT DE LA MICROCUENCA DEL RÍO ANGAS - INVEST

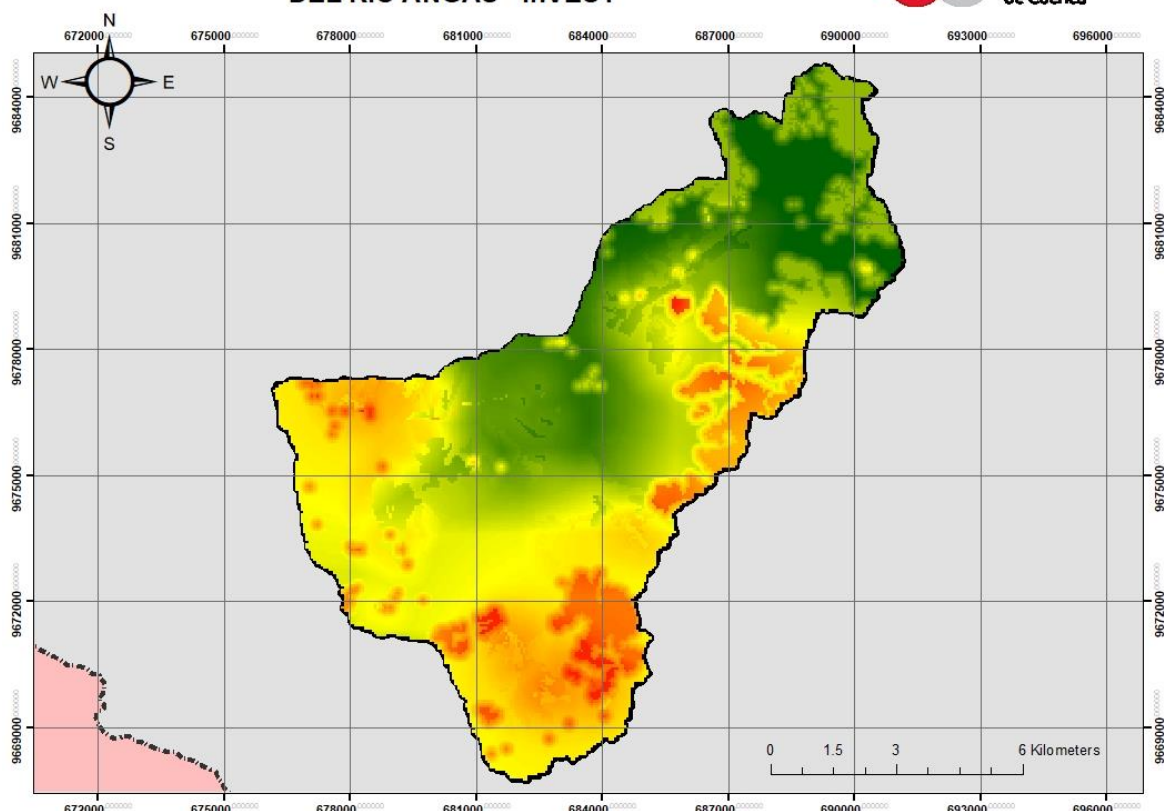


Figura 34: Modelo de degradación del hábitat para los insectos polinizadores en la microcuenca del Angas.

En la microcuenca del Angas se puede visualizar que las zonas que se acercan a un color rojizo podrían estar más degradadas a futuro para el hábitat de los insectos polinizadores, los hábitats más afectados se encuentran mayormente en la cuenca media y baja, debido a que en esta

zona se concentran amenazas como: poblados, concesiones mineras, erial, mosaico agropecuario y vías. Las zonas que se acercan al color verde tendrían menor degradación del hábitat para los insectos polinizadores, la cuenca alta se encontraría menos degradada, corresponden en mayor medida a zonas sin presencia de amenazas o poca presencia de ellas, como la cobertura: de páramo y vegetación arbustiva y debido también a que esta zona comprende parte del Parque Nacional Cajas.

Las zonas con más degradación se encuentran sin ningún estatus de protección a causa de la fragmentación de la cobertura y uso del suelo por la diferentes actividades económicas como uso agropecuario y al cambio de uso forestal (Ordoñez et al., 2017).

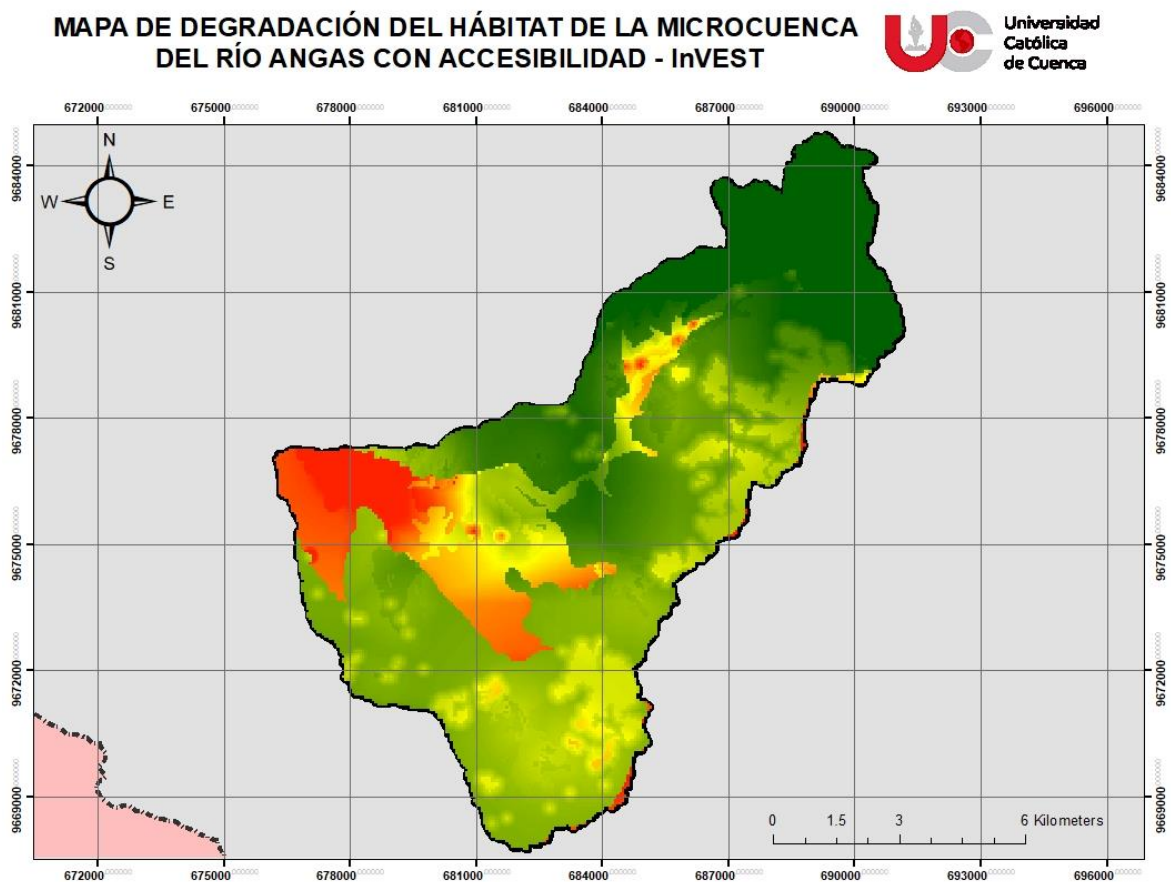




Figura 35: Modelo de degradación del hábitat para los insectos polinizadores en la microcuenca del Angas. Utilizando las áreas del Sistema Nacional de Áreas Protegidas y Áreas de Bosque y Vegetación Protectora.

En este mapa se incluye el LULC de accesibilidad de áreas protegidas como el Parque Nacional Cajas (P.N.C.) y Áreas de Bosque y Vegetación Protectora (A.B.V.P.) Molleturo y Mollepongo en esta microcuenca, este mapa se daría si en un futuro en estas áreas se respetaría su estatus de protección; por lo que, se vería afectada en mayor medida la zona sin estatus de protección. Los colores rojo y verde representan los lugares más degradados y menos degradados respecto al hábitat de los insectos polinizadores. La cuenca baja estaría más afectada al tener menos extensión de áreas protegidas, su degradación estaría más localizada y más fuerte en la zona sin estatus de protección, por la presencia de amenazas como: vías, poblados, mosaico agropecuario y concesiones mineras. La cuenca alta y media estarían menos degradadas, ya que, están dentro del P.N.C. y de las A.B.V.P. Existe una baja afectación del hábitat en comparación con la figura 32, y las zonas sin degradación serían mayores.

Las zonas con más degradación se encuentran sin ningún estatus de protección a causa de la fragmentación de la cobertura y uso del suelo por la diferentes actividades económicas como uso agropecuario y al cambio de uso forestal (Ordoñez et al., 2017).

4.1.2 Microcuenca del Norcay

MAPA DE CALIDAD DE HÁBITAT DE LA MICROCUENCA DEL RÍO NORCAY - InVEST

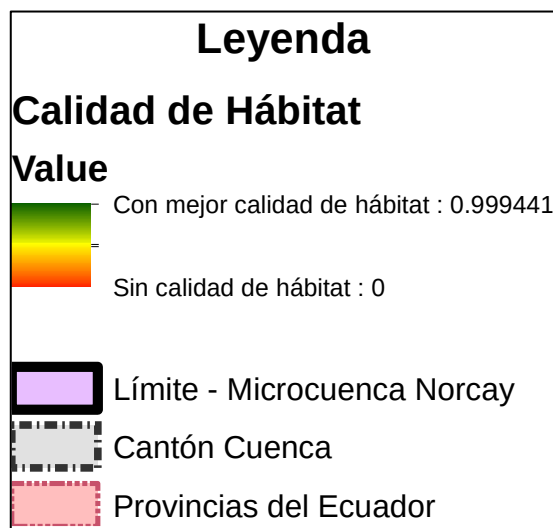
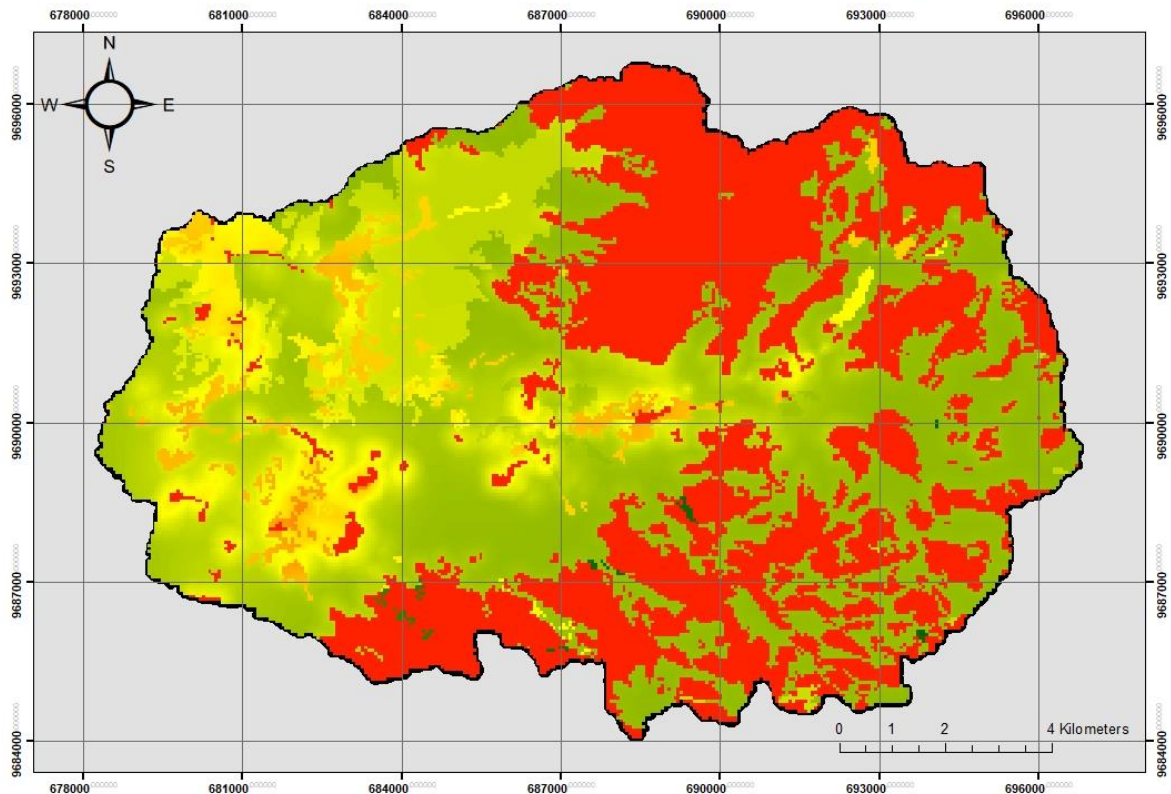
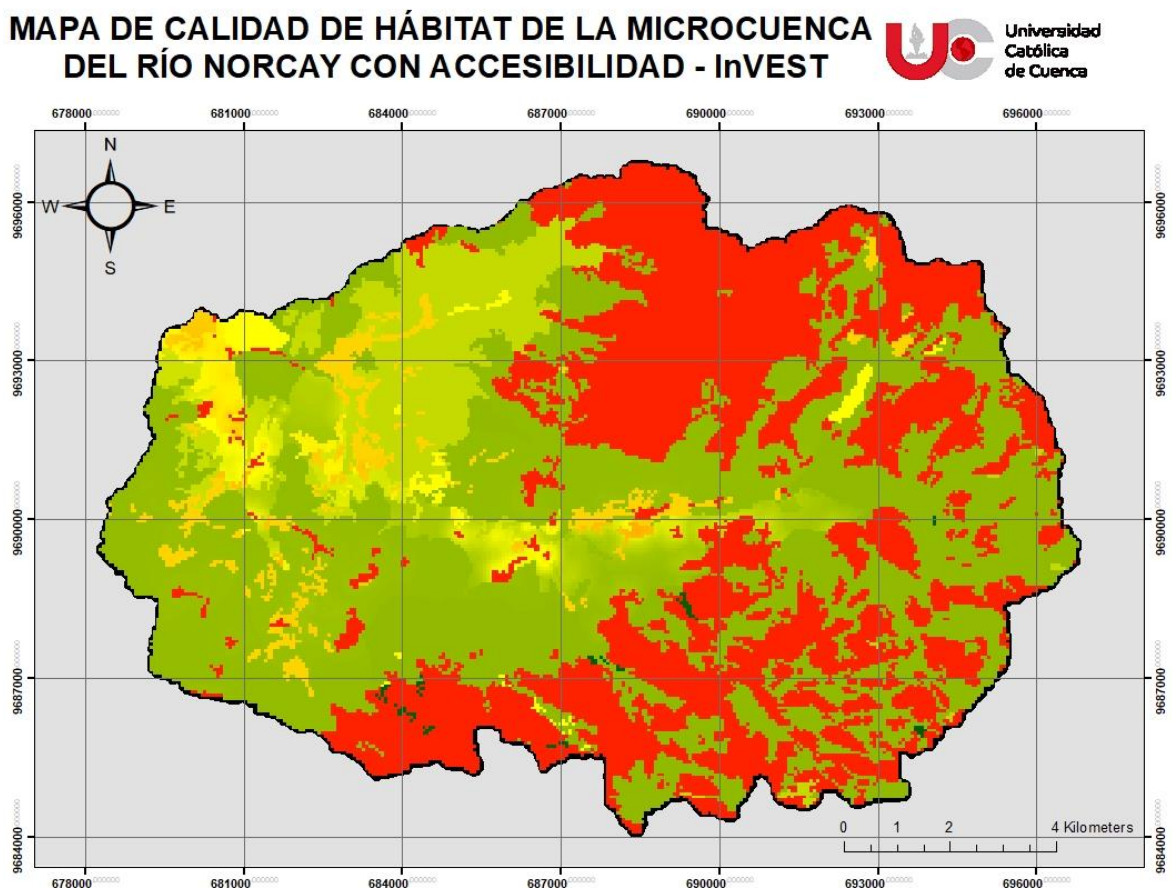


Figura 36: Modelo de la calidad del hábitat para los insectos polinizadores en la microcuenca del Norcay.

En este mapa se visualizan los lugares con mejor calidad del hábitat, dónde las zonas que se acercan más al color rojo no son el hábitat idóneo para los insectos polinizadores y las zonas que se acercan al color verde son hábitats idóneos para los insectos polinizadores. El erial y el área

poblada son las coberturas con peor calidad de hábitat, debido a que en el erial no existe cobertura vegetal con plantas angiospermas para que los insectos polinizadores puedan reproducirse y obtener alimento y el área poblada no es un lugar idóneo para los insectos polinizadores y tampoco tiene cobertura vegetal. La cuenca alta y media tienen zonas con muy baja calidad del hábitat para los insectos polinizadores al tener la presencia de amenazas como: vías, mosaico agropecuario, pastizal, poblados, plantación forestal y en mayor medida de erial. La cuenca baja también tiene una baja calidad del hábitat debido a que allí se concentran amenazas como: concesiones mineras, erial, la mayoría de poblados, área poblada, vías y pastizal.

Los pastizales y las vías son las zonas con una calidad de hábitat baja ya que al fragmentar el hábitat pueden afectar la funcionalidad ecológica en estas áreas y sus procesos de regeneración. (Cárdenas-Álvarez, 2016)



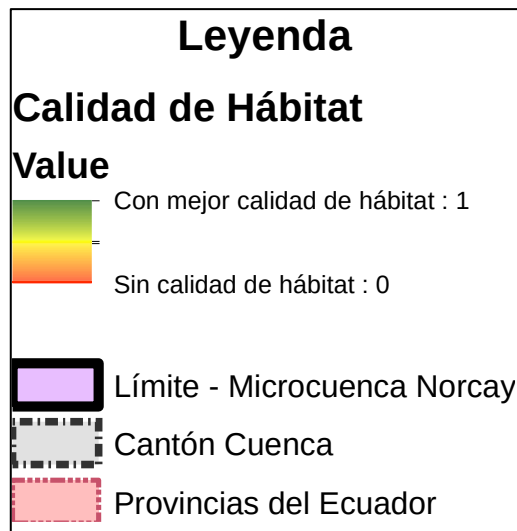


Figura 37: Modelo de la calidad del hábitat para los insectos polinizadores en la microcuenca del Norcay. Utilizando las áreas del Sistema Nacional de Áreas Protegidas y Áreas de Bosque y Vegetación Protectora.

Este es el mapa de calidad de hábitat las zonas con mejor calidad de hábitat son más extensas en comparación a la figura 39 para los insectos polinizadores, el área de influencia de las amenazas es menor, debido a que, las Áreas de Bosque y Vegetación Protectora impedirían el establecimiento y crecimiento del área de influencia de amenazas al tener un estatus de protección. Sin embargo, el Parque Nacional Cajas también es un área protegida pero su territorio tiene más extensión de erial debido a la constante erosión eólica, presencia de minería ilegal en sus inmediaciones debido a la existencia de vías, por este motivo, las A.B.V.P. serían las que más ayudarían a mejorar la calidad del hábitat para los insectos polinizadores. Las coberturas de erial y área poblada seguirán siendo el peor hábitat para los insectos polinizadores. La cuenca alta y media seguirían siendo la zona menos idónea para los insectos polinizadores en extensión por la presencia de erial en casi todo su territorio, mientras que la cuenca baja tendría más posibilidades en cuanto en extensión de albergar a los insectos polinizadores.

Según el estudio de la calidad del hábitat en la cuenca alta del río Claro en el Valle del Cauca en Colombia, dentro de la Reserva Forestal Protectora Regional la calidad del hábitat es mucho mas alta que en las zonas donde no existen áreas protegidas (Cárdenas-Álvarez, 2016).

MAPA DE DEGRADACIÓN DEL HÁBITAT DE LA MICROCUENCA DEL RÍO NORCAY - InVEST

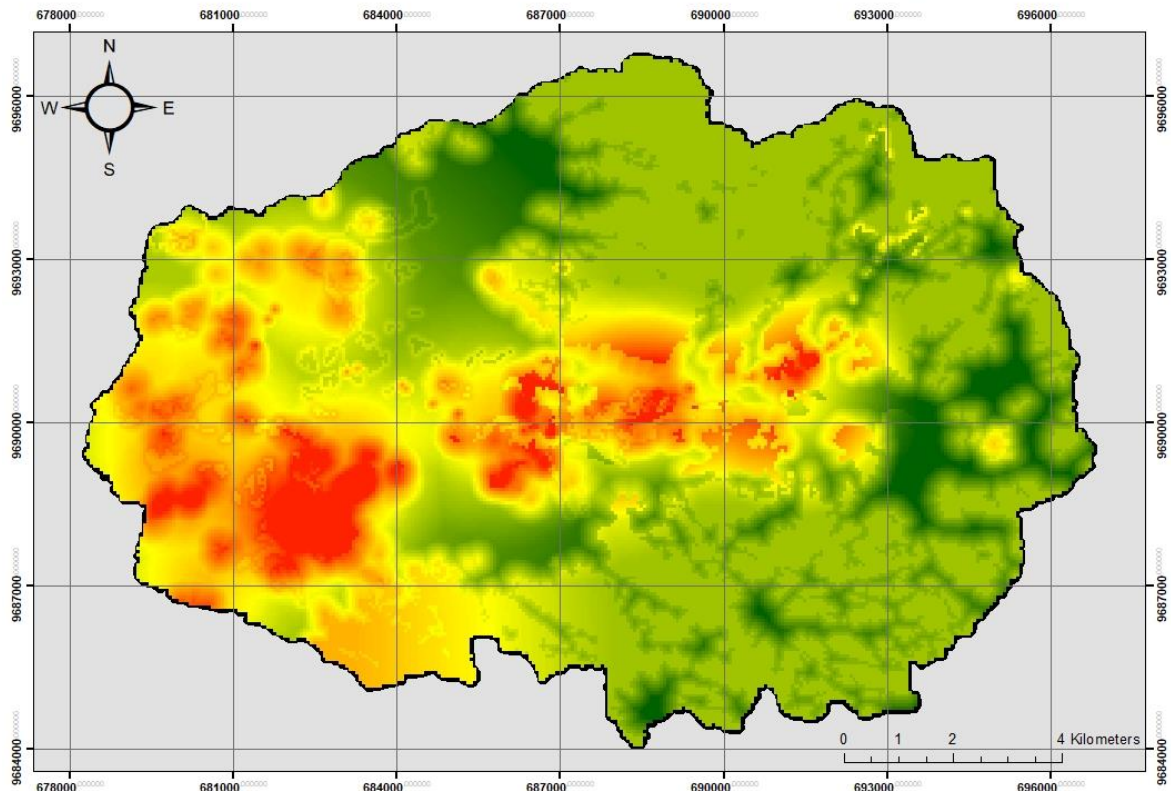


Figura 38: Modelo de degradación del hábitat para los insectos polinizadores en la microcuenca del Norcay.

En la microcuenca del Norcay se puede visualizar que las zonas que se acercan a un color rojizo podrían estar más degradadas a futuro para el hábitat de los insectos polinizadores, la cuenca media y baja estarían más degradadas a causa de la concentración de amenazas como:

concesiones mineras, poblados, erial, mosaico agropecuario, pastizal, plantación forestal, vías y áreas pobladas. Las zonas que se acercan al color verde tendrían menor degradación del hábitat para los insectos polinizadores, la cuenca alta se encontraría menos degradada, ya que, corresponden a parte del P.N.C. y se encuentran la cobertura del páramo y vegetación herbácea que no generan degradación al hábitat de los insectos polinizadores, sin embargo, también están presentes amenazas como el erial y el mosaico agropecuario, pero estos no degradan el hábitat de los insectos en comparación con las amenazas presentes en la cuenca media y baja como: las concesiones mineras, poblados, vías y área poblada. El centro poblado de San Felipe de Molleturo se encuentra en los límites de la cuenca baja, por lo que, la degradación se concentraría a futuro en esta zona. De igual manera en el estudio de la cuenca del río Coca se estableció que las zonas más afectadas se encuentran fuera de áreas protegidas cercanas a zonas antrópicas y zonas con presencia de amenazas en el hábitat de las especies que lo habitan (Ríos-Galárraga, 2019).

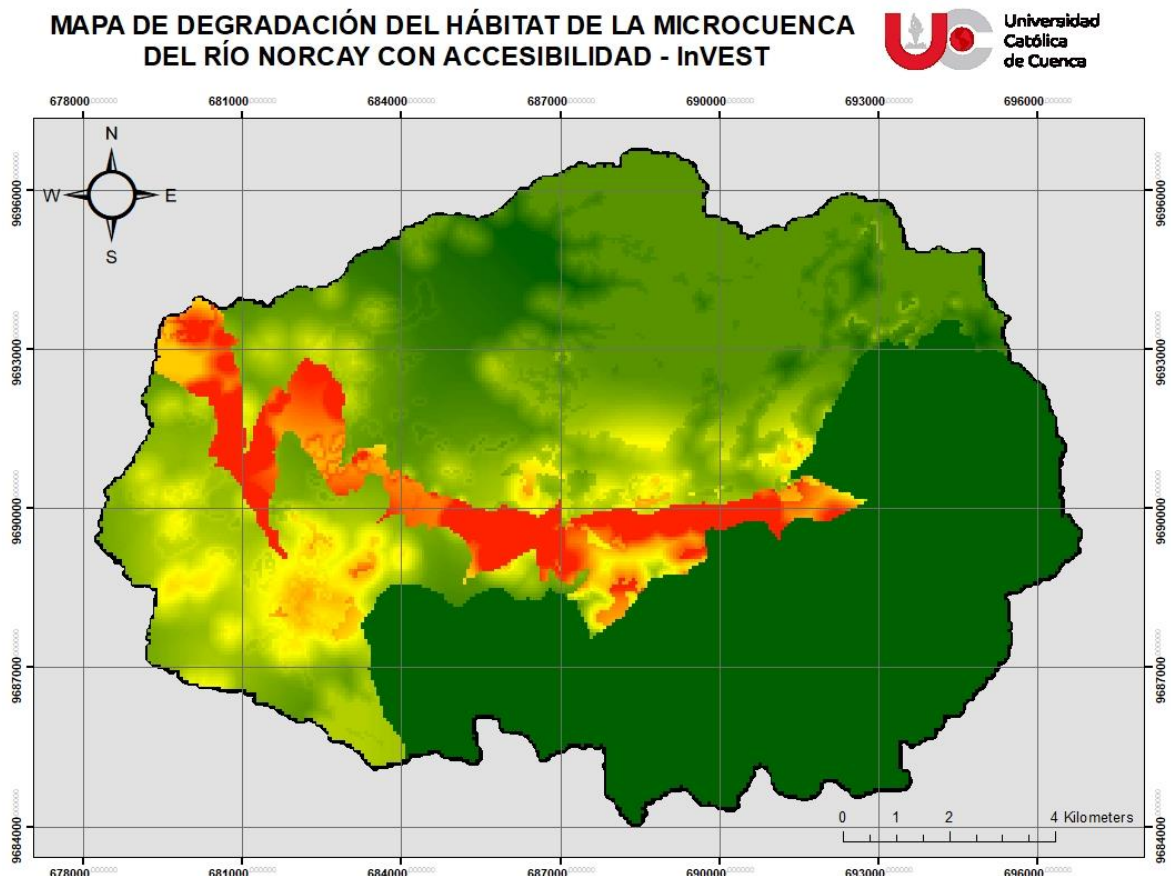




Figura 39: Modelo de degradación del hábitat para los insectos polinizadores en la microcuenca del Norcay. Utilizando las áreas del Sistema Nacional de Áreas Protegidas y Áreas de Bosque y Vegetación Protectora.

En este mapa se incluye el LULC de accesibilidad de áreas protegidas como el Parque Nacional Cajas (P.N.C.) y Áreas de Bosque y Vegetación Protectora (A.B.V.P.) Molleturo y Mollepongo y A.B.V.P. Quinoa Miguir en esta microcuenca, este mapa se daría si en un futuro en estas áreas se respetaría su estatus de protección, Por lo que, se vería afectada en mayor medida la zona sin estatus de protección. Los colores rojo y verde representan los lugares más degradados y menos degradados respecto al hábitat de los insectos polinizadores. La cuenca media y baja estarían más degradadas pero su degradación estaría localizada en mayor grado en las zonas sin estatus de protección dónde su degradación sería la más alta casi en toda la zona para el hábitat de los insectos polinizadores, al estar presentes amenazas como poblados, vías, área poblada, concesiones mineras pastizal, mosaico agropecuario y plantación forestal. Debido al P.N.C. y a las A.B.V.P., la microcuenca del Norcay estaría mucho menos degradada especialmente en estas áreas en comparación con la figura 37 gracias a su implementación, ya que, estarían prohibidas la construcción de infraestructuras antrópicas o el desarrollo agropecuario.

Esto se corrobora con el estudio realizado en la sierra madre de Chiapas demuestra que la incorporación de áreas protegidas a las cuencas mejora la calidad de hábitat para las especies en este caso del Tapir debido a que la extensión en cobertura de calidad va a aumentar, por lo tanto, el hábitat es más extenso para las especies (Ordoñez et al., 2017)

4.1.3 Microcuenca del Tomebamba

MAPA DE CALIDAD DE HÁBITAT DE LA MICROCUENCA DEL RÍO TOMBAMBA - InVEST

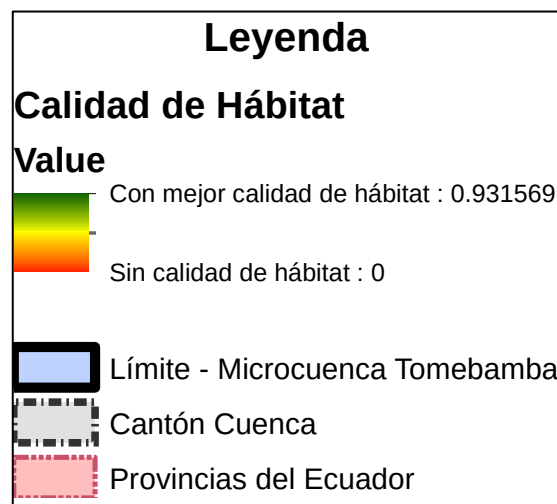
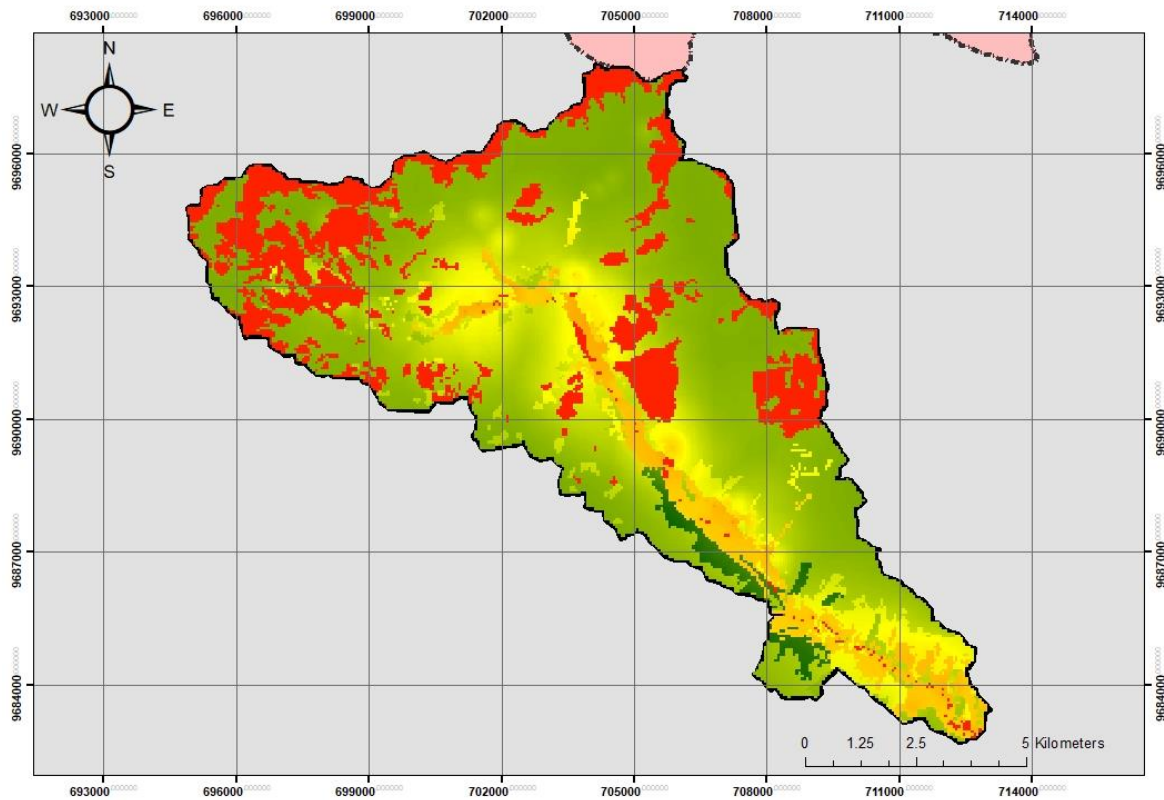


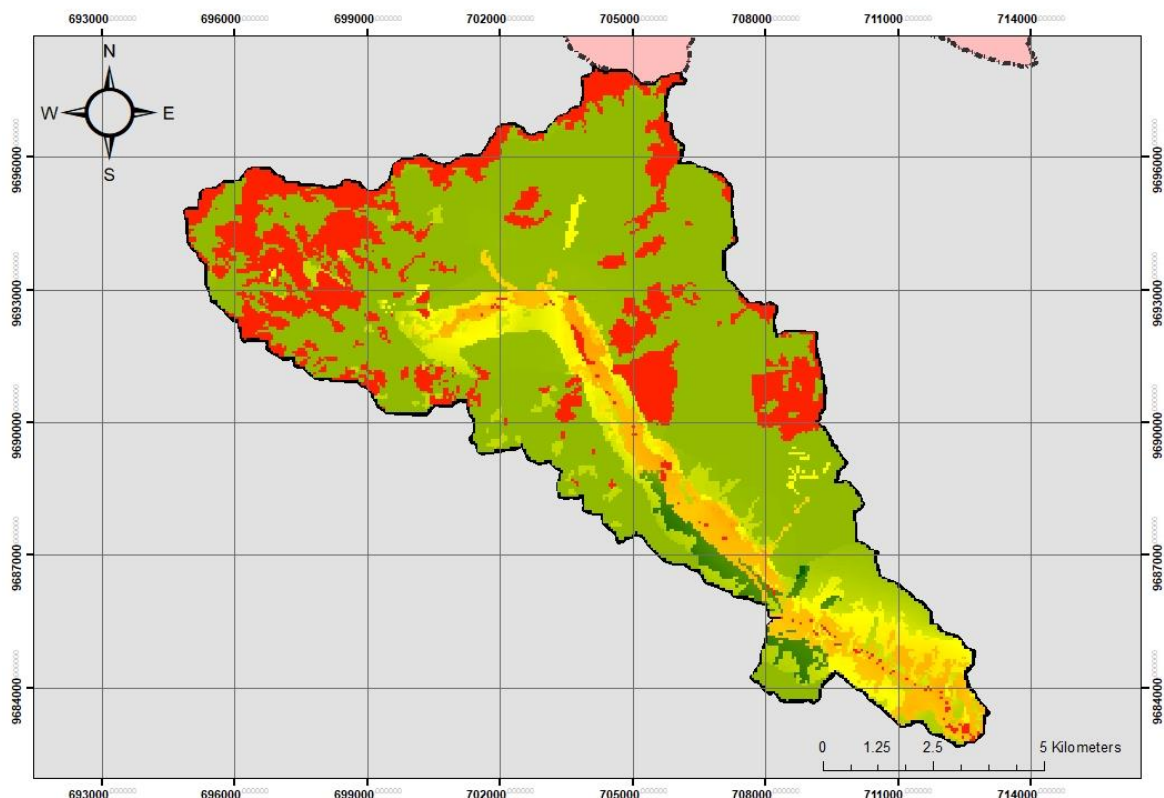
Figura 40: Modelo de la calidad del hábitat para los insectos polinizadores en la microcuenca del Tomebamba.

En este mapa se visualizan los lugares con mejor calidad del hábitat, donde las zonas que se acercan más al color rojo no son el hábitat idóneo para los insectos polinizadores y las zonas que se acercan al color verde son hábitats idóneos para los insectos polinizadores. La cuenca alta y

media tendrían una baja calidad de hábitat al tener la presencia en mayor extensión de la amenaza arial, ya que, no tiene cobertura vegetal para que los insectos polinizadores pudiesen alimentarse y reproducirse. La cuenca baja sería la zona con mejor calidad del hábitat, ya que, se encuentran coberturas como: el páramo, bosque nativo, vegetación herbácea y arbustiva, plantación forestal que son hábitat donde los insectos polinizadores si se pueden desarrollar, sin embargo, también está presente el área poblada que es una amenaza, al igual que el arial, pero su extensión es minoritaria. El bosque nativo y el páramo son las zonas con el color más verde por consiguiente son zonas con mejor calidad de hábitat para los insectos polinizadores. La calidad del hábitat es menor en las zonas cercanas a las vías ya que a su alrededor se concentra el área poblada, el mosaico agropecuario, el pastizal, los poblados y las concesiones mineras. Todas las amenazas tienen un patrón similar que son las vías ya que alrededor de las vías se encuentran la mayoría de las amenazas.

En el valle del Alto Cachapoal en los andes chilenos el área con peor calidad del hábitat están relacionadas al uso intensivo y especial debido a la fragmentación del hábitat por la presencia de vías e infraestructura antrópica (Vergara & Qüense, 2015).

MAPA DE CALIDAD DE HÁBITAT DE LA MICROCUENCA DEL RÍO TOMBAMBA CON ACCESIBILIDAD - InVEST



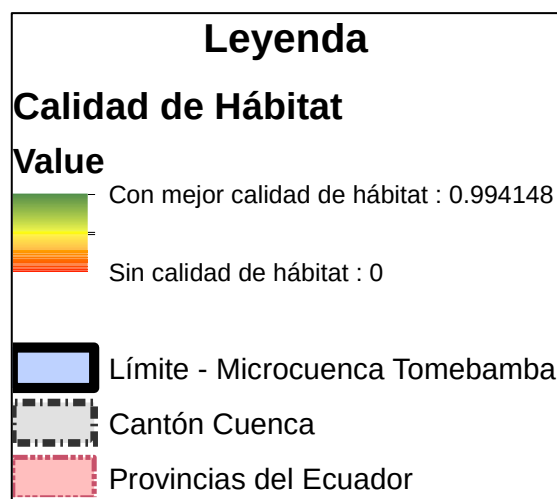


Figura 41: Modelo de la calidad del hábitat para los insectos polinizadores en la microcuenca del Tomebamba. Utilizando las áreas del Sistema Nacional de Áreas Protegidas y Áreas de Bosque y Vegetación Protectora.

En este mapa las zonas con mejor calidad de hábitat para los insectos polinizadores son más extensas en comparación a la figura 44, el área de influencia de la amenazas es menor, debido a que, el Parque Nacional Cajas, las Áreas Protegidas Autónomas Descentralizadas de Curiquingue Gallocantana y Mazán, y las Áreas de Bosque y Vegetación Protectora impedirían el establecimiento y crecimiento del área de influencia de amenazas al tener un estatus de protección, sin embargo, las zonas más afectadas serían las que no formen parte de estas áreas; la cuenca alta y media tendrían menor calidad de hábitat para los insectos polinizadores debido a que en su área se concentra el erial pero tienen más extensión de hábitat de buena calidad por la presencia mayoritaria de páramo. Las amenazas como: concesiones mineras, vías, plantación forestal, mosaico agropecuario, área poblada y poblados estarían concentradas en la cuenca media y baja dentro de la zona sin estatus de protección donde la calidad del hábitat para los insectos polinizadores sería baja. La cuenca baja en cuanto a la extensión del área de influencia de las amenazas como vías, pastizal, plantación forestal, área poblada, mosaico agropecuario y poblados, sería la de menor calidad del hábitat para los insectos polinizadores.

En el estudio realizado en la cuenca del río Coello en Tolima se establecieron que las zonas con menor calidad del hábitat se encuentran dentro del rango donde están las amenazas antrópicas como: vías, zonas urbanas y líneas eléctricas (Berrío-Barrera, 2022).

MAPA DE DEGRADACIÓN DEL HÁBITAT DE LA MICROCUENCA DEL RÍO TOMBAMBA - InVEST

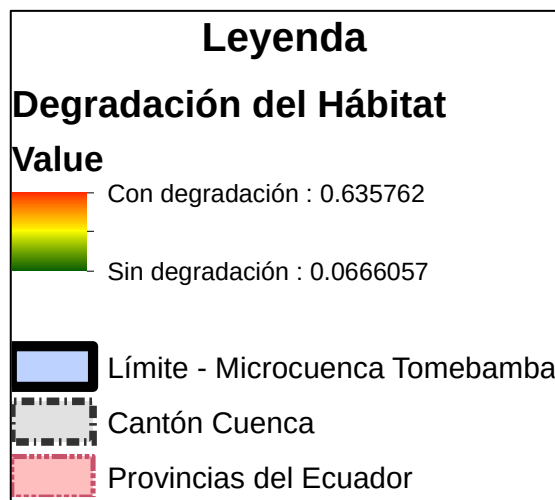
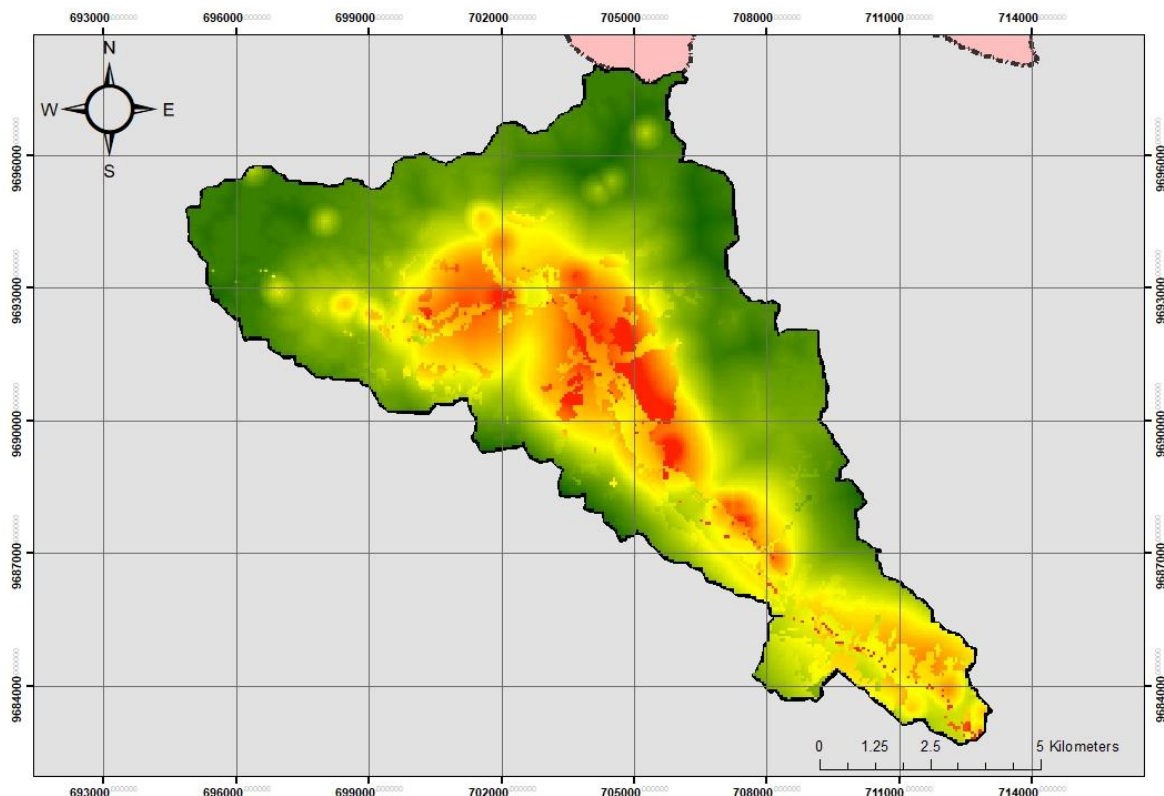
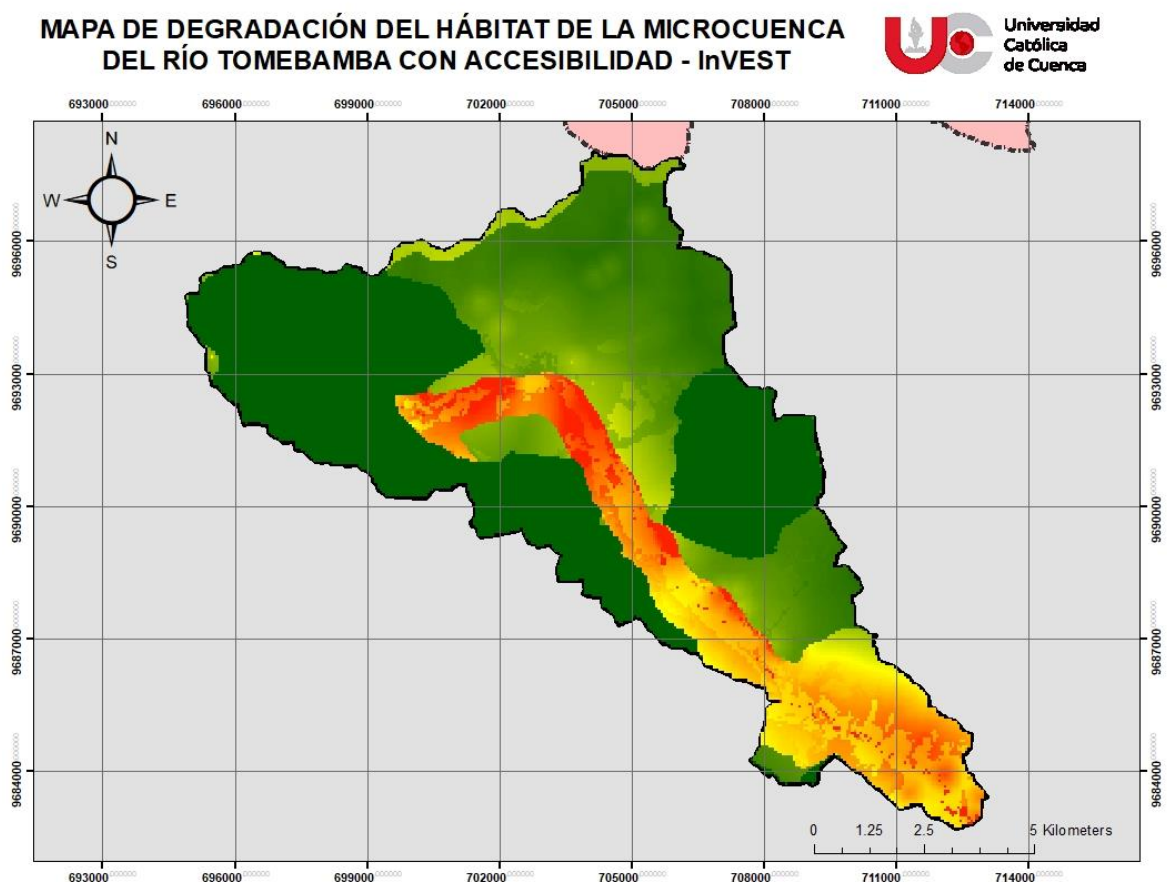


Figura 42: Modelo de degradación del hábitat para los insectos polinizadores en la microcuenca del Tomebamba.

En la microcuenca del Tomebamba se puede visualizar que las zonas que se acercan a un color rojizo podrían estar más degradadas a futuro para el hábitat de los insectos polinizadores, las zonas más degradadas se encuentran en mayor medida al centro de la microcuenca pertenecientes a la cuenca alta y media, ya que en esta zona se concentran amenazas como: poblados, concesiones mineras, erial, mosaico agropecuario, pastizal, plantación forestal, vías y área poblada;

el bosque nativo, la vegetación arbustiva y herbácea se verían totalmente degradada al recibir todas las amenazas; el páramo también se vería afectado pero en una pequeña parte de su extensión. Las zonas que se acercan al color verde tendrían menor degradación para el hábitat de los insectos polinizadores, en este caso el páramo sería el menos afectado debido a que su extensión es mucho mayor a las demás coberturas y amenazas. La cuenca baja también estaría afectada debido a que en esta zona hay una concentración de amenazas como: el pastizal, vías y plantación forestal.

Según el estudio realizado en la cuenca alta del río Claro en los andes colombianos los pastizales y su radio de influencia degradan el hábitat a las coberturas cercanas, por lo tanto, degradan el hábitat para las especies (Cárdenas-Álvarez, 2016).



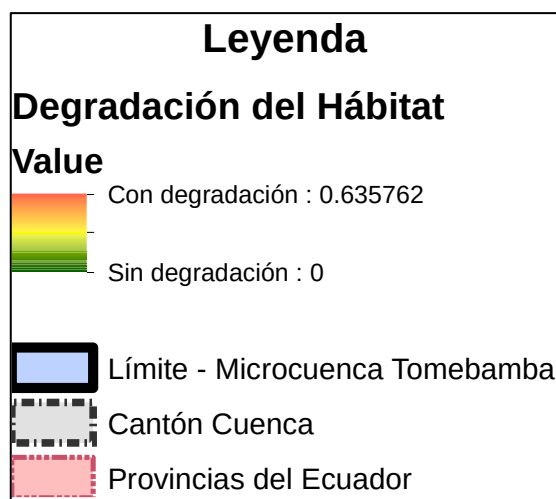


Figura 43: Modelo de degradación del hábitat para los insectos polinizadores en la microcuenca del Tomebamba. Utilizando las áreas del Sistema Nacional de Áreas Protegidas y Áreas de Bosque y Vegetación Protectora.

En este mapa se incluye el LULC de accesibilidad que son las áreas protegidas como el Parque Nacional Cajas (P.N.C.), Área Protegida Autónoma Descentralizada Mazán - Curiquingue Gallocantana y Áreas de Bosque y Vegetación Protectora (A.B.V.P.) Cerro Guabidula, A.B.V.P. Machangara-Tomebamba y A.B.V.P. Fierroloma en esta microcuenca, este mapa se daría si en un futuro en estas áreas se respete su estatus de protección, por lo que, se vería afectada mayormente en la zona sin estatus de protección. Los colores rojo y verde representan los lugares más degradados y menos degradados respecto al hábitat de los insectos polinizadores. La cuenca alta y media tendría mucha más extensión sin ser degradada y menos área de influencia de degradación si se respetarían el estatus de los A.B.V.P. y las áreas del S.N.A.P. La cuenca baja sería la zona más afectada, ya que, no existirían zonas protegidas ya que se concentrarían amenazas alrededor de las vías como el pastizal, la plantación forestal, los poblados y el área poblada. Se puede visualizar también que dentro de las áreas del S.N.A.P. y de las A.B.V.P. no existiría degradación al no encontrarse amenazas a causa de su estatus de protección.

El mayor nivel de degradación del hábitat se da en la cuenca baja donde existe aglomeración de zonas urbanas y actividades productivas, las áreas urbanas generan mayor degradación ya que las demás coberturas de la cuenca son mucho más sensibles a esta amenaza (Cuenca-Rodríguez, 2021).

4.1.4 Microcuenca del Yanuncay

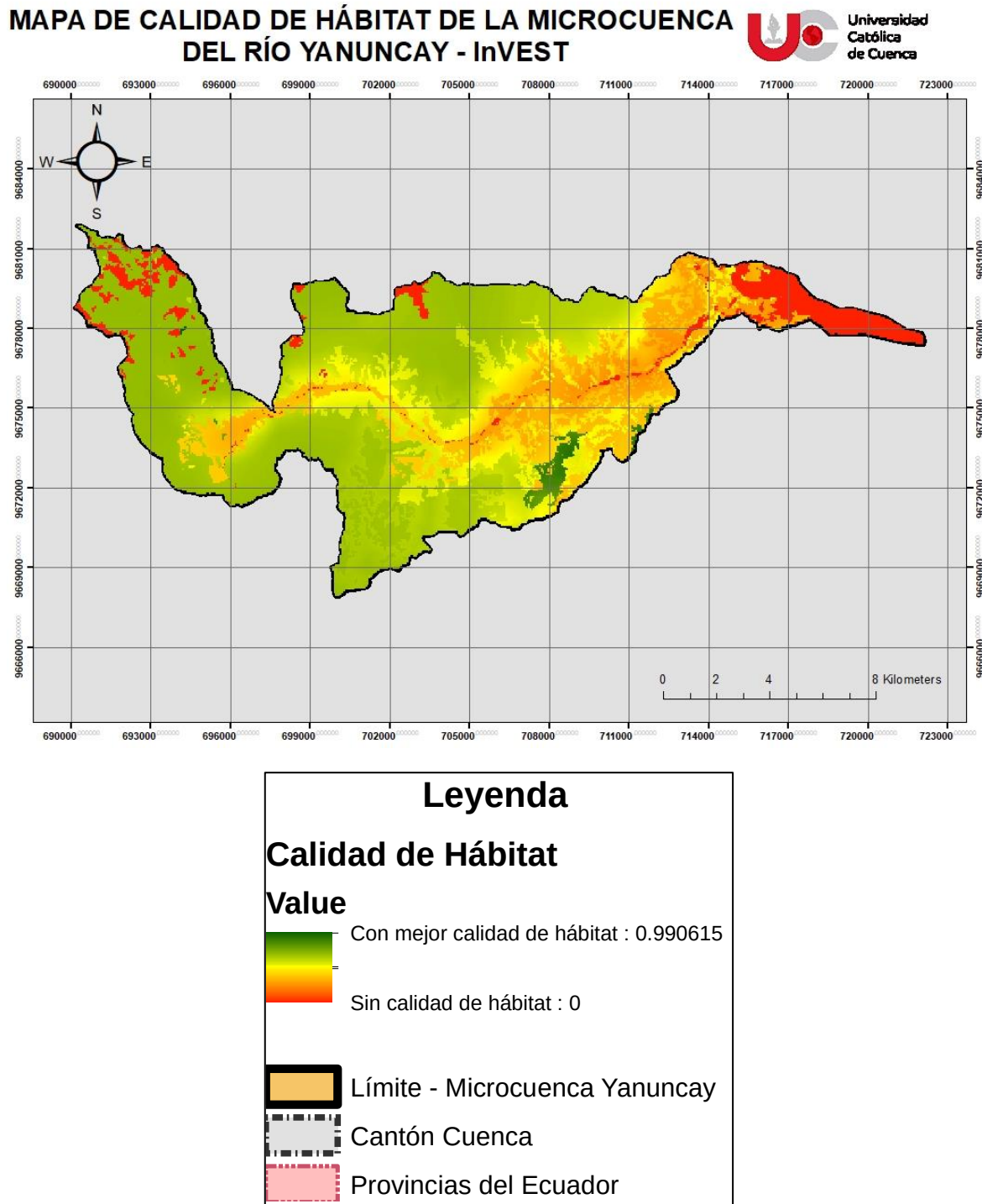
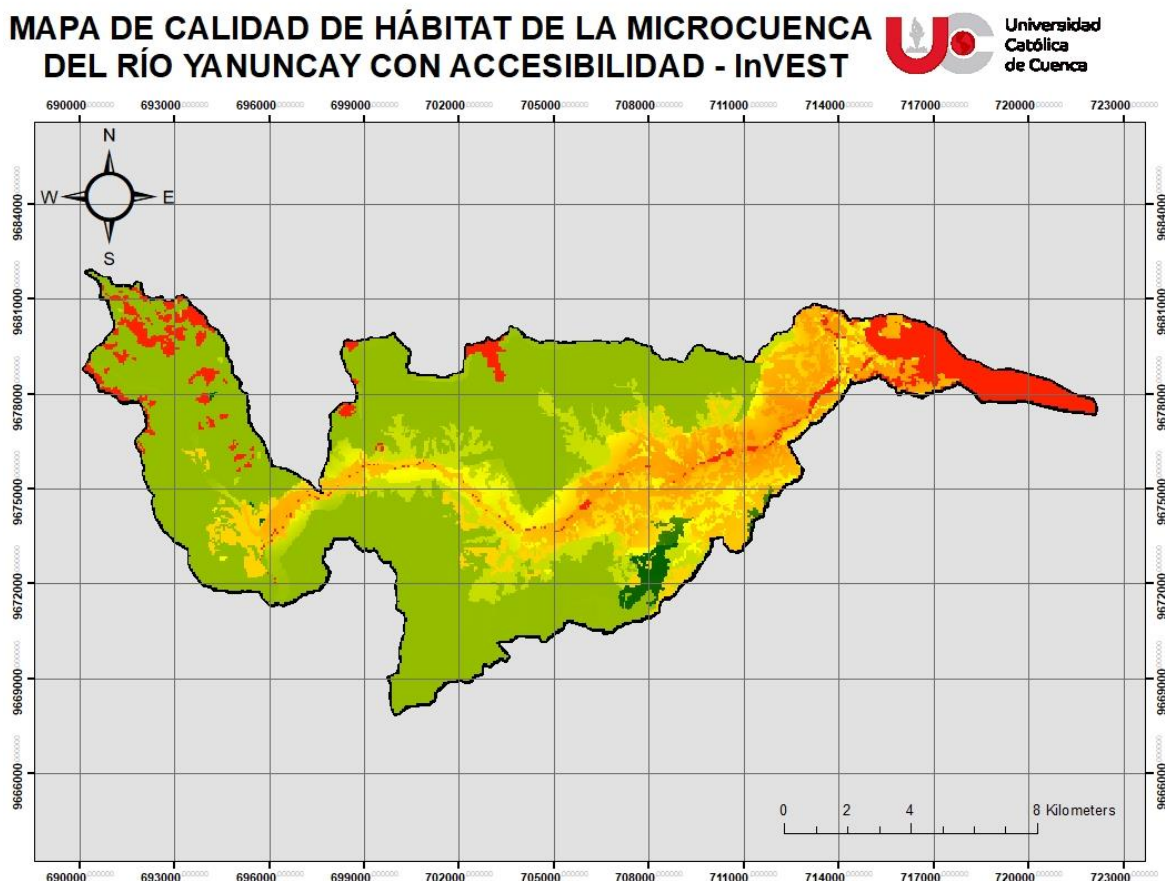


Figura 44: Modelo de la calidad del hábitat para los insectos polinizadores en la microcuenca del Yanuncay.

En este mapa se visualizan los lugares con mejor calidad del hábitat, dónde las zonas que se acercan más al color rojo no son el hábitat idóneo para los insectos polinizadores y las zonas que se acercan al color verde son hábitats idóneos para los insectos polinizadores. La cuenca media y

baja tienen la peor calidad de hábitat al tener la presencia mayor de amenazas como: área poblada, vías, poblados, pastizal, cultivo y estar cerca de zonas urbanas en este caso la ciudad de Cuenca y las parroquias urbanas, suburbanas y está cerca de vías principales. La cuenca alta tiene una mejor calidad del hábitat para los insectos polinizadores debido a que la presencia de amenazas es menor ya que las vías, los poblados, las concesiones mineras y el erial se encuentran en poca extensión. El erial, el área poblada y las vías son las peores amenazas para el hábitat de los insectos polinizadores al y en menor medida las otras amenazas. El bosque nativo y el páramo son las zonas con el color más verde por consiguiente tienen una mejor calidad de hábitat para los insectos polinizadores. Todas las amenazas tienen un patrón similar que son las vías ya que alrededor de las vías se encuentran la mayoría de las amenazas.

En el estudio de la cuenca del río Negro en los Andes orientales colombianos se determinó que las zonas más cercanas y dentro del parque de áreas protegidas presentan una mejor calidad del hábitat y las zonas con intervención la calidad de hábitat se ve comprometida (Galindo-Limas & Báez-Ardila, 2019).



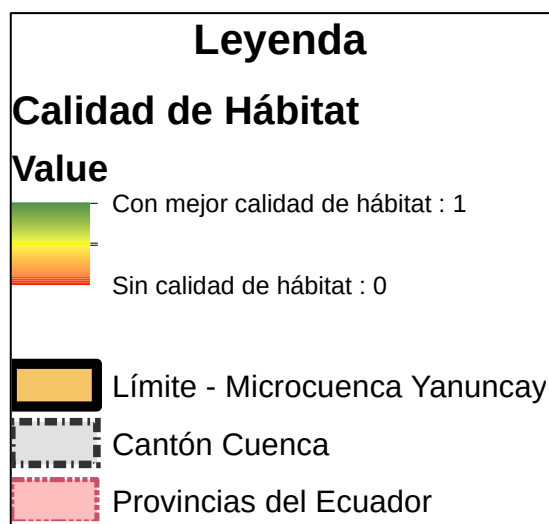


Figura 45: Modelo de la calidad del hábitat para los insectos polinizadores en la microcuenca del Yanuncay. Utilizando las áreas del Sistema Nacional de Áreas Protegidas y Áreas de Bosque y Vegetación Protectora.

En este mapa se puede visualizar que las zonas con mejor calidad de hábitat son más extensas en comparación a la figura 49 para los insectos polinizadores, el área de influencia de la amenazas es menor, debido a que, el Parque Nacional Cajas, el Área Protegida Autónoma Descentralizada Mazán y las Áreas de Bosque y Vegetación Protectora impedirían el establecimiento y crecimiento del área de influencia de amenazas al tener un estatus de protección, sin embargo, las zonas más afectadas serían las que no formen parte de estas áreas. La cuenca alta y media tuvieran mayor extensión de hábitats de buena calidad para los insectos polinizadores con el LULC de accesibilidad. La cuenca baja tendría la peor calidad del hábitat, pero su área de influencia sería menor ya que las A.V.B.P. y las áreas del S.N.A.P. minimizarían su rango de afectación. El erial sigue siendo la zona con peor calidad de hábitat junto con las áreas pobladas y las vías ya que sus hábitats no tienen cobertura vegetal necesaria para la alimentación y reproducción de los insectos polinizadores. El páramo concentra una mayor extensión de calidad de hábitat ya que la mayoría de su extensión se encontraría dentro de A.V.B.P. y dentro del Parque Nacional Cajas. El bosque nativo sería el hábitat con mejor calidad para los insectos polinizadores ya que su amenaza más cercana sería el pastizal que no es una amenaza grave para el hábitat de los insectos polinizadores. El erial se localiza en la cuenca alta pero su extensión es baja. Por lo que no sería una amenaza significativa para la calidad del hábitat de los insectos polinizadores.

Los resultados realizados en la cuenca alta del río Coca en la Amazonía ecuatoriana establecieron que la cuenca alta tiene una mejor calidad de hábitat ya que presentan zonas con coberturas como el páramo y bosque nativo y sus valores de calidad están cercanos a 1 por lo que se respalda la conservación de estas áreas para preservar las especies en este caso el tapir (Ríos-Galárraga, 2019).

MAPA DE DEGRADACIÓN DEL HÁBITAT DE LA MICROCUENCA DEL RÍO YANUNCAY - InVEST

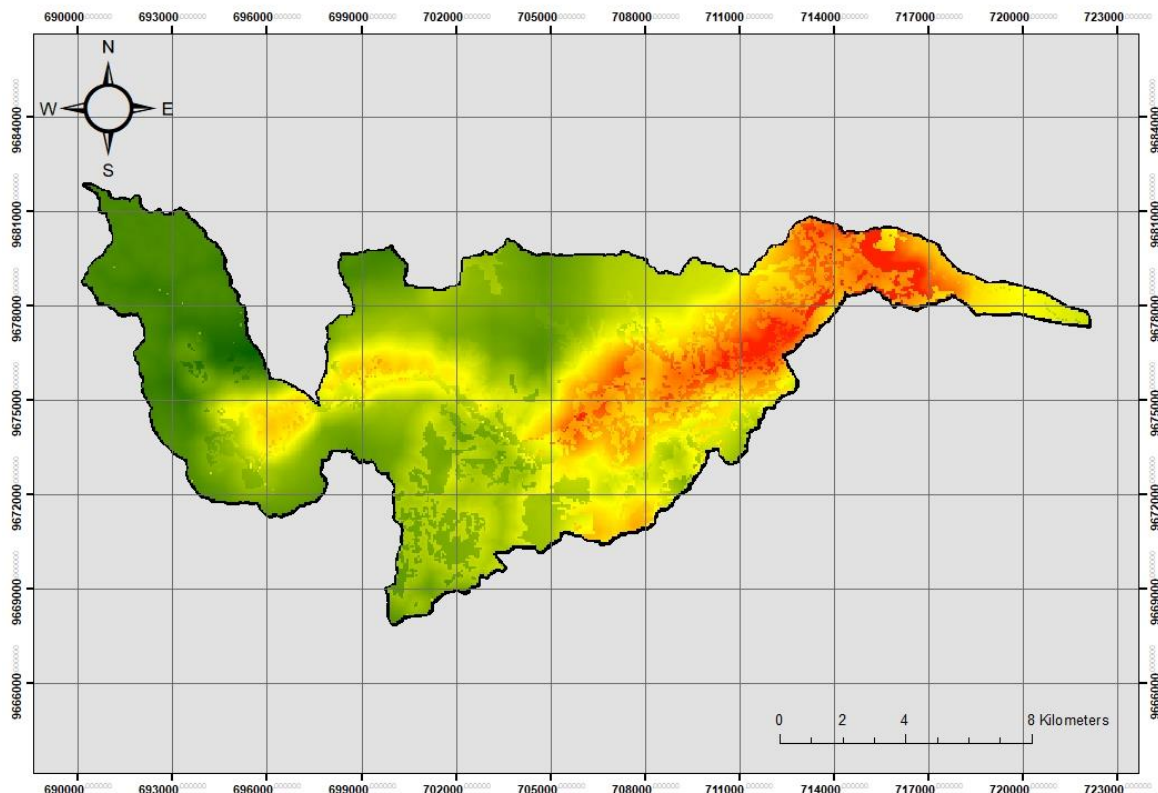


Figura 46: Modelo de degradación del hábitat para los insectos polinizadores en la microcuenca del Yanuncay.

En la microcuenca del Yanuncay se puede visualizar que las zonas que se acercan a un color rojizo podrían estar más degradadas a futuro para el hábitat de los insectos polinizadores, las zonas más degradadas se encuentran en mayor medida en la cuenca baja y media a causa de que las amenazas están concentradas en esta parte como poblados, concesiones mineras, erial, cultivo, mosaico agropecuario, pastizal, plantación forestal, vías y áreas pobladas, los hábitats más

afectados para los insectos polinizadores se encuentran cerca del área poblada, a lo largo de las vías y pastizales. El bosque nativo, la vegetación arbustiva y herbácea se verían casi totalmente afectadas al estar alrededor de todas las amenazas menos del erial. Las zonas que se acercan al color verde tendrían menor degradación para el hábitat de los insectos polinizadores, corresponden en mayor medida a zonas de páramo dónde existe la presencia de la plantación forestal que sí podría ser hábitats para los insectos polinizadores, pero no es el más idóneo.

Según el estudio realizado en la cuenca alta en Tamulipas México las amenazas que más degradan el hábitat en las cuencas son zonas urbanas y su degradación equivale al 80% uno de los rangos más altos de degradación aun así no representan la mayor cobertura en la cuenca y las zonas con actividad agropecuaria tienen incidencia en la degradación del hábitat de las cuencas en un rango de 21% a 40% (Requena-Lara et al., 2020).

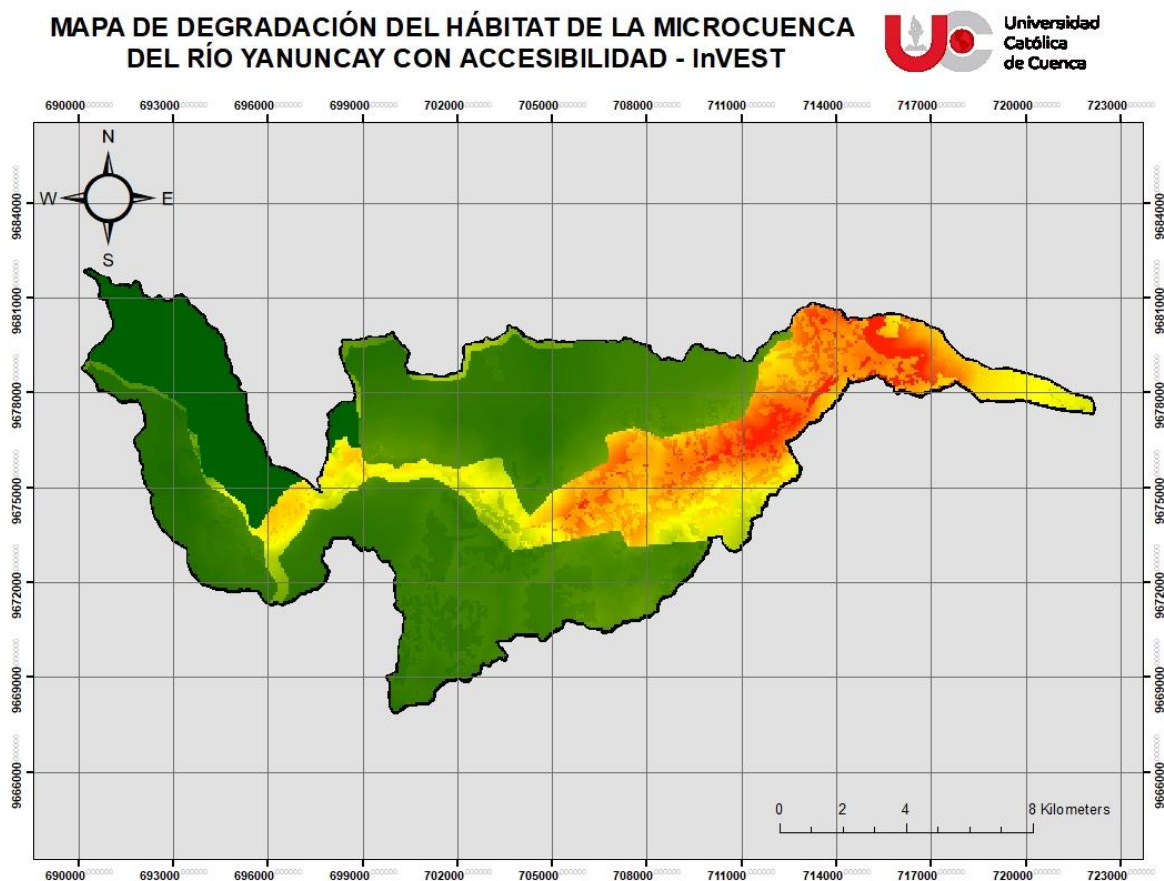




Figura 47: Modelo de degradación del hábitat para los insectos polinizadores en la microcuenca del Yanuncay. Utilizando las áreas del Sistema Nacional de Áreas Protegidas y Áreas de Bosque y Vegetación Protectora.

En este mapa se incluye el LULC de accesibilidad que son las áreas protegidas como el Parque Nacional Cajas (P.N.C.), Área Protegida Autónoma Descentralizada Mazán y Áreas de Bosque y Vegetación Protectora (A.B.V.P.) Yanuncay-Irquis, A.B.V.P. Yunguilla, A.B.V.P. Dadahuaycu y A.B.V.P. Sunsun-Yanasacha en esta microcuenca, este mapa se daría si en un futuro en estas áreas se respetaría su estatus de protección, por lo que, se vería afectada mayormente en la zona sin estatus de protección. Los colores rojo y verde representan los lugares más degradados y menos degradados respecto al hábitat de los insectos polinizadores. La cuenca baja y media serían las zonas más afectadas, ya que, no existirían zonas protegidas y se concentrarían amenazas alrededor de las vías como: el pastizal, los poblados, las concesiones mineras y el área poblada perteneciente a la zona urbana de la ciudad de Cuenca. La cuenca alta tendría mucha más extensión sin ser degradada y menos área de influencia de degradación si se respetarían el estatus de las A.B.V.P. y las áreas del S.N.A.P., existiría una mínima afectación esto se da ya que en estos lugares están presentes amenazas como concesiones mineras y erial.

Esto se compara con el estudio de la cuenca alta y media del río Coca en la Amazonía ecuatoriana que determinó que al incorporar áreas protegidas o el LULC de accesibilidad la degradación del hábitat se ve limitada pudiendo rescatar y generar mejores servicios ecosistémicos (Ríos-Galárraga, 2019).

4.1.5 Resumen de resultados de calidad y degradación del hábitat

Tabla 39: Resumen de resultados del modelamiento de la calidad del hábitat y degradación del hábitat.

Microcuenca	Calidad de Hábitat	Degradación del Hábitat
Angas	0,82	0,75
Norcan	0,99	0,60
Tomebamba	0,93	0,63
Yanuncay	0,99	0,65

En esta esta tabla se puede observar que la microcuenca del Angas es la que tendría mayor degradación y peor calidad del hábitat y las microcuencas del Norcan y del Tomebamba tendrían una mejor calidad del hábitat.

Tabla 40: Resumen de resultados del modelamiento de la calidad del hábitat y degradación del hábitat con la capa de la accesibilidad.

Microcuenca con accesibilidad	Calidad de Hábitat	Degradación del Hábitat
Angas	0,98	0,57
Norcan	1	0,47
Tomebamba	0,99	0,63
Yanuncay	1	0,65

En esta tabla se puede observar que al implementar al modelo el mapa de accesibilidad la calidad del hábitat para los insectos polinizadores en todas las microcuencas mejora y la degradación baja. Sin embargo, al implementar la capa de accesibilidad la microcuenca del Yanuncay tendría una mayor degradación al presentar mayores amenazas de origen antrópico, entre ellas el crecimiento de la mancha urbana respecto a la ciudad de Cuenca y en las microcuencas del Angas y del Norcan la degradación podría ser menor respecto a las otras microcuencas, ya que no se verían afectadas por la expansión urbana.

La zonas con un estatus de protección podrían ser territorios con mejor calidad de hábitat y con una baja o nula degradación para la biodiversidad (Cárdenas-Álvarez, 2016; Ordoñez et al., 2017; Ríos-Galárraga, 2019).

4.2 Modelos de rareza del hábitat para los insectos polinizadores.

4.2.1 Microcuenca del Angas

MAPA DE RAREZA DE HÁBITAT DE LA MICROCUENCA DEL RÍO ANGAS - InVEST

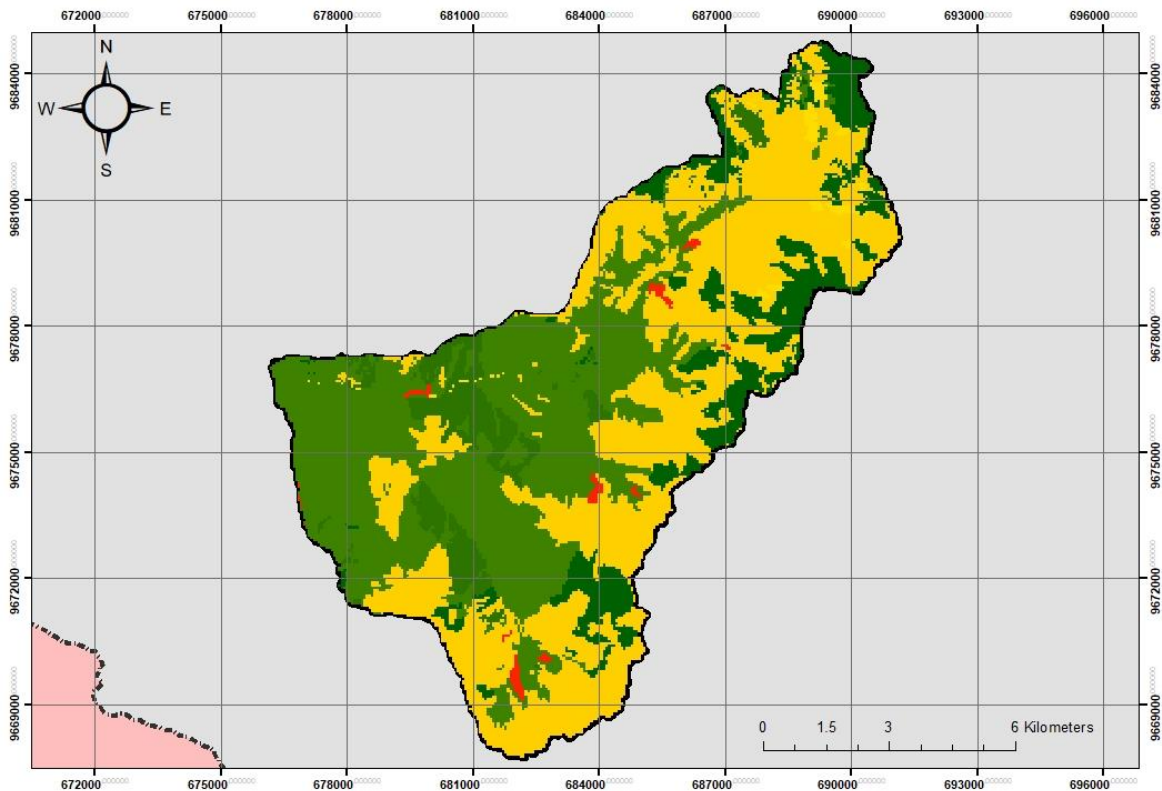


Figura 48: Modelo de la rareza del hábitat en la microcuenca del Angas.

Tabla 41: Resultados obtenidos del modelo de rareza del hábitat en la microcuenca del Angas.

LULC	Nombre	Cobertura 1990	Cobertura 2020	Valor rareza InVEST
1	Bosque nativo	2146,96	20,65	0,99
2	Mosaico agropecuario	1472,25	57,58	0,96
3	Páramo	5777,69	4139,24	0,58
4	Pastizal	642,46	473,12	0,57
5	Vegetación arbustiva	542,05	3958,36	0,12
6	Vegetación herbácea	61,65	704,88	0,07
7	Cuerpo de agua natural	110,43	90,14	0,55
8	Erial	10,62	1320,15	0

Este mapa indica la cobertura con más extensión y de menos extensión en la microcuenca del Angas, las zonas con colores más rojizos son menos extensas ya que se acercan a valores entre 0,5 y 1, las zonas de color amarillo indican que su extensión ha cambiado poco a lo largo del tiempo con valores de 0,5 y las zonas de color verde indican las zonas con más extensión con valores entre 0 a 0,5. De este modelo se estableció la tabla 38, ya que los valores son para cada cobertura en general, el bosque nativo es una zona con poca extensión y al ser un lugar idóneo para el hábitat de los insectos polinizadores se debe considerar su conservación a futuro, sin embargo, el mosaico agropecuario también tiene poca extensión pero al representar un cierto grado de amenaza para el hábitat de los insectos polinizadores se debería tomar acciones para evitar que crezca en el futuro, las zonas amarillas corresponden a la cobertura del páramo que no ha tenido un gran cambio en su extensión pero su cobertura tiende a perder territorio, se considera su conservación ya que es importante para el hábitat de los insectos polinizadores, el pastizal también tiende a perder extensión lo cual es bueno ya que tiene cierto grado de amenaza para los insectos polinizadores y los lugares de color verde corresponden a vegetación herbácea y arbustiva que han crecido mucho a través del tiempo, su conservación es importante al ser un hábitat idóneo para los insectos polinizadores. El erial por lo contrario ha crecido significativamente a través del tiempo debido a la erosión eólica, lo cual, disminuye la superficie del hábitat idóneo para los insectos polinizadores, por lo que, se descarta su conservación y se insta a restaurar o evitar su extensión mediante programas de reforestación. Los cuerpos de agua han disminuido a través del tiempo, no son hábitats para los insectos polinizadores, sin embargo, se considera su conservación ya que de cierta manera la biodiversidad subsiste gracias al agua.

Según el estudio del cambio de la cobertura del suelo en el cantón Cuenca entre los años 1991 y 2001 la cobertura natural (páramo, vegetación arbustiva y herbácea), fue la que más disminuyó con 49.066 hectáreas, en cambio, el pastizal y los cultivos fue la que más creció con 47,84 hectáreas que representa el 12% anualmente. El erial y el área urbana crecieron 1.223 hectáreas con un crecimiento del 1,6% cada año (Pinos, 2016).

4.2.2 Microcuenca del Norcay

MAPA DE RAREZA DE HÁBITAT DE LA MICROCUENCA DEL RÍO NORCAY - InVEST

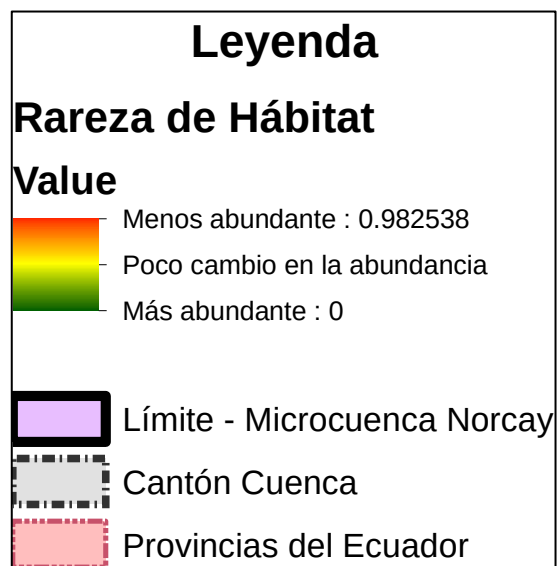
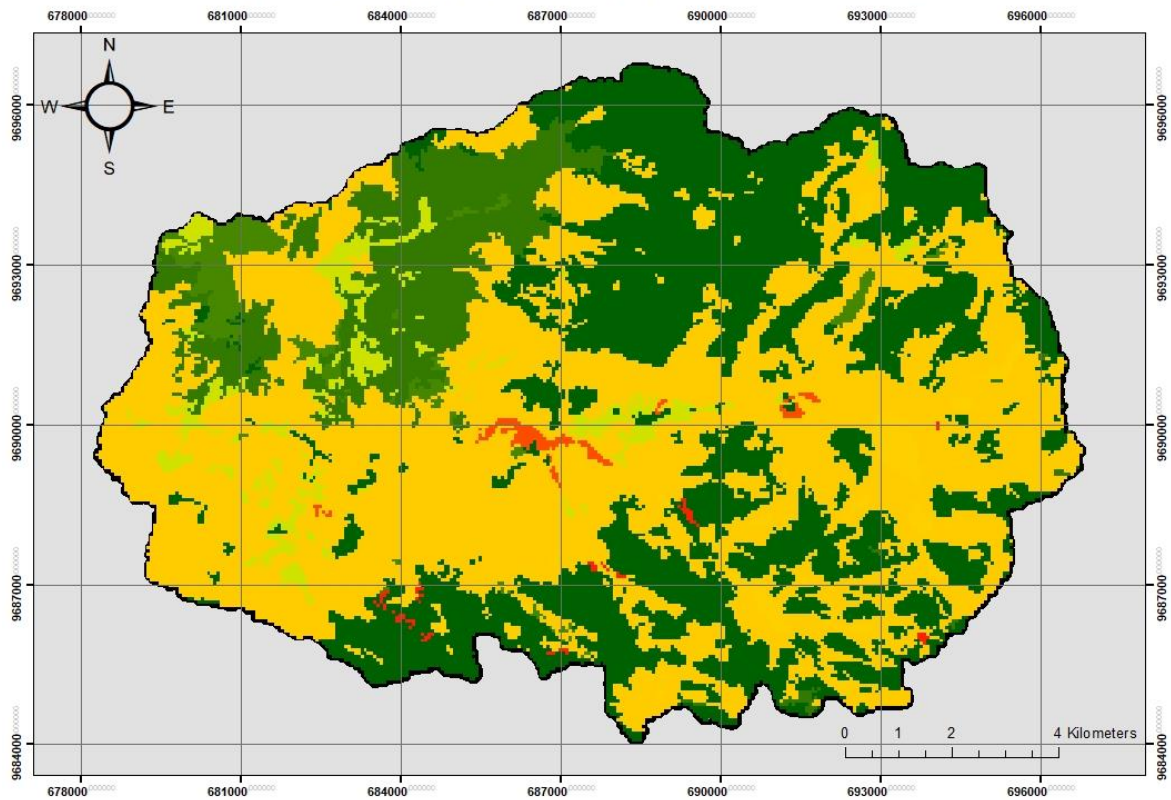


Figura 49: Modelo de la rareza del hábitat para los insectos polinizadores en la microcuenca del Norcay.

Tabla 42: Resultados obtenidos del modelo de rareza del hábitat en la microcuenca del Norcay.

LULC	Nombre	Cobertura 1990	Cobertura 2020	Valor
1	Bosque nativo	1826,42	32,32	0,98
2	Mosaico agropecuario	707,74	80,54	0,90
3	Páramo	12474,75	7954,14	0,61
4	Pastizal	368,73	541,75	0,40
5	Plantación forestal	0	52,86	0
6	Vegetación arbustiva	146,34	1499,70	0,09
7	Vegetación herbácea	55,98	349,02	0,13
8	Cuerpo de agua natural	621,77	411,25	0,60
9	Erial	9,27	5263,41	0,001
10	Área poblada	0	26,00	0

Este mapa indica la cobertura con más extensión y de menos extensión en la microcuenca del Norcay, las zonas con colores más rojizos son menos extensas ya que se acercan a valores entre 0,5 y 1, las zonas de color amarillo indican que su extensión ha cambiado poco a lo largo del tiempo con valores de 0,5 y las zonas de color verde indican las zonas con más extensión con valores entre 0 a 0,5. De este modelo se estableció la tabla 39, ya que los valores son para cada cobertura en general, el bosque nativo es una zona con muy poca extensión que ha perdido mucho territorio y al ser el lugar más idóneo para el hábitat de los insectos polinizadores se debe considerar su conservación a futuro, sin embargo, el mosaico agropecuario también es pequeño en extensión pero al tener poco o mínimo grado de amenaza para el hábitat de los insectos polinizadores se debería tomar acciones para evitar que crezca en el futuro, a través del tiempo este ha ido perdiendo territorio lo cual es bueno; las zonas de color amarillo tendiendo a rojo corresponden a la cobertura del páramo que en relación a su extensión ha perdido mucho territorio, al ser un hábitat idóneo para los insectos polinizadores se debe considerar su conservación; los lugares de color verde corresponden a pastizal que ha crecido durante el tiempo, pero al tener poco o mínimo grado de amenaza en comparación a amenazas como: concesiones mineras, vías y erial para el hábitat de los insectos polinizadores se debería tomar acciones para evitar que crezca en el futuro, la extensión de la vegetación arbustiva y herbácea han crecido considerablemente, su conservación es muy importante ya que son hábitats idóneos para los insectos polinizadores, el erial es muy extenso ya que ha crecido mucho a través del tiempo al igual que el área poblada, lo cual es preocupante, ya que son las amenazas que más afectan la calidad del hábitat de los insectos polinizadores. Los cuerpos de agua han disminuido a través del tiempo, no son hábitats para los insectos polinizadores, sin embargo, se considera su conservación ya que de cierta manera la biodiversidad subsiste gracias al agua.

Según el estudio realizado en la cobertura de bosque tuvo una tasa de pérdida de -0.25% y las zonas de pastizales crecieron notablemente y los suelos agrícolas fueron transformados para uso forestal (García-Maldonado, 2022).

4.2.3 Microcuenca del Tomebamba

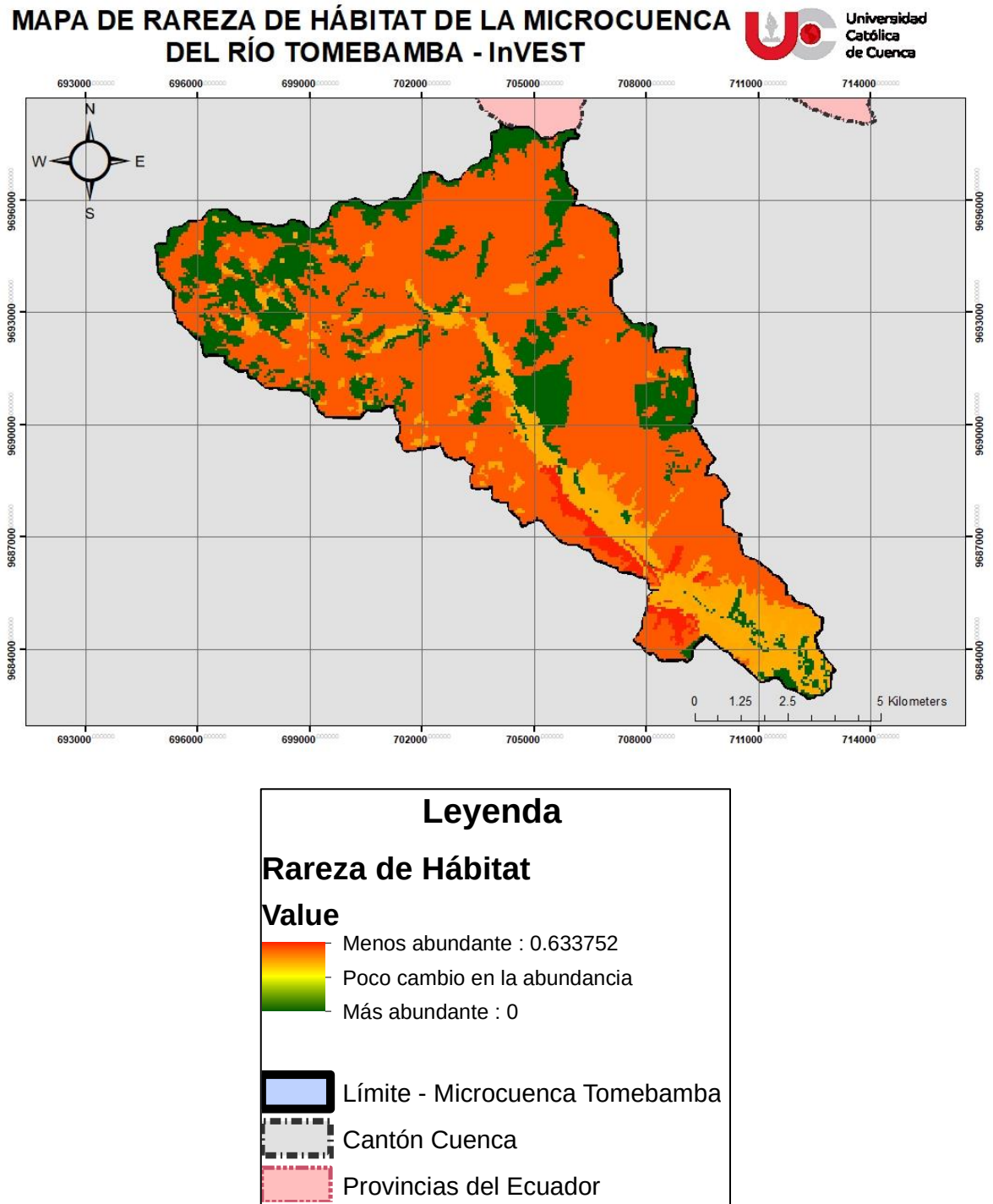


Figura 50: Modelo de la rareza del hábitat para los insectos polinizadores en la microcuenca del Tomebamba.

Tabla 43: Resultados obtenidos del modelo de rareza del hábitat en la microcuenca del Tomebamba.

LULC	Nombre	Cobertura 1990	Cobertura 2020	Value
1	Bosque nativo	387,11	216,97	0,63
2	Mosaico agropecuario	18,15	14,27	0,54
3	Páramo	8926,52	6695,98	0,57
4	Pastizal	644,79	817,26	0,44
5	Plantación forestal	0	261,38	0
6	Vegetación arbustiva	453,33	549,51	0,45
7	Vegetación herbácea	0	71,62	0
8	Área poblada	0	40,26	0
9	Cuerpo de agua natural	130,05	158,60	0,46
10	Erial	0	1734,13	0

Este mapa indica la cobertura con más extensión y de menos extensión en la microcuenca del Tomebamba, las zonas con colores más rojizos son menos extensas ya que se acercan a valores entre 0,5 y 1, las zonas de color amarillo indican que su extensión ha cambiado poco a lo largo del tiempo con valores de 0,5 y las zonas de color verde indican las zonas con más extensión con valores entre 0 a 0,5. De este modelo se estableció la tabla 40, ya que los valores son para cada cobertura en general. El bosque nativo es una zona con muy poca extensión, a lo largo del tiempo ha perdido territorio, por lo que, al ser un lugar idóneo para el hábitat de los insectos polinizadores se debe considerar su conservación a futuro; el mosaico agropecuario es una zona con poca extensión pero no es un buen hábitat para los insectos, por lo que, se debería tomar acciones para evitar que crezca en el futuro; el páramo ha perdido territorio durante el tiempo, al ser un hábitat idóneo para los insectos polinizadores se considera su conservación y restauración; la vegetación herbácea y arbustiva han crecido mucho a través del tiempo, pero al ser lugares idóneos para el hábitat de los insectos polinizadores se considera su conservación; el pastizal y la plantación forestal aumentan su extensión a través del tiempo pero al considerarse de cierto grado como amenaza su conservación se estudiaría; el área poblada y el erial, en cambio han aumentado su extensión a través del tiempo de manera significativa, por lo que, no se considera su conservación y se debería tomar acciones para evitar que crezca en el futuro, ya que son amenazas con un alto grado de degradación del hábitat de los insectos polinizadores. Los cuerpos de agua han aumentado a través del tiempo, pero no son hábitats para los insectos polinizadores, sin embargo, se considera su conservación ya que de cierta manera la biodiversidad subsiste gracias al agua.

Según el estudio realizado en el la cuenca alta, media y baja de los ríos Gualliganca y San Antonio en el cantón Cañar y el Tambo la cobertura del pastizal fue la que más creció desde 1990 hasta 2018 del 29% al 42% del total de la cuenca y la cobertura del páramo decreció del 51% al 42%, se determinó que el suelo descubierto también tiene un importante crecimiento (Villalta-Ojeda & Yumbay-Taris, 2020).

4.2.4 Microcuenca del Yanuncay

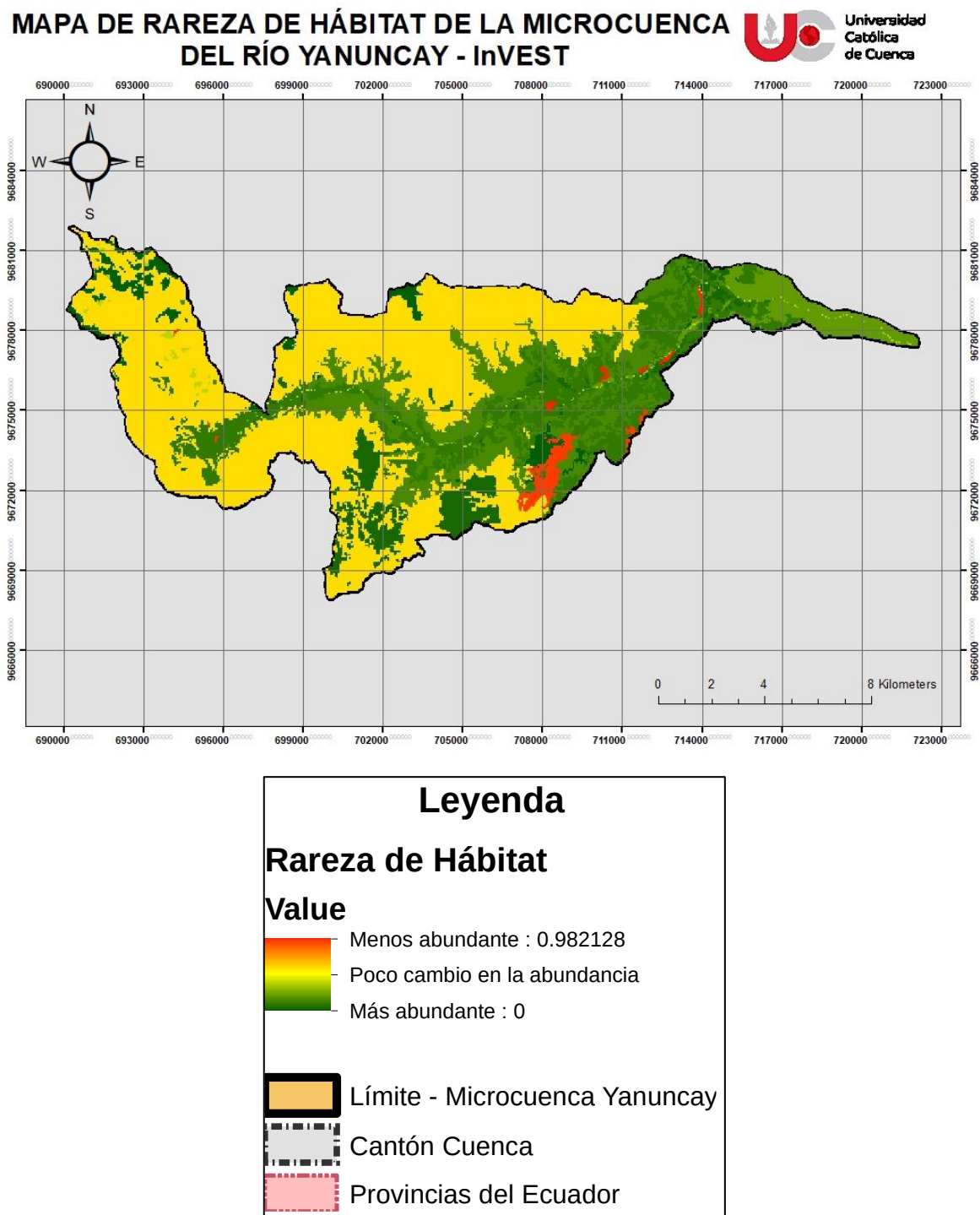


Figura 51: Modelo de la rareza del hábitat para los insectos polinizadores en la microcuenca del Yanuncay.

Tabla 44: Resultados obtenidos del modelo de rareza del hábitat en la microcuenca del Yanuncay.

LULC	Nombre	Cobertura 1990	Cobertura 2020	Valor
1	Bosque nativo	2424,97	236,67	0,90
2	Cultivo	0	11,33	0
3	Mosaico agropecuario	2615,13	45,96	0,98
4	Páramo	11172,91	8952,70	0,55
5	Pastizal	271,07	2844,66	0,08
6	Plantación forestal	32,22	1069,80	0,02
7	Vegetación arbustiva	414,01	2602,81	0,13
8	Vegetación herbácea	0	138,47	0
9	Área poblada	182,34	763,63	0,19
10	Cuerpo de agua natural	61,2	111,93	0,36
11	Erial	0	395,92	0

Este mapa indica la cobertura con más extensión y de menos extensión en la microcuenca del Tomebamba, las zonas con colores más rojizos son menos extensas ya que se acercan a valores entre 0,5 y 1, las zonas de color amarillo indican que su extensión ha cambiado poco a lo largo del tiempo con valores de 0,5 y las zonas de color verde indican las zonas con más extensión con valores entre 0 a 0,5. De este modelo se estableció la tabla 41, ya que los valores son para cada cobertura en general. La cobertura de bosque nativo es una zona con poca extensión que ha perdido a través del tiempo mucho territorio, al ser un lugar idóneo para el hábitat de los insectos polinizadores se debe considerar su conservación a futuro, el cultivo y el mosaico agropecuario son zonas con poca extensión, no son un buen hábitat para los insectos, por lo que, se debería tomar acciones para evitar que crezca en el futuro. El páramo es un hábitat que ha cambiado en su extensión significativamente a través del tiempo, al ser el hábitat idóneo para los insectos polinizadores se debe considerar su conservación. La vegetación arbustiva y herbácea por lo contrario han aumentado su extensión durante el tiempo, al ser un hábitat idóneo para los insectos polinizadores se consideraría su conservación. El pastizal y la plantación forestal son las amenazas que más crecieron durante este tiempo, por lo que, se debería tomar acciones para evitar que siga creciendo en el futuro. El erial y el área poblada crecieron mucho en extensión, al ser las peores amenazas para el hábitat de los insectos polinizadores se descarta su conservación. Los cuerpos de agua han aumentado a través del tiempo, pero no son hábitats para los insectos polinizadores, sin embargo, se considera su conservación ya que de cierta manera la biodiversidad subsiste gracias al agua.

En el estudio de los cambios de uso de suelo en el cantón Cuenca se determinó que las tierras desnudas y degradadas y el área urbana crecieron considerablemente entre el año 2001 a 2011 y los arbustos y matorrales tuvieron un decremento, todo estos cambios se relacionan a la inversión económica y a la migración (Chaullas-León, 2015).

4.3 Riqueza hallada de los insectos polinizadores en las microcuencas de estudio.

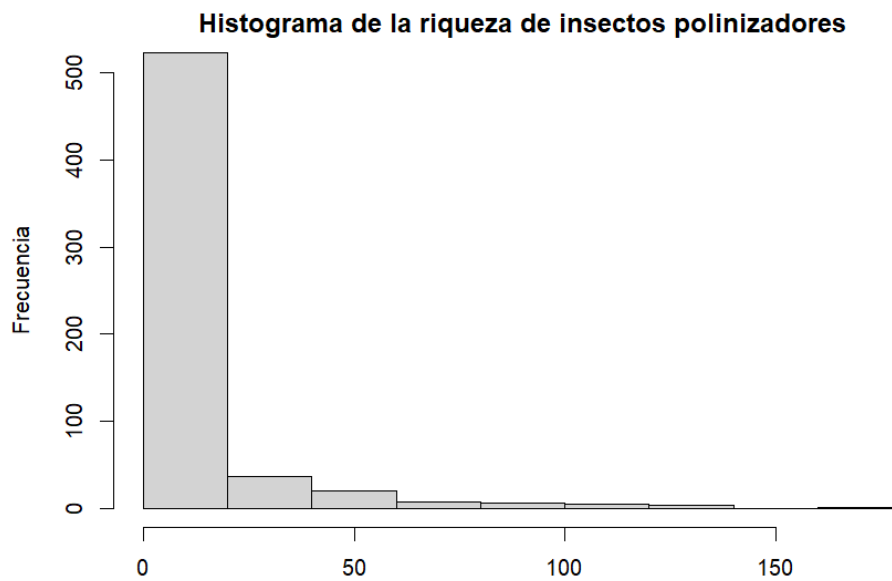


Figura 52: Distribución de los insectos polinizadores.

Con este histograma se puede visualizar que la distribución es en forma de Poisson debido a que los datos de riqueza están sobre dispersos y su frecuencia se encuentra sesgada hacia la izquierda.

Tabla 45: Resultados del modelo lineal generalizado entre la riqueza versus la microcuenca y la elevación.

	Estimación Std	Error	t value	Pr (> t)
Intercept (Microcuenca Angas)	2,12020	0,2286	9,277	< 2e - 16
Microcuenca Norcay	0,2777	0,2542	1,092	0,27507
Microcuenca Tomebamba	0,4185	0,2604	1,607	0,10853
Microcuenca Yanuncay	0,4977	0,2406	2,069	0,03899
Elevación 3500	0,1380	0,1667	0,828	0,40795
Elevación 4000	-0,7427	0,2272	3,269	0,00114

Esta tabla quiere decir que en la microcuenca Yanuncay existe más riqueza de especies significativamente que en la microcuenca Angas, a 4.000 m.s.n.m. es menor la riqueza significativamente que a 3000 m.s.n.m., también nos quiere decir que solo en la microcuenca Yanuncay es diferente la riqueza en comparación con las demás microcuencas.

Tabla 46: Tabla de comparación de la significancia para cada microcuenca de estudio.

	Angas	Norcay	Tomebamba
Norcay	1,00	-	-
Tomebamba	0,78	1,00	-
Yanuncay	0,34	1,00	1,00

Los datos de riqueza entre la microcuenca Yanuncay con la microcuenca Angas son diferentes y la microcuenca Yanuncay es significativamente más rica que la microcuenca Angas, pero no es significativamente más rica que la microcuenca Norcay y la microcuenca Tomebamba.

Tabla 47: Tabla de comparación de los gradientes ambientales.

Contraste	Estimación	SE	df	z. ratio	p.value
Elevación 3000 – Elevación 3500	-0,138	0,167	Inf	-0,828	0,6856
Elevación 3000 – Elevación 4000	0,743	0,227	Inf	3,269	0,0031
Elevación 3500 – Elevación 4000	0,881	0,226	Inf	3,893	0,0003

Esta tabla indica estadísticamente en que en que elevación existe menos riqueza de insectos polinizadores, por lo que, a 4000 m.s.n.m. existe menos riqueza que a 3000 y a 3500 m.s.n.m. y entre 3000 y 3500 m.s.n.m. los datos no son diferentes.

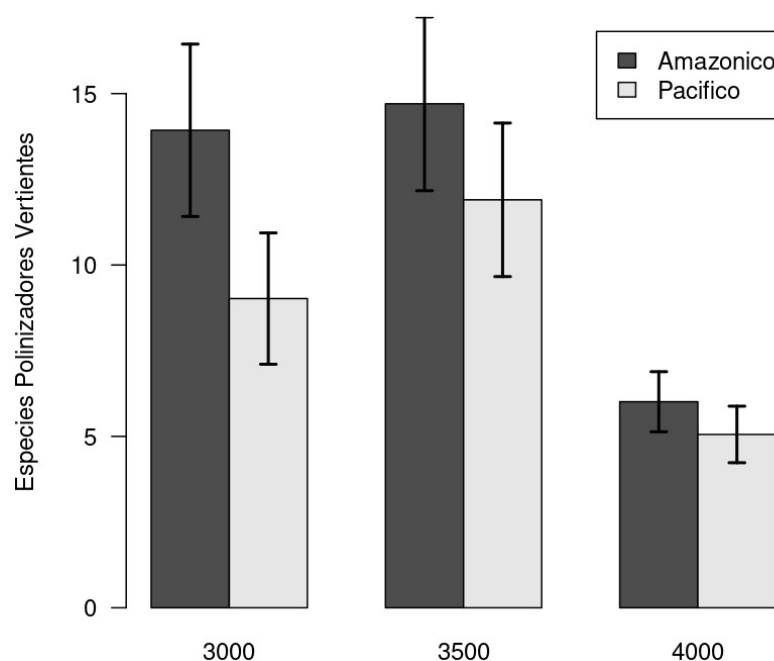


Figura 53: Riqueza de insectos polinizadores en la vertiente Amazónica y Pacífico.

En este gráfico se puede evidenciar que la vertiente con más riqueza de especies de insectos polinizadores es la Amazónica a 3500 m.s.n.m. y la vertiente del Pacífico en cambio es menos rica en especies de insectos polinizadores. En las dos vertientes mayor riqueza de especies se da a 3500 m.s.n.m. y existe menor riqueza a 4000 m.s.n.m. y la diferencia más clara entre riquezas se dan a 3000 m.s.n.m.

Esto se corrobora con el estudio de insectos de los Andes Tropicales en Perú dónde la riqueza de las mariposas pertenecientes a las laderas andinas orientales a altitudes intermedias es mayor que en otras regiones de este país, Colombia alberga a comunidades también más ricas con diferencia a las demás subregiones de los Andes colombianos. Al sur del Ecuador en el este Andino se encuentra la mayor riqueza de polillas a nivel mundial presentes en los bosques montanos andinos. La mayor riqueza de especies de escarabajos tigre se encuentra en las laderas orientales de los Andes. El páramo ecuatoriano alberga una gran riqueza de escarabajos de la familia Carabidae con el 94% de endemismo en el alto páramo (Larsen et al., 2012).

Las gradientes altitudinales y latitudinales son importantes en la distribución de la riqueza de especies, la mayor riqueza de especies se da a bajas altitudes y latitudes, a lo largo de las gradientes altitudinales inferiores e intermedias (Larsen et al., 2012).

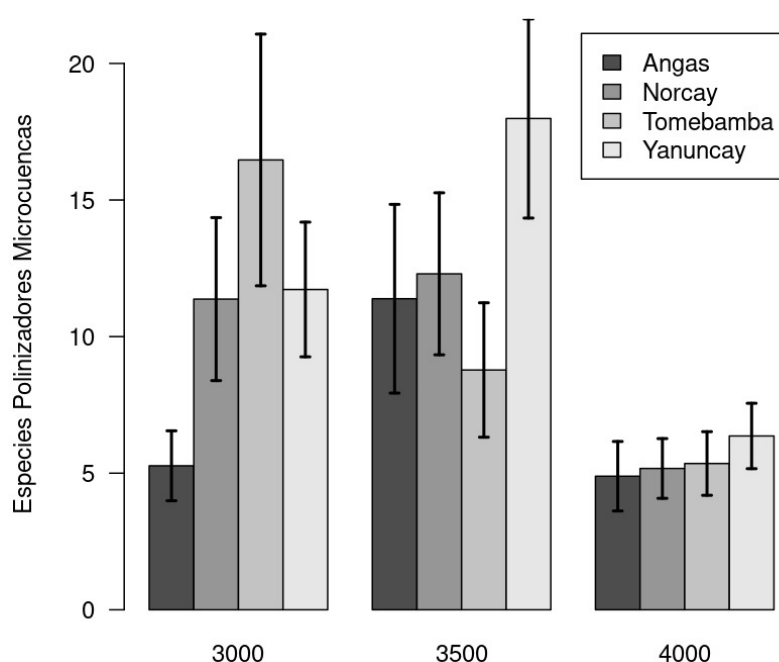


Figura 54: Riqueza de los insectos polinizadores en las microcuencas Angas, Norcay, Tomebamba y Yanuncay.

En este gráfico se puede observar que la microcuenca con más riqueza de especies de polinizadores es la microcuenca Yanuncay en los tres gradientes ambientales, a 3.500 m.s.n.m. y a 3.000 m.s.n.m., su riqueza decae significativamente. La microcuenca Tomebamba tiene más riqueza a 3.000 m.s.n.m. y decae significativamente a los 3.500 m.s.n.m. La microcuenca Angas mantiene

su riqueza casi igual a 3.000 y a 4.000 m.s.n.m., mientras que a 3500 m.s.n.m. su riqueza es la más alta y más que la microcuenca Tomebamba. La microcuenca Norcay mantiene la misma significancia entorno con la riqueza de insectos polinizadores en los tres gradientes ambientales y su riqueza más significativa se da a 3.000 m.s.n.m. en comparación con la riqueza presente en la microcuenca Angas.

Según el estudio realizado en los ecosistemas andinos y altoandinos de Colombia el número de familias que existe una relación negativa entorno a la riqueza de familias de insectos *holometábolos* y la altitud en los ecosistemas andinos, por lo que, mientras aumenta la altitud la riqueza disminuye de estos insectos disminuye (Ríos Cruz, 2021).

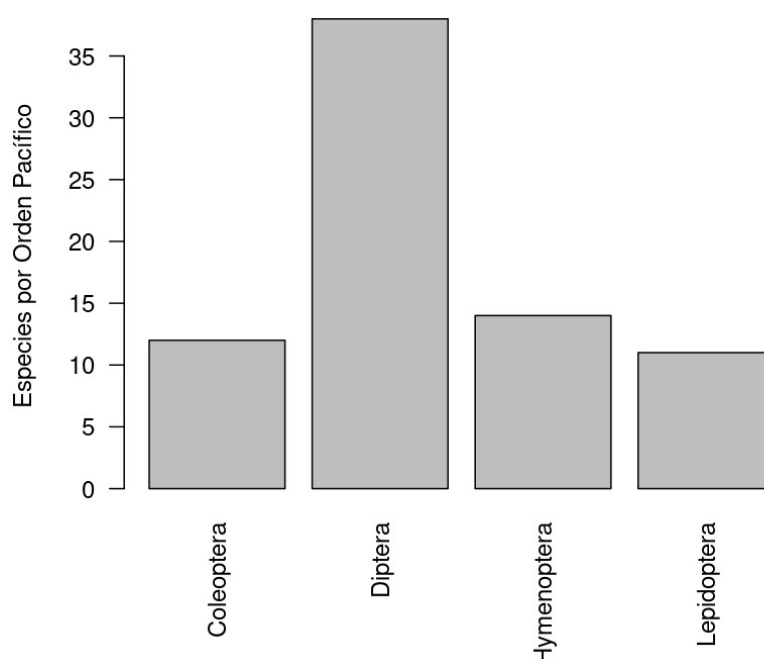


Figura 55: Riqueza de insectos polinizadores en la vertiente del Pacífico.

En este gráfico se puede visualizar que el orden con más riqueza de insectos polinizadores es el *Diptera*, el orden *Himenoptera* sigue después pero su significancia con el orden *Diptera* es muy grande, el orden *Coleoptera* y *Lepidoptera* tienen una riqueza muy parecida.

Según el estudio realizado en un ecosistema altoandino al sur de Ecuador con la diversidad de recursos florales como predictores de la diversidad de insectos polinizadores, el orden *Diptera* representó el 70% del total de insectos encontrados polinizando flores, por lo que, su abundancia es mucho mayor a diferencia de las demás ordenes existentes (Vásquez-Espinoza & Padrón-Martínez, 2019).

Según el estudio de la descripción de hábitat de cuatro especies de *Lepidopteras* en tres diferentes paramos se encontró que su mayor riqueza se da en el páramo de Santa Rita en la

Cordillera Occidental de Colombia a 3.650 m.s.n.m. en los Andes, Antioquía (Ávila-R & Triviño, 2019).

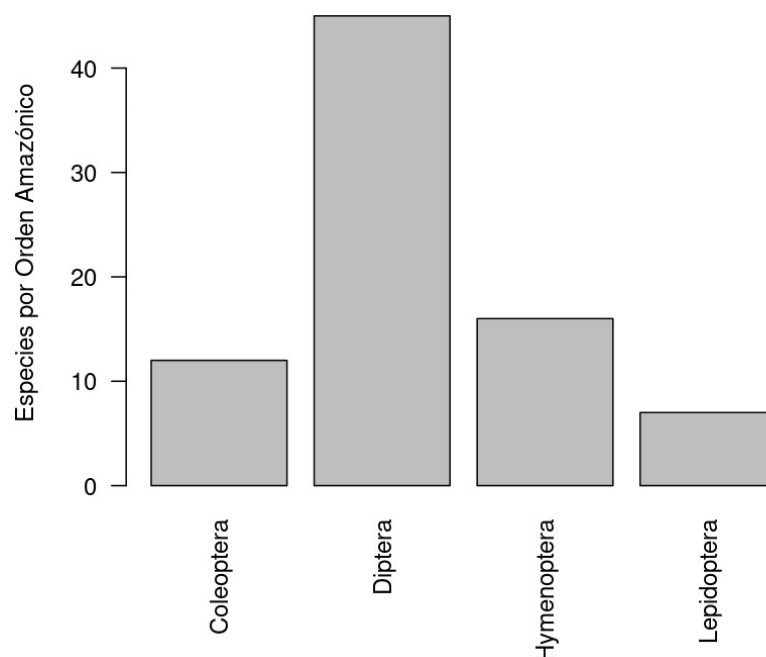


Figura 56: Riqueza de insectos polinizadores en la vertiente Amazónica.

Este gráfico demuestra que la mayor riqueza de insectos polinizadores en la vertiente Amazónica es el orden *Diptera*, seguido por el orden *Himenoptera*, *Coleoptera* y finalmente *Lepidoptera* siendo este último el menos rico.

En el páramo oriental andino de Matarredonda en Colombia se concluyó que los insectos polinizadores del orden *Diptera* fueron los más ricos con un 44% del total, seguido por *Himenópteros* con el 19% y los *Coleópteros* con el 14% (Manrique, 2022).

Según el estudio realizado en diferentes páramos de Colombia de la descripción de hábitat de cuatro especies de *Lepidopteras* en tres diferentes páramos se encontró que su menor riqueza se da en la Cordillera Oriental de Colombia en los páramos de La Cuchilla del Tablazo en el municipio de Subachoque y en las Lagunas de Siecha en el PNN Chingaza en el municipio de Guasca a 3.250 y 3.570 m.s.n.m. respectivamente (Ávila-R & Triviño, 2019).

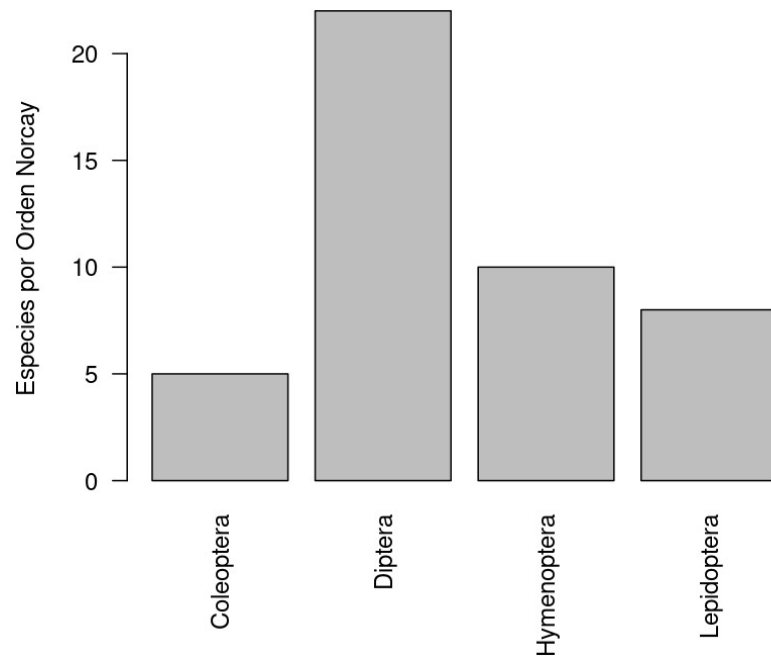


Figura 57: Riqueza de los insectos polinizadores en la microcuenca Norcay.

En la microcuenca Norcay según este gráfico indica que el orden *Diptera* tiene la mayor riqueza de insectos polinizadores, seguido por el orden *Himenoptera*, *Lepidoptera* y finalmente *Coleoptera* siendo este último el menos rico.

En comparación con este estudio, la investigación realizada en la Estación Científica de “Gullán” en el cantón Nabón en la provincia del Azuay se encontró como resultados que la mayor riqueza de insectos polinizadores se da en el orden *Diptera* respecto al orden *Himenoptera*, se atribuye a los diferentes ambientes de alta montaña (Loyola-Guillermo & Pezo-Yaguana, 2018).

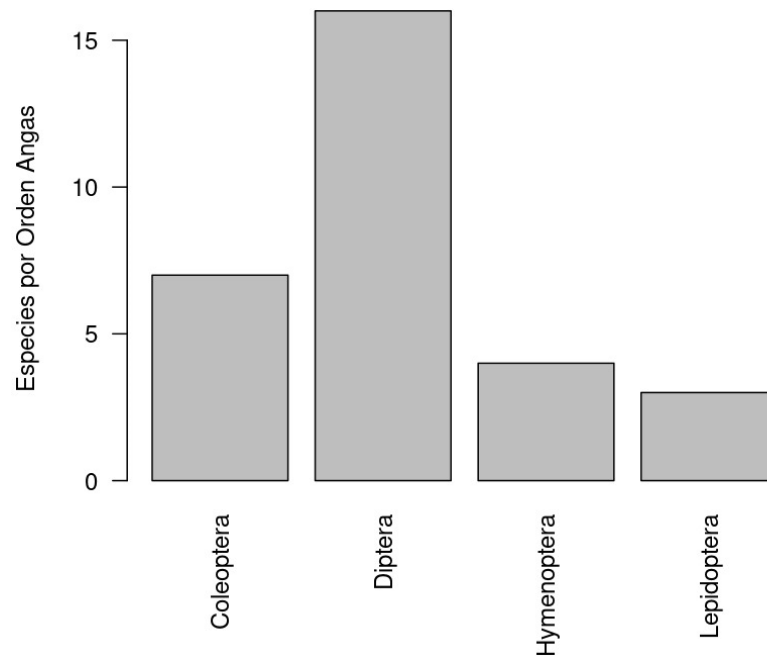


Figura 58: Riqueza de insectos polinizadores en la microcuenca Angas.

En la microcuenca Angas según este gráfico el orden *Diptera* tiene la mayor riqueza de insectos polinizadores, seguido por el orden *Coleoptera*, *Himenoptera* y finalmente *Lepidoptera* siendo este último el menos rico.

Los resultados podrían ser comparables con el estudio realizado en la Cordillera de Doña Ana en los Andes occidentales chilenos de 2.700 a 4.450 m.s.n.m. demostró que a diferentes gradientes ambientales la riqueza de los insectos polinizadores del orden *Diptera* representa el 58% aumenta con la altura, mientras que los órdenes himenópteros y lepidópteros disminuyen y representan el 35.5% y 19.4% respectivamente (Squeo et al., 2006).

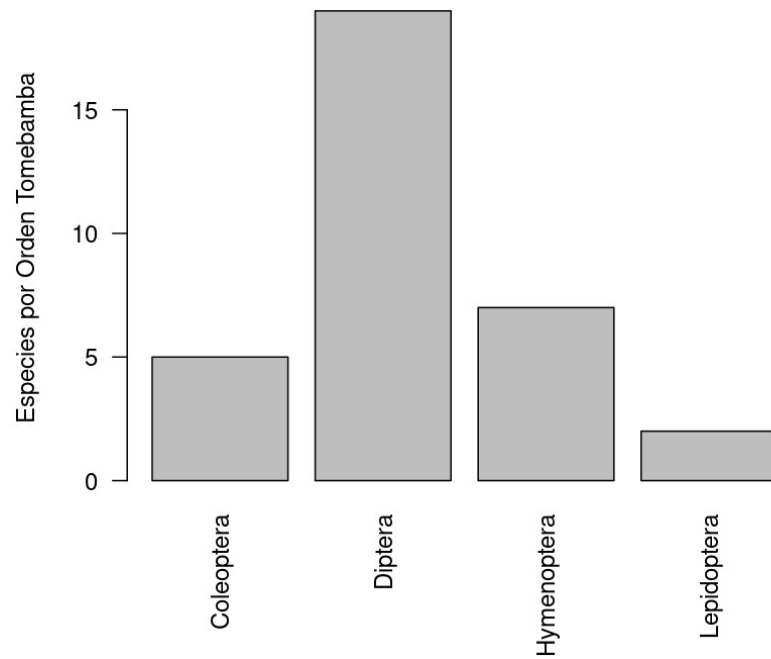


Figura 59: Riqueza de insectos polinizadores en la microcuenca Tomebamba.

La mayor riqueza de insectos polinizadores en la microcuenca Tomebamba es el orden *Diptera*, seguido por el orden *Himenoptera*, *Coleoptera* y finalmente *Lepidoptera* siendo este último el menos rico.

Esto se corrobora con el estudio realizado en el bosque andino de la Sabana de Bogotá en Colombia dónde la riqueza de insectos correspondieron con el 78.01% al orden *Diptera*, en segundo lugar, el orden *Himenoptera* con el 8.20%, en tercer lugar el orden *Coleptera* con el 4.57% y en ultimo lugar el orden *Lepidoptera* con el 2.16% (González et al., 2014).

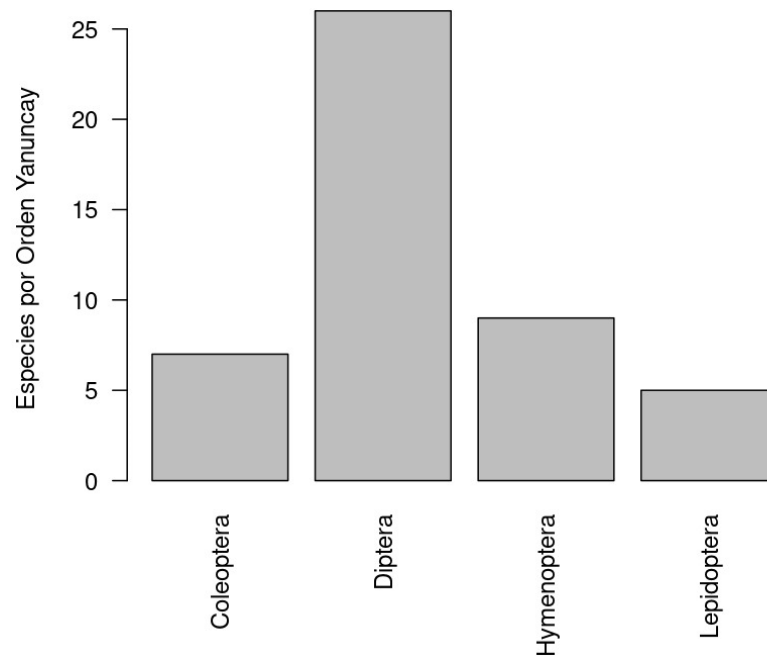


Figura 60: Riqueza de insectos polinizadores en la microcuenca Yanuncay.

Este gráfico demuestra que la mayor riqueza de insectos polinizadores en la microcuenca Tomebamba es el orden *Diptera*, seguido por el orden *Himenoptera*, *Coleoptera* y finalmente *Lepidoptera* siendo este último el menos rico.

Según el estudio realizado en tres vegas altoandinas de la Cordillera de Doña Ana en Chile la mayor riqueza familiar de la entomofauna se da en el orden *Diptera* con el 33%, seguido por el orden *Himenoptera*, después por el orden *Coleoptera*, después el orden *Lepidoptera* y después seguido por otros ordenes encontrados en la zona de estudio (Cepeda Pizarro et al., 2006).

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES

Según los resultados del modelo de Calidad de Hábitat obtenidos con el software InVEST se puede concluir que las oberturas con mejor calidad para los insectos polinizadores son: el bosque nativo y el páramo ya que sus valores de calidad están más cercanos al valor 1 en todas las cuatro microcuencas.

Las amenazas de origen antrópico son las que más degradan el hábitat de los insectos polinizadores y son las zonas con peor calidad de hábitat.

La cobertura natural con peor calidad de hábitat para los insectos polinizadores es el erial lo cual, es muy negativo ya que esta cobertura crece en todo el tiempo, debido en mayor medida al viento y la precipitación que ocasionan erosión de manera natural y también debido a los incendios provocados en mayor medida por el ser humano hacen que el suelo pierda su cobertura vegetal y se vuelva susceptible a la erosión.

Los cuerpos de agua para este modelo se los considera una zona sin calidad de hábitat debido a que los insectos polinizadores no viven en el agua ni realizan la polinización en este lugar, sin embargo, de cierta manera los insectos polinizadores necesitan de este recurso para subsistir.

Los hábitats de insectos polinizadores más degradados están cerca de áreas pobladas, poblados y vías, en las cuatro microcuencas, ya que, sus valores de degradación se encuentran cercanos a 1 y mientras están más cerca a estas amenazas se acerca a este valor.

El área de influencia de las amenazas es mayor en la microcuenca del Tomebamba en relación a las demás microcuencas estudiadas, ya que la cuenca alta media y baja se ve afectada en casi todo su territorio

El área más extensa sin calidad de hábitat para los insectos polinizadores es mayor en la microcuenca Norcay ya que el erial abarca casi la mitad del territorio.

La microcuenca con un valor más alto de degradación y de peor calidad de hábitat para los insectos polinizadores es la microcuenca Angas, debido a que las concesiones mineras presentes en esta zona abarcan casi la mitad de su territorio y existe explotación metálica, también por la presencia de erial en gran parte de su territorio.

Las vías son las causantes en mayor parte de la fragmentación de los hábitats en todas las microcuencas, ya que todas las amenazas avanzan junto a las vías, la microcuenca Tomebamba y Yanuncay al tener vías de primer orden y de segundo orden más abundantes generan un área de afectación mucho más grande.

La cuenca media y baja son las partes con más degradación del hábitat para los insectos polinizadores en todas las microcuencas, lo que quiere decir, que a mayor altitud menor degradación, esto se da ya que en la cuenca media y baja se concentran la mayoría de áreas pobladas, pastizales, concesiones mineras y vías y por qué la cuenca alta es de difícil acceso para el ser humano. Por lo que las actividades antrópicas disminuyen.

En el estudio de la rareza del hábitat se puede concluir que el páramo fue la cobertura que se ha ido manteniendo con el tiempo en todas las microcuencas ya que sus valores se encuentran dentro del rango de 0,5, sin embargo, a través del tiempo tiende a perder superficie lo cual es preocupante ya que el páramo es uno de los ecosistemas más importantes en el mundo por su capacidad de atrapar agua, las coberturas de vegetación arbustiva y herbácea tienden a ser más abundantes en todas las microcuencas ya que se acercan al valor de 0. El área poblada, el erial y las plantaciones forestales al contrario con el paso del tiempo crecen más en extensión ya que se acercan al valor de 1, el pastizal crece en su extensión en todas las microcuencas a excepción de la microcuenca Angas dónde ha tenido un decrecimiento pero tiende a crecer a lo largo del tiempo ya que se encuentra fragmentado en más lugares de la microcuenca, el mosaico agropecuario pierde superficie en todas las microcuencas lo cual mejora la calidad de hábitat de los insectos polinizadores, el erial crece mucho más a través del tiempo en todas las microcuencas, lo cual es muy grave debido a que es la peor cobertura para el hábitat de los insectos polinizadores. Y eso podría afectar a la biodiversidad y distribución del servicio ecosistémico de la polinización. Los cuerpos de agua aumentan su superficie en las microcuencas del Tomebamba y Yanuncay mientras que disminuye su superficie en las microcuencas del Angas y Norcay.

Al implementar las áreas protegidas y bosque y vegetación protectora a las microcuencas la calidad del hábitat mejora y el área de influencia de zonas degradadas disminuye, por lo que, se puede evidenciar de manera científica la importancia en la conservación de estas áreas. El área de influencia disminuye con la implementación de áreas protegidas y A.B.V.P., en todas las microcuencas por lo cual la degradación dependerá mucho de estas áreas.

La vertiente del Amazonas tiene mayor riqueza de insectos polinizadores que la vertiente del Pacífico, esto podría ser debido a la poca presencia en extensión de erial y de concesiones mineras en las microcuencas Tomebamba y Yanuncay.

Se comprueba que la riqueza de insectos polinizadores es inversamente proporcional a la altura lo cual se interpreta que a mayor altura menos insectos polinizadores.

El orden con mayor riqueza en todas las microcuencas es el *Diptera* con gran diferencia, el orden *Himenoptera* le sigue en segundo lugar, el orden *Lepidoptera* es el menos rico en todas las microcuencas, estos resultados pueden ser el resultado de anidamiento de los insectos ya que los *Dípteros* en general viven en todos los gradientes ambientales mientras que otros insectos de las otras ordenes se van perdiendo mientras aumenta a la altitud del hábitat. Este resultado podría servir como base importante para futuros estudios de dípteros en estas cuencas ya que es el grupo más importante que realiza la polinización de plantas a esa altura.

CAPÍTULO VI

6. RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar más estudios detallados de insectos polinizadores en los Andes que permitan a futuro generar más información para tener datos del servicio ecosistémico de la polinización.

Se recomienda usar este software para el estudio de otras especies de insectos o animales, que puede luego generar información para establecer corredores ecológicos o la evaluación de los impactos y calidad del hábitat de las especies a estudiar.

Se aconseja usar la información más actual para una mejor proyección y se recomienda realizar próximos estudios con proyección a futuro con el software InVEST.

Se propone realizar la valoración económica del servicio ecosistémico de la polinización mediante los insectos polinizadores ubicados en estas microcuencas, para poder establecer la importancia económica que estos insectos aportan a los seres humanos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abouhamad, S. de L., Rojas, M. V. R., Méndez, J. L. R., Salazar, K. C., & Salmerón, A. L. A. (2017). Servicios ecosistémicos de regulación que benefician a la sociedad y su relación con la restauración ecológica. *Biocenosis*, 31 (1-2).
<https://revistas.uned.ac.cr/index.php/biocenosis/article/view/1731>
- AGUA. (2021, July 2). *Cuencas hidrográficas ¿Qué son? ¿Cuál es su importancia?* – *Agua.org.mx*.
<https://agua.org.mx/actualidad/cuencas-hidrograficas-que-son-cual-es-su-importancia/>
- Aguirre, W. E., Alvarez-Mieles, G., Anaguano-Yancha, F., Burgos-Morán, R., Cucalón, R. V., Escobar-Camacho, D., Jácome-Negrete, I., Jiménez-Prado, P., Laaz, E., Miranda-Troya, K., Navarrete-Amaya, R., Nugra-Salazar, F., Revelo, W., Rivadeneira, J. F., Valdiviezo-Rivera, J., & Zárate-Hugo, E. (2021). Conservation threats and future prospects for the freshwater fishes of Ecuador: A hotspot of Neotropical fish diversity. *Journal of Fish Biology*, 99(4), 1158–1189.
<https://doi.org/10.1111/JFB.14844>
- Aizen, M. A., & Harder, L. D. (2009). Report The Global Stock of Domesticated Honey Bees Is Growing Slower Than Agricultural Demand for Pollination. *Current Biology*, 19, 915–918.
<https://doi.org/10.1016/j.cub.2009.03.071>
- Albarracín-Guachichulca, S. L. (2019). *Propuesta de manejo integral de la subcuenca hidrográfica del río Yanuncay, provincia del Azuay* [Universidad Politécnica Salesiana].
<http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/17305>
- Amo-de-Paz, L. (2005). *Efectos de la degradación del hábitat y el riesgo de depredación en el comportamiento y el estado de salud en lagartijas*.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=104264&info=resumen&idioma=SPA>
- ASHES TO LIFE. (2022). *Los servicios ecosistémicos: definición y clasificación* | *ASHES TO LIFE*.
<https://www.ashestolife.es/los-servicios-ecosistemas-definicion-y-clasificacion/>
- Ávila-R, L., & Triviño, P. (2019). DESCRIPCIÓN DEL HÁBITAT DE CUATRO ESPECIES DEL GÉNERO LYMANOPODA (LEPIDOPTERA: NYMPHALIDAE: SATYRINAE) EN ÁREAS DE PÁRAMO DE COLOMBIA. *Acta Biológica Colombiana*, 24(1), 125–138.
<https://doi.org/10.15446/ABC.V24N1.70285>
- Aznar-Bellver, J. (2012). Proceso Analítico Jerárquico. AHP (Analytic Hierarchy Process). In *Universidad Politécnica de Valencia*. <https://www.youtube.com/watch?v=gaML3XIHGc>
- Baquero, F., Sierra, R., Ordóñez, L., Tipán, M., Espinosa, L., Rivera, M. B., & Soria, P. (2004). La Vegetación de los Andes del Ecuador. Memoria explicativa de los mapas de vegetación: potencial y remanente a escala 1:250.000 y del modelamiento predictivo con especies indicadoras. *EcoCiencia/CESLA/Corporación EcoPar/MAG SIGAGRO/CDC*, 56 pp.

- <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/43571.pdf>
- Bayer. (2018). *BEEINFormed N° 7*. https://www.bayer.com/sites/default/files/BEEINFormed_No7_-_La_Importancia_de_los_insectos_polinizadores_en_la_agriculturajsliguy.pdf
- Berrío-Barrera, M. F. (2022). *EVALUACIÓN DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS Y SU INCIDENCIA EN EL VALOR DEL SUELO EN LA CUENCA DEL RÍO COELLO, TOLIMA*. [UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS]. <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/30820/BerríoBarreraMariaFernanda2022.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Bordino, J. (2021, March 26). *Cuencas hidrográficas: qué son, tipos e importancia - ¡RESUMEN!* Ecología Verde. <https://www.ecologiaverde.com/cuencas-hidrograficas-que-son-tipos-e-importancia-3334.html>
- Caldas-Calle, A. X. (2019). *Caracterización SIG del uso de la tierra y geomorfología del Macizo del Cajas - Ecuador*. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/33575>
- Calixto-Flores, R., Herrera-Reyes, L., & Hernández-Guzmán, V. D. (2019). *Ecología y medio ambiente* (1ra edici'). Cengage Learning.
- Cárdenas-Álvarez, J. P. (2016). *Aplicabilidad del software InVEST para mapeo de servicios ecosistémicos. Caso cuenca alta del Río Cauca*. <https://doi.org/10.1/JQUERY.MIN.JS>
- Cardinale, B. J., Duffy, J. E., Gonzalez, A., Hooper, D. U., Perrings, C., Venail, P., Narwani, A., MacE, G. M., Tilman, D., Wardle, D. A., Kinzig, A. P., Daily, G. C., Loreau, M., Grace, J. B., Larigauderie, A., Srivastava, D. S., & Naeem, S. (2012). Biodiversity loss and its impact on humanity. *Nature*, 486(7401), 59–67. <https://doi.org/10.1038/NATURE11148>
- Cepeda Pizarro, J., Pola, M., González, C., & Zuleta, C. (2006). *Relaciones de abundancia y diversidad de la entomofauna del humedal Tambo-Puquíos* [Ediciones Universidad de La Serena.]. <http://biblioteca.cehum.org/handle/CEHUM2018/1276>
- Chaullas-León, M. V. (2015). *Análisis de cambios de usos de suelo multitemporal en el Cantón Cuenca* [Universidad del Azuay]. <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/4935/1/11374.pdf>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe, C. (2020). *Daño y pérdida de biodiversidad*. <https://www.cepal.org/es/temas/biodiversidad/perdida-biodiversidad>
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, C. (2022). *Polinización*. Conabio. <https://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/procesose/polinizacion>
- Comunidad Andina, C. (2010). *El agua de los Andes*. <http://www.flickr.com/photos/twiga269>
- Constitución de la República del Ecuador, C. (2008). *Constitución de la República del Ecuador*.

- <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/07/Normativa.pdf>
- Coppiarolo, L., Schnake, V. P., & Zamponi, A. (2022). Conflictos ecológicos distributivos: suelos y ciclos biogeoquímicos. In U. N. de la Plata (Ed.), *Volcán antropogénico: una mirada geográfica sobre procesos geológicos y geomorfológicos*. (pp. 235-257 pp). EDULP. <https://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/libros/pm.5658/pm.5658.pdf>
- Cuenca Rodríguez, M., Vanesa, A., & Lozano, G. (n.d.). *IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS PRIORITARIAS PARA LA CONSERVACIÓN DE LA CALIDAD DEL SERVICIO ECOSISTÉMICO HÁBITAT EN LA CUENCA RÍO FRÍO, CUNDINAMARCA*.
- Curtis, H. (2015). *BIOLOGÍA* (7a edición). Médica Panamericana.
- Di-Bitetti, M. S. (2012). *¿QUÉ ES EL HÁBITAT? ¿Qué es el hábitat? Ambigüedad en el uso de jerga técnica*. <http://es.wikipedia.org/>
- Díaz-Cordero, G. (2012). EL CAMBIO CLIMÁTICO. *Ciencia y Sociedad*, XXXVII(2), 227–240. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=87024179004>
- Dominguez-Dominguez, O., Conzález-Rodríguez, A., García-de-León, F. J., & Fernández, A. de las C. (2019). La Biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2. In *La Biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2: Vol. III* (Primera, pp. 19-29 pp). CANABIO. https://www.researchgate.net/publication/338514195_Diversidad_Genetica
- Dormann, C. ., Schweiger, O., Arens, P., Augenstein, I., Aviron, S., & Bailey, D. (2008). Prediction uncertainty of environmental change effects on temperate European biodiversity. *Ecology Letters*.
- Durán-Almeida, J. P. (2015). Estudios y diseños preliminares de ingeniería aplicada al puente sobre el río Norcay de 25m de luz en la parroquia Molleturo. In *Universidad del Azuay*. Universidad del Azuay.
- Edith, M., & Carvajal, V. (2020). *Vertebrados polinizadores (Las aves)*. Escuela Politécnica Nacional. [https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/21027/1/Vertebrados Polinizadores2a.pdf](https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/21027/1/Vertebrados_Polinizadores2a.pdf)
- Empresa de Telecomunicaciones Agua Potable Alcantarillado y saneamiento de Cuenca, E. E. (2023). *Parque Nacional Cajas - PNC*. ETAPA EP, Empresa de Telecomunicaciones Agua Potable Alcantarillado y Saneamiento de Cuenca. <https://www.etapa.net.ec/informacion/parque-nacional-cajas/biofisico-cultural/limnologia>
- Fernández-Gama, D., Grimaldo-Salazar, M., & Ríos-Motte, H. (2020). *Ecología y medio ambiente: competencias, aprendizaje, vida*. (1 edi). Pearson. <https://www-ebooks7-24-com.vpn.ucacue.edu.ec/?il=10777>
- Forman, R. (2003). Road Ecology: science and solutions. In *Island Press*.

- Galindo-Limas, L. ., & Báez-Ardila, L. . (2019). *Diagnóstico de los servicios ecosistémicos que provee el Parque Nacional Natural Chingaza en la cuenca del Río Negro (Fómeque-Cundinamarca)*. <https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/23140>
- García-Lugo, K. S., & Hernández-Cumplido, J. (2019). *Polinización: Algo más que abejas*. <https://www.sabermas.umich.mx/archivo/articulos/453-numero-52/866-polinizacion-algo-mas-que-abejas.html>
- García-Maldonado, K. V. (2022). *ANÁLISIS DEL CAMBIO DE USO Y COBERTURA DE SUELO EN LA REGIÓN ESTE DEL CANTÓN CUENCA [UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR]*. <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/GARCIA MALDONADO KEVIN VICENTE.pdf>
- García, M. G., Ríos, L. A. O., & del Castillo, J. Á. (2016). La polinización en los sistemas de producción agrícola: revisión sistemática de la literatura. *IDESIA*, 34, 8. <https://scielo.conicyt.cl/pdf/idesia/v34n3/art08.pdf>
- Generación verde. (2016). *Ornitofilia la polinización de las flores por parte de las aves*. Verdegen. <https://generacionverde.com/blog/ambiental/ornitofilia/>
- Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Cuenca, G. (2022). *PDOT PUGS 2022 | GAD Municipal de Cuenca*. <https://www.cuenca.gob.ec/content/pdot-pugs-2022>
- González, D. E., Martin, J. H., Galindo, M. S., & Fernandez, J. (2014). Insectos asociados entre un cultivo de Curuba y un fragmento de bosque alto andino de la Sabana de Bogotá. *INVENTUM*, 9(16), 9–16. <https://doi.org/10.26620/UNIMINUTO.INVENTUM.9.16.2014.9-16>
- GreenBlog. (2021). *¿Qué destruye nuestro hábitat?* ECOLEC. <https://ecolec.es/greenblog/actualidad/destruye-habitat/>
- Hanz, D. M., Böhning-Gaese, K., Ferger, S. W., Fritz, S. A., Neuschulz, E. L., Quitián, M., Santillán, V., Töpfer, T., & Schleuning, M. (2019). Functional and phylogenetic diversity of bird assemblages are filtered by different biotic factors on tropical mountains. *Journal of Biogeography*, 46(2), 291–303. <https://doi.org/10.1111/JBI.13489>
- Instituto de Estudios de Régimen Seccional del Ecuador, I. (2003). *INFORMACIÓN TEMÁTICA DIGITAL DE LA CUENCA DEL RÍO PAUTE*. <https://gis.uazuay.edu.ec/descargas/promsa/paute/home.htm>
- Instituto Geográfico Militar, I. (2013). *Archivos de Información Geográfica*. <https://sni.gob.ec/coberturas>
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, I. (2012). *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua 2012*. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac_2012/InformeEjecutivo.pdf

- Krebs, C. J. (1985). *ECOLOGIA: ESTUDIO DE LA DISTRIBUCION Y LA ABUNDANCIA (2ª ED.)* (2 ed). Editor Harla. <https://www.casadellibro.com/libro-ecologia-estudio-de-la-distribucion-y-la-abundancia-2-ed/9789686034530/771994>
- Larsen, T. H., Escobar, F., & Armbrrecht, I. (2012). Insectos de los Andes Tropicales: Patrones de Diversidad, Procesos y Cambio Global. In S. k. Herzog, R. Martínez, P. M. Jorgensen, & H. Tiessen (Eds.), *Cambio Climático y Biodiversidad en los Andes Tropicales* (Instituto, pp. 265–286). <https://ucipfg.com/Repositorio/MGAP/MGAP-03/CCBA.pdf#page=286>
- Lázaro, A., & Tur, C. (2018). Los cambios de uso del suelo como responsables del declive de polinizadores. *Ecosistemas*, 27(2), 23–33. <https://doi.org/10.7818/ECOS.1378>
- López-Martínez, V. M. (2019). Diseño de polinizador mediante vibración forzada en invernaderos tipo túnel. *Universidad Politécnica de Atacomulco*, 3, 7. <https://doi.org/10.35429/JTEN.2019.12.3.1.7>
- Loyola-Guillermo, N. A., & Pezo-Yaguana, K. V. (2018). *Diversidad de insectos polinizadores y su respuesta a recursos florales, temperatura, humedad, precipitación y viento en un matorral andino del Ecuador* [Universidad del Azuay]. <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/8195/1/13917.pdf>
- Manrique, L. (2022). *Red de polinización para los Páramos Andinos: Un caso de estudio en el páramo de Matarredonda*. [Universidad de los Andes]. [https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/64477/Proyecto Red de Polinizaci3n para los Pa3ramos Andinos.pdf?sequence=5&isAllowed=y](https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/64477/Proyecto%20Red%20de%20Polinizaci%F3n%20para%20los%20Pa%F3ramos%20Andinos.pdf?sequence=5&isAllowed=y)
- Melic, A. (1993). Biodiversidad y riqueza biológica. Paradojas y problemas. *ZAPATERI*. http://sea-entomologia.org/PDF/ZAPATERI_3/Z03-015-097.pdf
- Mihelcic, J. R., & Aimmerman, J. B. (2012). *INGENIERÍA AMBIENTAL: FUNDAMENTOS, SUSTENTABILIDAD, DISEÑO* (1a Edición). Alfaomega.
- Millennium Ecosystem Assessment, M. (2005). Ecosystems and human well-being. In *Island Press*. www.islandpress.org
- Minga-Ochoa, D. A., & Gómez-Sangurima, R. M. (2016). *Riqueza y composición florística del ecotono altoandino en las micro-cuencas Angas y Machángara, Macizo del Cajas- Ecuador* [Universidad del Azuay]. <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/5724>
- Ministerio de Agricultura y Ganadería, M. (2020). *Mapa de Cobertura y uso de la tierra y Sistemas productivos agropecuarios del Ecuador continental*. <http://geoportal.agricultura.gob.ec/geonetwork/srv/spa/catalog.search#/metadata/4f7e118f-0439-42bf-ab62-f0e7c842a379>
- Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, M. (2022). *Bosques y Vegetación Protectora*.

<http://ide.ambiente.gob.ec:8080/mapainteractivo/>

Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, M. (2023). *Sistema Nacional de Áreas Protegidas*. <http://ide.ambiente.gob.ec:8080/mapainteractivo/>

Ministerio del Ambiente Agua y Transición Ecológica, M. (2023). *El Macizo del Cajas es la quinta Reserva de Biósfera del Ecuador – Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica*. Gobierno Del Ecuador. <https://www.ambiente.gob.ec/el-macizo-del-cajas-es-la-quinta-reserva-de-biosfera-del-ecuador/>

Ministerio del Ambiente del Ecuador, M. (2012a). *Sistema de clasificación de los ecosistemas del Ecuador continental*. https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/LEYENDA-ECOSISTEMAS_ECUADOR_2.pdf

Ministerio del Ambiente del Ecuador, M. (2012b). *Sistema de clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental*. https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/LEYENDA-ECOSISTEMAS_ECUADOR_2.pdf

Ministerio del Ambiente del Ecuador, M. (2017). *CONECTIVIDAD DE LOS ECOSISTEMAS DE ECUADOR CONTINENTAL*. http://snmb.ambiente.gob.ec/snmb/files/ConectividadEcosistemas_Oct2017.pdf

Ministerio del Ambiente del Ecuador, M. (2018). *ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DEL PARQUE NACIONAL CAJAS*. <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/03/ACUERDO-001-ANEXO-PAQUE-NACIONAL-CAJAS.pdf>

Ministerio del Ambiente del Ecuador, M., Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, U., & Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit, G. (2018). *Programa de Desarrollo de Capacidades sobre Adaptación basada en Ecosistemas Manabí sAbE para líderes comunitarios. Módulo 1. Documento de lectura. Programa Regional “Estrategias de Adaptación al cambio climático basadas en Ecosistemas en Colombia y Ecuad. MAE, UICN Y GIZ*. <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/57848.pdf>

Ministerio del Ambiente, M. (2008). *Acuerdo N 131*. <http://ecuadorforestal.org/wp-content/uploads/2010/05/Programa-Nacional-de-Incentivos-a-la-Conservación-y-uso-sostenible-del-Patrimonio-Natural-Socio-Bosque.pdf>

Ministerio del Ambiente, M. (2013). *PROYECTO SOCIO BOSQUE*. <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/07/SOCIO-BOSQUE.pdf>

Ministerio del Poder Popular para el Turismo, M. (2013, June 4). *Macizo del Cajas, quinta reserva de la biósfera – Ministerio de Turismo*. Gobierno Del Ecuador. <https://www.turismo.gob.ec/macizo-del-cajas-quinta-reserva-de-la-biosfera/>

- Montenegro-Gómez, S. P., & Julialba, A. O. (2019). *SERVICIOS ECOSISTÉMICOS: UN ENFOQUE INTRODUCTORIO CON EXPERIENCIAS DEL OCCIDENTE COLOMBIANO* (U. N. A. y a D. UNAD (ed.); Sello Edit). Grupo de investigación CIAB – COBIDES – INYUMACIZO – GICAFAT – GIGASS - GIS. Escuela de Ciencias Agrí-colas, Pecuarias y de Medio Ambiente - ECAPMA). <https://libros.unad.edu.co/index.php/selloeditorial/catalog/view/122/118/750>
- Mouillot, D., Graham, N. A. J., Villéger, S., Mason, N. W. H., & Bellwood, D. R. (2013). A functional approach reveals community responses to disturbances. *Trends in Ecology & Evolution*, 28(3), 167–177. <https://doi.org/10.1016/J.TREE.2012.10.004>
- Movimiento Mundial por los Bosques Tropicales, W. (2012). *¿Cómo surge la idea de los servicios ambientales?* | *Movimiento Mundial por los Bosques Tropicales*. <https://www.wrm.org.uy/es/articulos-del-boletin/como-surge-la-idea-de-los-servicios-ambientales>
- Museo Nacional de Historia Natural, M. (2015). *Sobre insectos polinizadores* |. MNHN. <https://www.mnhn.gob.cl/noticias/sobre-insectos-polinizadores>
- Naranjo, A., Recalde, A. V., & Bravo, E. (2019). *De la A a la Z Abejas y polinización en Ecuador y el mundo* (A. V. Recalde (ed.); Primera). acción ecológica. <https://www.accioneologica.org/wp-content/uploads/Polinizadores-de-la-A-la-Z-copia.pdf>
- Obeso, J. R., & Herrera, J. M. (2017). *Polinizadores y cambio climático*.
- Observatorio de Agentes Polinizadores, A. (2023). *POLINIZACIÓN Y BIODIVERSIDAD: ESTADO ACTUAL DE CONOCIMIENTO*. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. <https://apolo.entomologica.es/index.php?d=polbiodiv>
- Ochoa-Cardona, V. (2015). *Herramientas para el análisis y modelado de servicios ecosistémicos tendencias espacio-temporales y desafíos futuros* [Pontificia Universidad Javeriana]. <https://doi.org/10.11144/JAVERIANA.10554.17165>
- Ordóñez-Gálvez, J. J. (2011). *¿QUÉ ES CUENCA HIDROLÓGICA?* (Z. I. Novoa Goicochea (ed.); Primera). Sociedad Geográfica de Lima.
- Ordoñez, C., Ramos, S., Medina Fernández, L., M G, J., & Núñez Hernández, M. (2017). *MODELO DE CALIDAD DE HÁBITAT Y CORREDORES PARA LA EVALUACIÓN Y MAPEO DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS EN EL COMPLEJO SIERRA MADRE DE CHIAPAS P R E S E N T A N UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO FACULTAD DE INGENIERÍA*.
- Organización de las Naciones Unidas, O. (2010). Convenio sobre la Diversidad Biológica. ONU. www.unccd.int
- Organización de las Naciones Unidas, O. (2023a). *¿Qué es el cambio climático?* Naciones Unidas.

<https://www.un.org/es/climatechange/what-is-climate-change>

Organización de las Naciones Unidas, O. (2023b). *Servicios ecosistémicos y biodiversidad | Evaluación y valoración*. <https://www.fao.org/ecosystem-services-biodiversity/valuation/es/>

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación, F. (2001). *Los organismos modificados genéticamente, los consumidores, la inocuidad de los alimentos y el medio ambiente* (D. de información de la FAO (ed.); 2nd ed.). FAO. <https://www.fao.org/3/X9602s/x9602s07.htm>

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación, F. (2018). *Servicios ecosistémicos y biodiversidad*. <https://www.fao.org/ecosystem-services-biodiversity/es/>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, F. (2014). *PRINCIPIOS Y AVANCES SOBRE POLINIZACIÓN COMO SERVICIO AMBIENTAL PARA LA AGRICULTURA SOSTENIBLE EN PAÍSES DE LATINOAMÉRICA Y EL CARIBE*. www.fao.org/publications

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, F. (2022, May 20). *FAO busca proteger a insectos polinizadores en América Latina y el Caribe*. <https://www.fao.org/mexico/noticias/detail-events/es/c/1513468/>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, F. (2023a). *Servicios de apoyo | Servicios ecosistémicos y biodiversidad*. <https://www.fao.org/ecosystem-services-biodiversity/background/supportingservices/es/>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, F. (2023b). *Servicios de regulación | Servicios ecosistémicos y biodiversidad*. <https://www.fao.org/ecosystem-services-biodiversity/background/regulating-services/es/>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, F. (2023c). *Servicios ecosistémicos y biodiversidad | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. <https://www.fao.org/ecosystem-services-biodiversity/es/>

Pérez-Valcárcel, J. (2013). e-insecta Caderno entomológico. *Archivos Entomológicos Galegos, AEGA*, 1. https://www.researchgate.net/profile/Fernando-Prieto-Pilona/publication/267981000_e-insecta_vol1_2013/links/545e5cf80cf2c1a63bfc1d96/e-insecta-vol1-2013.pdf#page=10

Pesántez-Quezada, J. D., & Martínez-Jerves, A. (2015). Propuesta de modelo de gestión de la subcuenca del río Tomebamba, como herramienta de manejo integrado y conservación. *Universidad Del Azuay*. <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/4576>

Pinos, N. (2016). *Prospectiva del uso de suelo y cobertura vegetal en el ordenamiento territorial - Caso cantón Cuenca* [Universidad de Cuenca]. <https://doi.org/10.18537/est.v005.n009.02>

- Requena-Lara, G. N., Morales-Pacheco, J. F., Cámara-Artigas, R., & Zamora-Tovar, C. (2020). Levels of conservation and habitat degradation in the ecosystems of a high biodiversity basin in northeastern Mexico. *Boletín de La Asociación de Geógrafos Españoles*, 84(2768), 1–36. <https://doi.org/10.21138/bage.2768>
- Ríos-Galárraga, K. S. (2019). *EVALUACIÓN DEL SERVICIO ECOSISTÉMICO DE CALIDAD DEL HABITAT PRESENTE EN LA CUENCA ALTA Y MEDIA DEL RÍO COCA MEDIANTE EL USO DEL PAQUETE COMPUTACIONAL InVEST 3.3*. [Escuela Politécnica Nacional]. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/19990>
- Ríos Cruz, A. I. (2021). *Riqueza taxonómica y diversidad funcional de insectos holometábolos en ecosistemas andinos y altoandinos de Colombia con diferentes niveles de intervención* [Universidad de los Andes]. <https://repositorio.uniandes.edu.co/handle/1992/55527>
- Roig, S., & Claps, L. (2014). *Biodiversidad de artropodos argentinos* (Volumen II). Sociedad Entomologica Argentina.
- Saaty, T. L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation*. McGraw-Hill. https://books.google.com.ec/books/about/The_Analytic_Hierarchy_Process.html?id=Xxi7AAAAlAAJ&redir_esc=y
- Sánchez, A. A. (2019). *Destrucción del Medio Ambiente y el Hábitat: Causas y Consecuencias*. Ecología Verde. <https://www.ecologiaverde.com/destruccion-del-medio-ambiente-y-el-habitat-causas-y-consecuencias-1965.html>
- Sandoz-Maglianesi, A. M. (2016). Efectos del cambio climático sobre la polinización y la producción agrícola en América tropical. *Ingeniería*, 26(1), 11–20. <https://doi.org/10.15517/JTE.V26I1.25272>
- Santos, T., & Tellería, J. L. (2006). Pérdida y fragmentación del hábitat: efecto sobre la conservación de las especies. *Ecosistemas*, 15(2). <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/180>
- Science and Policy for People and Nature, I. (2016). El informe de evaluación de la Plataforma Intergubernamental de Ciencia y Política sobre Biodiversidad y Servicios de los Ecosistemas sobre polinizadores, polinización y producción de alimentos. In S. Potts, V. Imperatriz-Fonseca, & H. Ngo (Eds.), *IPBES*. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.3402857>
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, S. (2013). *Cuencas hidrográficas. Fundamentos y perspectivas para su manejo y gestión* (H. C. Ávalos, A. G. Alcántar, I. D. González Mora, R. F. Pineda López, & E. Ríos Patrón (eds.); Primera). SEMARNAT, SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES. <https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/Libros2013/CD001596.pdf>

- Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, S. (2014). *Plan Nacional de Desarrollo/Plan Nacional para el Buen Vivir 2013-2017* (Segunda ed). <http://faolex.fao.org/docs/pdf/ecu139396.pdf>
- Secretaria Técnica del Comité Nacional de Límites Internos, C. (2020). *Geoportal de Catastro Minero Límites territoriales internos, CONALI 2020*. <https://arcmineria.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=27bfda03ce4342b3834a27010da857e5>
- Senior-Caycedo, C. (2019). *RELACIÓN ENTRE RIQUEZA DE ESPECIES Y LA DIVERSIDAD FUNCIONAL EN ENSAMBLAJES DE ANUROS*.
- Smith, T. M., & Smith, R. L. (2007). *Ecología* (6 ed). PEARSON EDUCACIÓN. <http://www.untumbes.edu.pe/vcs/biblioteca/document/varioslibros/0707>. Ecología.pdf
- Sosenski, P., Domínguez, C. A., Sosenski, P., & Domínguez, C. A. (2018). El valor de la polinización y los riesgos que enfrenta como servicio ecosistémico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 89(3), 961–970. <https://doi.org/10.22201/IB.20078706E.2018.3.2168>
- Squeo, F. A., Cepeda-P, J., Olivares, N. C., & K-Arroyo, M. T. (2006). INTERACCIONES ECOLÓGICAS EN LA ALTA MONTAÑA DEL VALLE DEL ELQUI. In J. CEPEDA P. (Ed.), *GEOECOLOGÍA de los ANDES desérticos. La Alta Montaña del Valle del Elqui: Vol. 2.1* (Universida, pp. 69–103). www.ceaza.cl
- Stanford, U. de, Minnesota, U. de, Ciencias, A. C. de, Conservancy, T. N., Naturaleza, F. M. para la, & Ciencias, C. de R. de E. y la R. A. S. de. (2023). *INVEST 3.13.0. Proyecto de Capital Natural*. <https://naturalcapitalproject.stanford.edu/software/invest>
- Tansley, A. G. (1935). Ecology. *Progress in Physical Geography*, 16, 284–307. <https://doi.org/10.1177/0309133307083297>
- The Economics of Ecosystems & Biodiversity, T. (2010). *Fundamentos económicos y ecológicos de la economía de los ecosistemas y la biodiversidad* (Pushpam Ku). <https://teebweb.org/publications/teeb-for/research-and-academia/>
- The Economics of Ecosystems & Biodiversity, T. (2014). *“Nature in the Balance: The Economics of Biodiversity.”* TEEB. www.teebweb.org
- Traveset, A. (2015). Impacto de las especies exóticas sobre las comunidades mediado por interacciones mutualistas. *Ecosistemas*, 24(1), 67–75. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2015.24-1.11>
- Vásconez, M., Mancheno, A., Álvarez, C., Prehn, C., Cevallos, C., & Ortiz, L. (2019). Cuencas Hidrográficas. In *UPS, Universidad Politécnica Salesiana* (Primera). Abya-Yala. [https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/19038/1/Cuencas hidrográficas.pdf](https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/19038/1/Cuencas%20hidrogr%C3%A1ficas.pdf)

- Vásquez-Espinoza, C. B., & Padrón-Martínez, P. S. (2019). *Diversidad de recursos florales como predictores de la diversidad de insectos polinizadores en un ecosistema Altoandino en el sur del Ecuador* [Universidad del Azuay]. <https://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/9347>
- Vergara, G., & Qüense, J. (2015). *RELACIONES ESPACIALES DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS EN EL VALLE DEL ALTO CACHAPOAL MEDIANTE MODELOS InVEST*. https://www.researchgate.net/profile/Gonzalo-Vergara-6/publication/310481094_Relaciones_espaciales_de_servicios_ecosistemicos_en_el_Valle_d_el_Alto_Cachapoal_mediante_modelos_InVEST/links/582f793408ae138f1c0357f8/Relaciones-espaciales-de-servicios-ecosiste
- Villalta-Ojeda, D. R., & Yumbay-Taris, P. A. (2020). *Determinación de la influencia del cambio de uso de suelo en la calidad ambiental de las zonas alta, media y baja en las microcuencas de los ríos Guallicanga y San Antonio del cantón Cañar y El Tambo, 1990 - 2018* [Universidad Politécnica Salesiana]. file:///C:/Users/LENOVO/Downloads/UPS-CT008727.pdf
- Williams, P. H., & Osborne, J. . (2009). Bumblebee vulnerability and conservation world-wide. *Apidologie*.
- Yepes-Piqueras, V. (2018). *Proceso Analítico Jerárquico (Analytic Hierarchy Process, AHP) – El blog de Víctor Yepes*. <https://victoryepes.blogs.upv.es/2018/11/27/proceso-analitico-jerarquico-ahp/>
- Zumbado-Arrieta, M., & Azofeifa-Jiménez, D. (2018). *INSECTOS de importancia agrícola. Guía Básica de Entomología*. (P. N. de A. O. PNAO (ed.); Primera). PNAO, Programa Nacional de Agricultura Orgánica. <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/H10-10951.pdf>

ANEXOS

Anexo 1: Datos establecidos en la Matriz AHP.

	Pérdida de la cobertura vegetal	Pérdida de servicios ecosistémicos	Contaminación del suelo	Pérdida de biodiversidad	
Pérdida de la cobertura vegetal	1/1	1/9	5/1	1/7	
Pérdida de servicios ecosistémicos	9/1	1/1	1/5	9/1	
Contaminación del suelo	1/5	5/1	1/1	7/1	
Pérdida de biodiversidad	7/1	1/9	1/7	1/1	
TOTAL	17.20	6.22	6.34	17.14	
	Pérdida de la cobertura vegetal	Barreras antrópicas	Contaminación ambiental	Afectación de la biodiversidad	Peso
Pérdida de la cobertura vegetal	5/86	1/56	175/222	1/120	0.22
Barreras antrópicas	45/86	9/56	7/222	21/40	0.31
Contaminación ambiental	1/86	45/56	35/222	49/120	0.35
Afectación de la biodiversidad	35/86	1/56	5/222	7/120	0.13

Pérdida de la cobertura vegetal	Pastizal	Poblados	Concesiones mineras	Vías terciarias	Erial	Mosaico agropecuario
Pastizal	1/1	7/1	1/7	5/1	1/7	3/1
Poblados	1/7	1/1	1/7	1/5	1/9	1/5
Concesiones mineras	7/1	7/1	1/1	9/1	5/1	9/1
Vías terciarias	1/5	5/1	1/9	1/1	1/7	5/1
Erial	7/1	9/1	1/5	7/1	1/1	7/1
Mosaico agropecuario	1/3	5/1	1/9	1/5	1/7	1/1
TOTAL	15.68	34.00	1.71	22.40	6.54	25.20
Pérdida de servicios ecosistémicos	Pastizal	Poblados	Concesiones mineras	Vías terciarias	Erial	Mosaico agropecuario
Pastizal	1/1	5/1	1/7	7/1	1/7	5/1
Poblados	1/5	1/1	1/9	1/3	1/9	1/3
Concesiones mineras	7/1	9/1	1/1	7/1	3/1	9/1
Vías terciarias	1/7	3/1	1/7	1/1	1/5	5/1
Erial	7/1	9/1	1/3	5/1	1/1	9/1
Mosaico agropecuario	1/5	3/1	1/9	1/5	1/9	1/1
TOTAL	15.54	30.00	1.84	20.53	4.57	29.33
Contaminación del suelo	Pastizal	Poblados	Concesiones mineras	Vías terciarias	Erial	Mosaico agropecuario
Pastizal	1/1	9/1	1/7	9/1	7/1	5/1
Poblados	1/9	1/1	1/9	1/1	1/1	1/3
Concesiones mineras	7/1	9/1	1/1	9/1	9/1	7/1
Vías terciarias	1/9	1/1	1/9	1/1	1/1	1/3
Erial	1/7	1/1	1/9	1/1	1/1	1/3
Mosaico agropecuario	1/5	3/1	1/7	3/1	3/1	1/1
TOTAL	8.57	24.00	1.62	24.00	22.00	14.00
Pérdida de biodiversidad	Pastizal	Poblados	Concesiones mineras	Vías terciarias	Erial	Mosaico agropecuario
Pastizal	1/1	7/1	3/1	5/1	1/5	5/1
Poblados	1/7	1/1	1/7	1/3	1/9	1/3
Concesiones mineras	1/3	7/1	1/1	9/1	1/3	7/1
Vías terciarias	1/5	3/1	1/9	1/1	1/3	1/3
Erial	5/1	9/1	3/1	3/1	1/1	7/1
Mosaico agropecuario	1/5	3/1	1/7	3/1	1/7	1/1
TOTAL	6.88	30.00	7.40	21.33	2.12	20.67

Pérdida de la cobertura vegetal nativa	Pastizal	Poblados	Concesiones mineras	Vías terciarias	Erial	Mosaico agropecuario	Peso
Pastizal	105/1646	7/34	45/538	25/112	9/412	5/42	0.12
Poblados	15/1646	1/34	45/538	1/112	7/412	1/126	0.03
Concesiones mineras	735/1646	7/34	315/538	45/112	315/412	5/14	0.46
Vías terciarias	21/1646	5/34	35/538	5/112	9/412	25/126	0.08
Erial	735/1646	9/34	63/538	5/16	63/412	5/18	0.26
Mosaico agropecuario	35/1646	5/34	35/538	1/112	9/412	5/126	0.05
Pérdida de servicios ecosistémicos	Pastizal	Poblados	Concesiones mineras	Vías terciarias	Erial	Mosaico agropecuario	Peso
Pastizal	35/544	1/6	9/116	15/44	45/1438	15/88	0.14
Poblados	7/544	1/30	7/116	5/308	35/1438	1/88	0.03
Concesiones mineras	245/544	3/10	63/116	15/44	945/1438	27/88	0.43
Vías terciarias	5/544	1/10	9/116	15/308	63/1438	15/88	0.07
Erial	245/544	3/10	21/116	75/308	315/1438	27/88	0.28
Mosaico agropecuario	7/544	1/10	7/116	3/308	35/1438	3/88	0.04
Contaminación del suelo	Pastizal	Poblados	Concesiones mineras	Vías terciarias	Erial	Mosaico agropecuario	Peso
Pastizal	315/2698	3/8	3/34	3/8	7/22	5/14	0.27
Poblados	35/2698	1/24	7/102	1/24	1/22	1/42	0.04
Concesiones mineras	2205/2698	3/8	21/34	3/8	9/22	1/2	0.52
Vías terciarias	35/2698	1/24	7/102	1/24	1/22	1/42	0.04
Erial	45/2698	1/24	7/102	1/24	1/22	1/42	0.04
Mosaico agropecuario	63/2698	1/8	3/34	1/8	3/22	1/14	0.09
Pérdida de biodiversidad	Pastizal	Poblados	Concesiones mineras	Vías terciarias	Erial	Mosaico agropecuario	Peso
Pastizal	105/722	7/30	189/466	15/64	63/668	15/62	0.23
Poblados	15/722	1/30	9/466	1/64	35/668	1/62	0.03
Concesiones mineras	35/722	7/30	63/466	27/64	105/668	21/62	0.22
Vías terciarias	21/722	1/10	7/466	3/64	105/668	1/62	0.06
Erial	525/722	3/10	189/466	9/64	315/668	21/62	0.40
Mosaico agropecuario	21/722	1/10	9/466	9/64	45/668	3/62	0.07
Microcuenca Angas	Pérdida de la cobertura vegetal nativa	Pérdida de servicios ecosistémicos	Contaminación del suelo	Pérdida de biodiversidad	Peso AHP		
Pastizal	0.03	0.04	0.09	0.03	0.19		
Poblados	0.01	0.01	0.01	0.00	0.03		
Concesiones mineras	0.10	0.13	0.18	0.03	0.44		
Vías terciarias	0.02	0.02	0.01	0.01	0.06		
Erial	0.06	0.09	0.01	0.05	0.21		
Mosaico agropecuario	0.01	0.01	0.03	0.01	0.06		

	CSP30		
Peso AHP	Riqueza/Polinizadores	Interacciones/Polinizador-Planta	Peso final total
0.19	0.69	0.79	0.56
0.03	0.69	0.79	0.50
0.44	0.69	0.79	0.64
0.06	0.69	0.79	0.51
0.21	0.69	0.79	0.56
0.06	0.69	0.79	0.51
	CSP35		
Peso AHP	Riqueza/Polinizadores	Interacciones/Polinizador-Planta	Peso final total
0.19	0.56	0.44	0.40
0.03	0.56	0.44	0.34
0.44	0.56	0.44	0.48
0.06	0.56	0.44	0.35
0.21	0.56	0.44	0.40
0.06	0.56	0.44	0.35
	CSP40		
Peso AHP	Riqueza/Polinizadores	Interacciones/Polinizador-Planta	Peso final total
0.19	0.74	0.77	0.57
0.03	0.74	0.77	0.51
0.44	0.74	0.77	0.65
0.06	0.74	0.77	0.52
0.21	0.74	0.77	0.57
0.06	0.74	0.77	0.52

Pérdida de la cobertura vegetal	Pastizal	Poblados	Concesiones mineras	Vías secundarias	Vías terciarias	Erial	Mosaico agropecuario	Área poblada	Plantación forestal
Pastizal	1/1	7/1	1/3	3/1	5/1	1/5	7/1	5/1	3/1
Poblados	1/7	1/1	1/7	1/3	1/1	1/9	1/1	1/3	1/5
Concesiones mineras	3/1	7/1	1/1	9/1	9/1	1/1	9/1	7/1	7/1
Vías secundarias	1/3	3/1	1/9	1/1	3/1	1/7	5/1	1/5	1/5
Vías terciarias	1/5	1/1	1/9	1/3	1/1	1/9	3/1	1/3	1/7
Erial	5/1	9/1	1/1	7/1	9/1	1/1	9/1	9/1	9/1
Mosaico agropecuario	1/7	1/1	1/9	1/5	1/3	1/9	1/1	5/1	3/1
Área poblada	1/5	3/1	1/7	5/1	3/1	1/9	1/5	1/1	1/5
Plantación forestal	1/3	5/1	1/7	5/1	7/1	1/9	1/3	5/1	1/1
TOTAL	10.35	37.00	3.10	30.87	38.33	2.90	35.53	32.87	23.74
Pérdida de servicios ecosistémicos	Pastizal	Poblados	Concesiones mineras	Vías secundarias	Vías terciarias	Erial	Mosaico agropecuario	Área poblada	Plantación forestal
Pastizal	1/1	1/1	1/5	5/1	7/1	1/9	5/1	3/1	5/1
Poblados	1/1	1/1	1/9	1/5	1/3	1/9	1/1	1/3	1/5
Concesiones mineras	5/1	9/1	1/1	7/1	9/1	1/1	9/1	7/1	7/1
Vías secundarias	1/5	5/1	1/7	1/1	3/1	1/9	5/1	3/1	1/1
Vías terciarias	1/7	3/1	1/9	1/3	1/1	1/9	3/1	1/3	1/7
Erial	9/1	9/1	1/1	9/1	9/1	1/1	9/1	9/1	7/1
Mosaico agropecuario	1/5	1/1	1/9	1/5	1/3	1/9	1/1	1/3	1/3
Área poblada	1/3	3/1	1/7	1/3	3/1	1/9	3/1	1/1	1/3
Plantación forestal	1/5	5/1	1/7	1/1	7/1	1/7	3/1	3/1	1/1
TOTAL	17.08	37.00	2.96	24.07	39.67	2.81	39.00	27.00	22.01
Contaminación del suelo	Pastizal	Poblados	Concesiones mineras	Vías secundarias	Vías terciarias	Erial	Mosaico agropecuario	Área poblada	Plantación forestal
Pastizal	1/1	9/1	1/7	7/1	9/1	7/1	5/1	9/1	5/1
Poblados	1/9	1/1	1/9	1/3	1/1	1/1	1/3	1/9	1/3
Concesiones mineras	7/1	9/1	1/1	7/1	9/1	9/1	7/1	9/1	7/1
Vías secundarias	1/7	3/1	1/7	1/1	1/1	1/1	1/3	1/1	1/3
Vías terciarias	1/9	1/1	1/9	1/3	1/1	1/1	1/3	1/1	1/3
Erial	1/7	1/1	1/9	1/1	3/1	1/1	1/1	1/1	1/3
Mosaico agropecuario	1/5	3/1	1/7	3/1	3/1	1/1	1/1	3/1	1/1
Área poblada	1/9	9/1	1/9	1/1	1/1	1/1	1/3	1/1	1/3
Plantación forestal	1/5	3/1	1/7	3/1	3/1	3/1	1/1	3/1	1/1
TOTAL	9.02	39.00	2.02	23.67	31.00	25.00	16.33	28.11	15.67
Pérdida de biodiversidad	Pastizal	Poblados	Concesiones mineras	Vías secundarias	Vías terciarias	Erial	Mosaico agropecuario	Área poblada	Plantación forestal
Pastizal	1/1	7/1	3/1	1/5	1/3	1/9	3/1	1/3	3/1
Poblados	1/7	1/1	1/7	1/5	1/3	1/9	1/7	1/3	5/1
Concesiones mineras	1/3	7/1	1/1	7/1	9/1	5/1	9/1	7/1	7/1
Vías secundarias	5/1	5/1	1/7	1/1	1/1	1/7	7/1	3/1	5/1
Vías terciarias	3/1	3/1	1/9	1/1	1/1	1/1	3/1	1/3	3/1
Erial	9/1	9/1	1/5	7/1	1/7	1/1	1/1	3/1	5/1
Mosaico agropecuario	1/3	7/1	1/9	1/7	1/3	1/1	1/1	1/5	1/5
Área poblada	3/1	3/1	1/7	1/3	3/1	1/3	5/1	1/1	7/1
Plantación forestal	1/3	1/5	1/7	1/5	1/3	1/5	5/1	1/7	1/1
TOTAL	22.14	42.20	4.99	17.08	15.48	8.90	34.14	15.34	36.20

Pérdida de la cobertura vegetal nativa	Pastizal	Poblados	Concesiones mineras	Vías secundarias	Vías terciarias	Erial	Mosaico agropecuario	Área poblada	Plantación forestal	Peso
Pastizal	105/1087	7/37	7/65	45/463	3/23	63/913	105/533	75/493	35/277	0.13
Poblados	105/1087	105/1087	15/1087	5/463	3/115	35/913	15/533	5/493	7/831	0.03
Concesiones mineras	315/1087	735/1087	105/1087	135/463	27/115	315/913	135/533	105/493	245/831	0.30
Vías secundarias	315/1087	315/1087	35/3261	15/463	9/115	45/913	75/533	3/493	7/831	0.07
Vías terciarias	21/1087	105/1087	35/3261	5/463	3/115	35/913	45/533	5/493	5/831	0.03
Erial	525/1087	945/1087	105/1087	105/463	27/115	315/913	135/533	135/493	105/277	0.35
Mosaico agropecuario	15/1087	105/1087	35/3261	3/463	1/115	35/913	15/533	75/493	35/277	0.05
Área poblada	21/1087	315/1087	15/1087	75/463	9/115	35/913	3/533	15/493	7/831	0.07
Plantación forestal	35/1087	525/1087	15/1087	75/463	21/115	35/913	5/533	75/493	35/831	0.12

Pérdida de servicios ecosistémicos	Pastizal	Poblados	Concesiones mineras	Vías secundarias	Vías terciarias	Erial	Mosaico agropecuario	Área poblada	Plantación forestal	Peso
Pastizal	105/1793	1/37	21/311	75/361	3/17	7/177	5/39	1/9	525/2311	0.12
Poblados	105/1793	1/37	35/933	3/361	1/119	7/177	1/39	1/81	21/2311	0.03
Concesiones mineras	525/1793	9/37	105/311	105/361	27/119	21/59	3/13	7/27	735/2311	0.28
Vías secundarias	21/1793	5/37	15/311	15/361	9/119	7/177	5/39	1/9	105/2311	0.07
Vías terciarias	15/1793	3/37	35/933	5/361	3/119	7/177	1/13	1/81	15/2311	0.03
Erial	945/1793	9/37	105/311	135/361	27/119	21/59	3/13	1/3	735/2311	0.33
Mosaico agropecuario	21/1793	1/37	35/933	3/361	1/119	7/177	1/39	1/81	35/2311	0.02
Área poblada	35/1793	3/37	15/311	5/361	9/119	7/177	1/13	1/27	35/2311	0.05
Plantación forestal	21/1793	5/37	15/311	15/361	3/17	3/59	1/13	1/9	105/2311	0.08

Contaminación del suelo	Pastizal	Poblados	Concesiones mineras	Vías secundarias	Vías terciarias	Erial	Mosaico agropecuario	Área poblada	Plantación forestal	Peso
Pastizal	105/947	3/13	9/127	21/71	9/31	7/25	15/49	81/253	15/47	0.25
Poblados	35/2841	1/39	7/127	1/71	1/31	1/25	1/49	1/253	1/47	0.03
Concesiones mineras	735/947	3/13	63/127	21/71	9/31	9/25	3/7	81/253	21/47	0.40
Vías secundarias	15/947	1/13	9/127	3/71	1/31	1/25	1/49	9/253	1/47	0.04
Vías terciarias	35/2841	1/39	7/127	1/71	1/31	1/25	1/49	9/253	1/47	0.03
Erial	15/947	1/39	7/127	3/71	3/31	1/25	3/49	9/253	1/47	0.04
Mosaico agropecuario	21/947	1/13	9/127	9/71	3/31	1/25	3/49	27/253	3/47	0.07
Área poblada	35/2841	3/13	7/127	3/71	1/31	1/25	1/49	9/253	1/47	0.05
Plantación forestal	21/947	1/13	9/127	9/71	3/31	3/25	3/49	27/253	3/47	0.08

Pérdida de biodiversidad	Pastizal	Poblados	Concesiones mineras	Vías secundarias	Vías terciarias	Erial	Mosaico agropecuario	Área poblada	Plantación forestal	Peso
Pastizal	7/155	35/211	945/1573	21/1793	7/325	35/2803	21/239	35/1611	15/181	0.12
Poblados	1/155	5/211	45/1573	21/1793	7/325	35/2803	1/239	35/1611	25/181	0.03
Concesiones mineras	7/465	35/211	315/1573	735/1793	189/325	1575/2803	63/239	245/537	35/181	0.32
Vías secundarias	7/31	25/211	45/1573	105/1793	21/325	45/2803	49/239	35/179	25/181	0.12
Vías terciarias	21/155	15/211	35/1573	105/1793	21/325	315/2803	21/239	35/1611	15/181	0.07
Erial	63/155	45/211	63/1573	735/1793	3/325	315/2803	7/239	35/179	25/181	0.17
Mosaico agropecuario	7/465	35/211	35/1573	15/1793	7/325	315/2803	7/239	7/537	1/181	0.04
Área poblada	21/155	15/211	45/1573	35/1793	63/325	105/2803	35/239	35/537	35/181	0.10
Plantación forestal	7/465	1/211	45/1573	21/1793	7/325	63/2803	35/239	5/537	5/181	0.03

Microcuenca Norcay	Pérdida de la cobertura vegetal nativa	Pérdida de servicios ecosistémicos	Contaminación del suelo	Pérdida de biodiversidad	Peso AHP
Pastizal	0.03	0.035953103	0.085328348	0.014749325	0.16
Poblados	0.005965908	0.007802645	0.008634689	0.003771949	0.03
Concesiones mineras	0.07	0.088055575	0.139830276	0.040002244	0.33
Vías secundarias	0.02	0.021934808	0.013635348	0.014760543	0.07
Vías terciarias	0.01	0.010383285	0.009847856	0.009226662	0.04
Erial	0.08	0.101543478	0.015104872	0.021832473	0.22
Mosaico agropecuario	0.01	0.006397058	0.025524125	0.005524855	0.05
Área poblada	0.02	0.014023413	0.01879863	0.012515802	0.06
Plantación forestal	0.03	0.024031867	0.028593437	0.004038582	0.08

	CMP30		
Peso AHP	Riqueza/Polinizadores	Interacciones/Polinizador-Planta	Peso final total
0.16	0.58	0.55	0.43
0.03	0.58	0.55	0.39
0.33	0.58	0.55	0.49
0.07	0.58	0.55	0.40
0.04	0.58	0.55	0.39
0.22	0.58	0.55	0.45
0.05	0.58	0.55	0.39
0.06	0.58	0.55	0.40
0.08	0.58	0.55	0.40
	CMP35		
Peso AHP	Riqueza/Polinizadores	Interacciones/Polinizador-Planta	Peso final total
0.16	0.63	0.59	0.46
0.03	0.63	0.59	0.42
0.33	0.63	0.59	0.52
0.07	0.63	0.59	0.43
0.04	0.63	0.59	0.42
0.22	0.63	0.59	0.48
0.05	0.63	0.59	0.42
0.06	0.63	0.59	0.43
0.08	0.63	0.59	0.43
	CMP40		
Peso AHP	Riqueza/Polinizadores	Interacciones/Polinizador-Planta	Peso final total
0.16	0.79	0.87	0.61
0.03	0.79	0.87	0.56
0.33	0.79	0.87	0.66
0.07	0.79	0.87	0.58
0.04	0.79	0.87	0.57
0.22	0.79	0.87	0.63
0.05	0.79	0.87	0.57
0.06	0.79	0.87	0.57
0.08	0.79	0.87	0.58

Pérdida de la cobertura vegetal	Pastizal	Poblados	Concesiones mineras	Vías primarias	Vías secundarias	Vías terciarias	Erial	Mosaico agropecuario	Área poblada	Plantación forestal
Pastizal	1/1	7/1	7/1	5/1	7/1	9/1	1/1	7/1	7/1	5/1
Poblados	1/7	1/1	1/1	1/5	1/7	1/9	1/9	1/1	1/5	1/7
Concesiones mineras	1/7	1/1	1/1	1/7	1/5	1/3	1/9	1/1	1/1	1/7
Vías primarias	1/5	5/1	7	1/1	5/1	3/1	1/3	5/1	1/5	1/7
Vías secundarias	1/7	7/1	5/1	5/1	1/1	3/1	1/5	3/1	1/3	1/5
Vías terciarias	1/9	9/1	3/1	1/3	1/3	1/1	1/7	1/1	1/1	1/3
Erial	1/1	9/1	9/1	3/1	5/1	7/1	1/1	9/1	9/1	7/1
Mosaico agropecuario	1/7	1/1	1/1	1/5	1/3	1/1	1/9	1/1	1/3	1/7
Área poblada	1/7	5/1	1/1	5/1	3/1	1/1	1/9	3/1	1/1	1/5
Plantación forestal	1/5	7/1	7/1	7/1	5/1	3/1	1/7	7/1	5/1	1/1
TOTAL	3.23	52.00	42.00	26.88	27.01	28.44	3.26	38.00	25.07	14.30
Pérdida de servicios ecosistémicos	Pastizal	Poblados	Concesiones mineras	Vías primarias	Vías secundarias	Vías terciarias	Erial	Mosaico agropecuario	Área poblada	Plantación forestal
Pastizal	1/1	1/1	7/1	5/1	7/1	9/1	1/3	1/7	5/1	5/1
Poblados	1/1	1/1	1/1	1/5	1/7	1/9	1/9	3/1	1/3	1/3
Concesiones mineras	1/7	1/1	1/1	1/7	1/5	1/3	1/9	3/1	3/1	1/3
Vías primarias	1/5	5/1	7	1/1	5/1	3/1	1/3	7/1	5/1	1/7
Vías secundarias	1/7	7/1	5/1	5/1	1/1	3/1	1/5	5/1	3/1	1/5
Vías terciarias	1/9	9/1	3/1	1/3	1/3	1/1	1/3	3/1	1/1	1/3
Erial	3/1	9/1	9/1	3/1	5/1	3/1	1/1	9/1	7/1	5/1
Mosaico agropecuario	7/1	1/3	1/3	1/7	1/5	1/3	1/9	1/1	1/5	1/7
Área poblada	1/5	3/1	1/3	1/5	1/3	1/1	1/7	5/1	1/1	1/7
Plantación forestal	1/5	3/1	3/1	7/1	5/1	3/1	1/5	7/1	7/1	1/1
TOTAL	13.00	39.33	36.67	22.02	24.21	23.78	2.88	43.14	32.53	12.63
Contaminación del suelo	Pastizal	Poblados	Concesiones mineras	Vías primarias	Vías secundarias	Vías terciarias	Erial	Mosaico agropecuario	Área poblada	Plantación forestal
Pastizal	1/1	9/1	7/1	9/1	9/1	9/1	9/1	7/1	9/1	7/1
Poblados	1/9	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/3	1/1	1/3
Concesiones mineras	1/7	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/3	1/1	1/3
Vías primarias	1/9	5/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/3	1/1	1/3
Vías secundarias	1/9	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/3	1/1	1/3
Vías terciarias	1/9	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/3	1/1	1/3
Erial	1/9	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/3	1/1	1/3
Mosaico agropecuario	1/7	3/1	3/1	3/1	3/1	3/1	3/1	1/1	3/1	1/1
Área poblada	1/9	1/1	1/1	1	1/1	1/1	1/1	1/3	1/1	1/3
Plantación forestal	1/7	3/1	3/1	3/1	3/1	3/1	3/1	1/1	3/1	1/1
TOTAL	2.10	26.00	20.00	22.00	22.00	22.00	22.00	11.33	22.00	11.33
Pérdida de biodiversidad	Pastizal	Poblados	Concesiones mineras	Vías primarias	Vías secundarias	Vías terciarias	Erial	Mosaico agropecuario	Área poblada	Plantación forestal
Pastizal	1/1	7/1	3/1	3/1	5/1	7/1	1/3	5/1	3/1	3/1
Poblados	1/7	1/1	1/1	1/3	1/5	1/7	1/7	3/1	1/3	3/1
Concesiones mineras	1/3	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/7	5/1	1/1	3/1
Vías primarias	1/3	5/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/3	7/1	1/3	5/1
Vías secundarias	1/5	5/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/5	5/1	1/1	3/1
Vías terciarias	1/7	7/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/9	3/1	1/1	3/1
Erial	3/1	7/1	7/1	3/1	5/1	9/1	1/1	7/1	5/1	7/1
Mosaico agropecuario	1/5	1/5	1/5	1/7	1/5	1/3	1/7	1/1	1/7	1/5
Área poblada	1/3	3/1	1/1	3/1	1/1	1/1	1/5	7/1	1/1	3/1
Plantación forestal	1/3	1/3	1/3	1/5	1/3	1/3	1/7	5/1	1/3	1/1
TOTAL	6.02	36.53	16.53	13.68	15.73	21.81	2.75	48.00	13.14	31.20

Pérdida de la cobertura vegetal nativa	Pastizal	Poblados	Concesiones mineras	Vías primarias	Vías secundarias	Vías terciarias	Erial	Mosaico agropecuario	Área poblada	Plantación forestal	Peso
Pastizal	315/1016	7/52	1/6	525/2822	735/2836	81/256	315/1028	7/38	105/376	525/1502	163/654
Poblados	45/1016	1/52	1/42	21/2822	15/2836	1/256	35/1028	1/38	3/376	15/1502	97/5321
Concesiones mineras	45/1016	1/52	1/42	15/2822	21/2836	3/256	35/1028	1/38	15/376	15/1502	189/8513
Vías primarias	63/1016	5/52	1/6	105/2822	525/2836	27/256	105/1028	5/38	3/376	15/1502	447/4943
Vías secundarias	45/1016	7/52	5/42	525/2822	105/2836	27/256	63/1028	3/38	5/376	21/1502	365/4597
Vías terciarias	35/1016	9/52	1/14	35/2822	35/2836	9/256	45/1028	1/38	15/376	35/1502	433/9171
Erial	315/1016	9/52	3/14	315/2822	525/2836	63/256	315/1028	9/38	135/376	735/1502	444/1687
Mosaico agropecuario	45/1016	1/52	1/42	21/2822	35/2836	9/256	35/1028	1/38	5/376	15/1502	72/3187
Área poblada	45/1016	5/52	1/42	525/2822	315/2836	9/256	35/1028	3/38	15/376	21/1502	27/407
Plantación forestal	63/1016	7/52	1/6	735/2822	525/2836	27/256	45/1028	7/38	75/376	105/1502	227/1608

Pérdida de servicios ecosistémicos	Pastizal	Poblados	Concesiones mineras	Vías primarias	Vías secundarias	Vías terciarias	Erial	Mosaico agropecuario	Área poblada	Plantación forestal	Peso
Pastizal	315/4094	3/118	21/110	525/2312	735/2542	81/214	35/302	1/302	75/488	175/442	1066/5741
Poblados	315/4094	3/118	3/110	21/2312	15/2542	1/214	35/906	21/302	5/488	35/1326	1/34
Concesiones mineras	45/4094	3/118	3/110	15/2312	21/2542	3/214	35/906	21/302	45/488	35/1326	286/8959
Vías primarias	63/4094	15/118	21/110	105/2312	525/2542	27/214	35/302	49/302	75/488	5/442	321/2780
Vías secundarias	45/4094	21/118	3/22	525/2312	105/2542	27/214	21/302	35/302	45/488	7/442	425/4194
Vías terciarias	35/4094	27/118	9/110	35/2312	35/2542	9/214	35/302	21/302	15/488	35/1326	118/1865
Erial	945/4094	27/110	27/110	315/2312	525/2542	27/214	105/302	63/302	105/488	175/442	801/3421
Mosaico agropecuario	2205/4094	1/118	1/110	15/2312	21/2542	3/214	35/906	7/302	3/488	5/442	233/3508
Área poblada	63/4094	9/118	1/110	21/2312	35/2542	9/214	15/302	35/302	15/488	5/442	224/6001
Plantación forestal	63/4094	9/118	9/110	735/2312	525/2542	27/214	21/302	49/302	105/488	35/442	613/4540

Contaminación del suelo	Pastizal	Poblados	Concesiones mineras	Vías primarias	Vías secundarias	Vías terciarias	Erial	Mosaico agropecuario	Área poblada	Plantación forestal	Peso
Pastizal	21/44	9/26	7/20	9/22	9/22	9/22	9/22	21/34	9/22	21/34	2187/4910
Poblados	7/132	1/26	1/20	1/22	1/22	1/22	1/22	1/34	1/22	1/34	323/7554
Concesiones mineras	3/44	1/26	1/20	1/22	1/22	1/22	1/22	1/34	1/22	1/34	75/1694
Vías primarias	7/132	5/26	1/20	1/22	1/22	1/22	1/22	1/34	1/22	1/34	347/5968
Vías secundarias	7/132	1/26	1/20	1/22	1/22	1/22	1/22	1/34	1/22	1/34	323/7554
Vías terciarias	7/132	1/26	1/20	1/22	1/22	1/22	1/22	1/34	1/22	1/34	323/7554
Erial	7/132	1/26	1/20	1/22	1/22	1/22	1/22	1/34	1/22	1/34	323/7554
Mosaico agropecuario	3/44	3/26	3/20	3/22	3/22	3/22	3/22	3/34	3/22	3/34	679/5697
Área poblada	7/132	1/26	1/20	1/22	1/22	1/22	1/22	1/34	1/22	1/34	323/7554
Plantación forestal	3/44	3/26	3/20	3/22	3/22	3/22	3/22	3/34	3/22	3/34	679/5697

Pérdida de biodiversidad	Pastizal	Poblados	Concesiones mineras	Vías primarias	Vías secundarias	Vías terciarias	Erial	Mosaico agropecuario	Área poblada	Plantación forestal	Peso
Pastizal	105/632	105/548	45/248	315/1436	75/236	147/458	105/866	5/48	0.22826087	5/52	1945/9989
Poblados	15/632	15/548	15/248	35/1436	3/236	3/458	45/866	1/16	7/276	5/52	137/3502
Concesiones mineras	35/632	15/548	15/248	105/1436	15/236	21/458	45/866	5/48	7/92	5/52	268/4097
Vías primarias	35/632	75/548	15/248	105/1436	15/236	21/458	105/866	7/48	7/276	25/156	676/7613
Vías secundarias	21/632	75/548	15/248	105/1436	15/236	21/458	63/866	5/48	7/92	5/52	614/8055
Vías terciarias	15/632	105/548	15/248	105/1436	15/236	21/458	35/866	1/16	7/92	5/52	248/3381
Erial	315/632	105/548	105/248	315/1436	75/236	189/458	315/866	7/48	35/92	35/156	1027/3232
Mosaico agropecuario	21/632	3/548	3/248	15/1436	3/236	7/458	45/866	1/48	1/92	1/156	116/6469
Área poblada	35/632	45/548	15/248	315/1436	15/236	21/458	63/866	7/48	7/92	5/52	59/643
Plantación forestal	35/632	5/548	5/248	21/1436	5/236	7/458	45/866	5/48	7/276	5/156	288/8245

Microcuenca Tomebamba	Pérdida de la cobertura vegetal nativa	Pérdida de servicios ecosistémicos	Contaminación del suelo	Pérdida de biodiversidad	Peso AHP
Pastizal	0.054371839	0.057584685	0.153801594	0.024616241	0.29
Poblados	0.00397688	0.009120912	0.014764514	0.004945707	0.03
Concesiones mineras	0.004843323	0.009900195	0.015287692	0.00826976	0.04
Vías primarias	0.019727917	0.035809445	0.020076784	0.01122574	0.09
Vías secundarias	0.017321386	0.031426636	0.014764514	0.009636669	0.07
Vías terciarias	0.010299959	0.019621862	0.014764514	0.009273225	0.05
Erial	0.057415907	0.072613409	0.014764514	0.040171978	0.18
Mosaico agropecuario	0.0049285	0.020598413	0.041154472	0.002266965	0.07
Área poblada	0.014472161	0.011576086	0.014764514	0.011600181	0.05
Plantación forestal	0.030796704	0.041873764	0.041154472	0.00441597	0.12

	CMA30		
Peso AHP	Riqueza/Polinizadores	Interacciones/Polinizador-Planta	Peso final total
0.29	0.49	0.33	0.37
0.03	0.49	0.33	0.28
0.04	0.49	0.33	0.29
0.09	0.49	0.33	0.30
0.07	0.49	0.33	0.30
0.05	0.49	0.33	0.29
0.18	0.49	0.33	0.33
0.07	0.49	0.33	0.30
0.05	0.49	0.33	0.29
0.12	0.49	0.33	0.31
	CMA35		
Peso AHP	Riqueza/Polinizadores	Interacciones/Polinizador-Planta	Peso final total
0.29	0.72	0.79	0.60
0.03	0.72	0.79	0.51
0.04	0.72	0.79	0.52
0.09	0.72	0.79	0.53
0.07	0.72	0.79	0.53
0.05	0.72	0.79	0.52
0.18	0.72	0.79	0.56
0.07	0.72	0.79	0.53
0.05	0.72	0.79	0.52
0.12	0.72	0.79	0.54
	CMA40		
Peso AHP	Riqueza/Polinizadores	Interacciones/Polinizador-Planta	Peso final total
0.29	0.79	0.88	0.65
0.03	0.79	0.88	0.57
0.04	0.79	0.88	0.57
0.09	0.79	0.88	0.59
0.07	0.79	0.88	0.58
0.05	0.79	0.88	0.57
0.18	0.79	0.88	0.62
0.07	0.79	0.88	0.58
0.05	0.79	0.88	0.57
0.12	0.79	0.88	0.60

Pérdida de la cobertura vegetal	Pastizal	Poblados	Concesiones mineras	Vías primarias	Vías secundarias	Vías terciarias	Erial	Mosaico agropecuario	Área poblada	Plantación forestal	Cultivo
Pastizal	1/1	1/3	1/7	1/7	1/5	1/3	1/3	3/1	1/7	3/1	5/1
Poblados	3/1	1/1	1/7	1/7	1/5	1/3	1/3	3/1	1/5	5/1	3/1
Concesiones mineras	7/1	7/1	1/1	5/1	7/1	9/1	3/1	7/1	3/1	9/1	9/1
Vías primarias	7/1	5/1	1/5	1/1	3/1	5/1	1/5	9/1	3/1	7/1	9/1
Vías secundarias	5/1	5/1	1/7	3/1	1/1	3/1	1/7	7/1	1/1	5/1	7/1
Vías terciarias	3/1	3/1	1/9	1/5	1/3	1/1	1/9	5/1	1/1	3/1	5/1
Erial	3/1	3/1	1/3	5/1	7/1	9/1	1/1	9/1	1/1	7/1	9/1
Mosaico agropecuario	1/3	1/7	1/7	1/9	1/7	1/5	1/9	1/1	1/7	3/1	1/1
Área poblada	7/1	5/1	1/3	1/3	1/1	1/1	1/1	7/1	1/1	7/1	7/1
Plantación forestal	1/3	1/5	1/9	1/7	1/5	1/3	1/7	1/3	1/7	1/1	1/1
Cultivo	1/5	1/3	1/9	1/9	1/7	0.2	1/9	1/1	1/7	1	1/1
TOTAL	36.87	30.01	2.77	15.18	20.22	29.40	6.49	52.33	10.77	51.00	57.00
Pérdida de servicios ecosistémicos	Pastizal	Poblados	Concesiones mineras	Vías primarias	Vías secundarias	Vías terciarias	Erial	Mosaico agropecuario	Área poblada	Plantación forestal	Cultivo
Pastizal	1/1	1/3	1/5	1/5	1/3	1/1	1/7	3/1	1/5	3/1	3/1
Poblados	3/1	1/1	1/5	1/5	1/3	1/1	1/3	7/1	1/7	1/5	1/7
Concesiones mineras	5/1	5/1	1/1	5/1	3/1	1/1	1/3	9/1	5/1	7/1	9/1
Vías primarias	5/1	5/1	1/5	1/1	3/1	5/1	1/9	7/1	1/5	7/1	9/1
Vías secundarias	3/1	3/1	1/3	3/1	1/1	3/1	1/7	5/1	1/3	5/1	7/1
Vías terciarias	1/1	1/1	1/1	1/5	1/3	1/1	1/5	3/1	1/1	3/1	5/1
Erial	7/1	3/1	3/1	9/1	7/1	5/1	1/1	9/1	3/1	9/1	9/1
Mosaico agropecuario	1/3	1/9	1/9	1/7	1/5	1/3	1/9	1/1	1/7	1/3	1/3
Área poblada	5/1	7/1	1/5	5/1	3/1	1/1	1/3	7/1	1/1	7/1	9/1
Plantación forestal	1/3	5/1	1/7	1/7	1/5	1/3	1/9	3/1	1/7	1/1	3/1
Cultivo	1/3	7/1	1/9	1/9	1/7	1/5	1/9	3/1	1/9	1/3	1/1
TOTAL	31.00	37.44	6.50	24.00	18.54	18.87	2.93	57.00	11.27	42.87	55.48
Contaminación del suelo	Pastizal	Poblados	Concesiones mineras	Vías primarias	Vías secundarias	Vías terciarias	Erial	Mosaico agropecuario	Área poblada	Plantación forestal	Cultivo
Pastizal	1/1	9/1	1/1	9/1	9/1	9/1	9/1	7/1	9/1	7/1	7/1
Poblados	1/9	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/3	1/1	1/3	1/3
Concesiones mineras	1/1	1/1	1/1	7/1	7/1	7/1	9/1	5/1	7/1	5/1	5/1
Vías primarias	1/9	5/1	1/7	1/1	1/1	1/1	1/1	1/5	1/1	1/5	1/5
Vías secundarias	1/9	1/1	1/7	1/1	1/1	1/1	1/1	1/3	1/1	1/3	1/3
Vías terciarias	1/9	1/1	1/7	1/1	1/1	1/1	1/1	1/3	1/1	1/3	1/3
Erial	1/9	1/1	1/9	1/1	1/1	1/1	1/1	1/3	1/1	1/3	1/3
Mosaico agropecuario	1/7	1/5	1/5	5/1	3/1	3/1	3/1	1/1	3/1	3/1	3/1
Área poblada	1/9	1/1	1/7	1/1	1/1	1/1	1/1	1/3	1/1	1/3	1/3
Plantación forestal	1/7	3/1	1/5	5/1	3/1	3/1	3/1	1/3	3/1	1/1	1/1
Cultivo	1/7	3/1	1/5	5/1	3/1	3/1	3/1	1/3	3/1	1/1	1/1
TOTAL	3.10	26.20	4.28	37.00	31.00	31.00	33.00	15.53	31.00	18.87	18.87
Pérdida de biodiversidad	Pastizal	Poblados	Concesiones mineras	Vías primarias	Vías secundarias	Vías terciarias	Erial	Mosaico agropecuario	Área poblada	Plantación forestal	Cultivo
Pastizal	1/1	1/3	1/5	1/5	1/3	1/1	1/5	5/1	1/3	3/1	5/1
Poblados	3/1	1/1	3/1	3/1	3/1	3/1	1/5	3/1	1/5	3/1	5/1
Concesiones mineras	5/1	1/3	1/1	5/1	7/1	9/1	3/1	9/1	3/1	7/1	9/1
Vías primarias	5/1	5/1	1/5	1/1	1/3	1/1	1/3	5/1	1/3	5/1	7/1
Vías secundarias	3/1	1/3	1/7	1/3	1/1	1/1	1/5	5/1	1/3	5/1	7/1
Vías terciarias	1/1	1/3	1/9	1/1	1/1	1/1	1/7	5/1	1/3	5/1	7/1
Erial	5/1	5/1	1/3	3/1	5/1	7/1	1/1	7/1	1/3	3/1	7/1
Mosaico agropecuario	1/5	1/9	1/9	1/5	1/5	1/5	1/7	1/1	1/7	3/1	1/1
Área poblada	3/1	5/1	1/3	3/1	3/1	3/1	3/1	7/1	1/1	7/1	9/1
Plantación forestal	1/3	1/3	1/7	1/5	1/5	1/5	1/3	1/3	1/7	1/1	3/1
Cultivo	1/5	1/5	1/9	1/7	1/7	1/7	1/7	1/1	1/9	1/3	1/1
TOTAL	26.73	17.98	5.69	17.08	21.21	26.54	8.70	48.33	6.26	42.33	61.00

Pérdida de la cobertura vegetal nativa	Pastizal	Poblad	Incesiones miner	Vías primarias	Vías secundarias	Vías terciarias	Erial	Mosaico agropecuario	Área poblada	Plantación forestal	Cultivo	Peso
Pastizal	15/553	35/3151	5/97	45/4783	21/2123	5/441	35/681	9/157	5/377	1/17	5/57	2597/325
Poblad	45/553	105/3151	5/97	45/4783	21/2123	5/441	35/681	9/157	7/377	5/51	1/19	175/4054
Concesiones mineras	15/79	735/3151	35/97	1575/4783	735/2123	15/49	105/227	21/157	105/377	3/17	3/19	268/991
Vías primarias	15/79	525/3151	7/97	315/4783	315/2123	25/147	7/227	27/157	105/377	7/51	3/19	719/4976
Vías secundarias	75/553	525/3151	5/97	945/4783	105/2123	5/49	5/227	21/157	35/377	7/57	7/57	295/2768
Vías terciarias	45/553	315/3151	35/873	63/4783	35/2123	5/147	35/2043	15/157	35/377	1/17	5/57	549/9478
Erial	45/553	315/3151	35/291	1575/4783	735/2123	15/49	35/227	27/157	35/377	7/51	3/19	278/1531
Mosaico agropecuario	5/553	15/3151	5/97	35/4783	15/2123	1/147	35/2043	3/157	5/377	1/17	1/57	151/7820
Área poblada	15/79	525/3151	35/291	105/4783	105/2123	5/147	35/227	21/157	35/377	7/51	7/57	673/6053
Plantación forestal	5/553	21/3151	35/873	45/4783	21/2123	5/441	5/227	1/157	5/377	1/51	1/57	37/2463
Cultivo	3/553	35/3151	35/873	35/4783	15/2123	1/147	35/2043	3/157	5/377	1/51	1/57	43/2876

Pérdida de servicios ecosistémicos	Pastizal	Poblad	Incesiones miner	Vías primarias	Vías secundarias	Vías terciarias	Erial	Mosaico agropecuario	Área poblada	Plantación forestal	Cultivo	Peso
Pastizal	1/31	3/337	63/2047	63/7559	35/1947	15/283	45/923	1/19	63/3551	45/643	63/1165	89/2482
Poblad	3/31	9/337	63/2047	63/7559	35/1947	15/283	105/923	7/57	45/3551	3/643	3/1165	356/7991
Concesiones mineras	5/31	45/337	315/2047	1575/7559	105/649	15/283	105/923	3/19	1575/3551	105/643	189/1165	535/3077
Vías primarias	5/31	45/337	63/2047	315/7559	105/649	75/283	35/923	7/57	63/3551	105/643	189/1165	251/2127
Vías secundarias	3/31	27/337	105/2047	945/7559	35/649	45/283	45/923	5/57	105/3551	75/643	147/1165	305/3441
Vías terciarias	1/31	9/337	315/2047	63/7559	35/1947	15/283	63/923	1/19	315/3551	45/643	21/233	92/1529
Erial	7/31	27/337	945/2047	2835/7559	245/649	75/283	315/923	3/19	945/3551	135/643	189/1165	182/685
Mosaico agropecuario	1/93	1/337	35/2047	45/7559	7/649	5/283	35/923	1/57	45/3551	5/643	7/1165	131/9793
Área poblada	5/31	63/337	63/2047	1575/7559	105/649	15/283	105/923	7/57	315/3551	105/643	189/1165	813/6155
Plantación forestal	1/93	45/337	45/2047	45/7559	7/649	5/283	35/923	1/19	45/3551	63/1165	15/643	33/952
Cultivo	1/93	63/337	35/2047	35/7559	5/649	3/283	35/923	1/19	35/3551	5/643	21/1165	298/9007

Contaminación del suelo	Pastizal	Poblad	Incesiones miner	Vías primarias	Vías secundarias	Vías terciarias	Erial	Mosaico agropecuario	Área poblada	Plantación forestal	Cultivo	Peso
Pastizal	21/65	45/131	315/1349	9/37	9/31	105/233	9/31	105/233	9/31	105/283	105/283	1849/5845
Poblad	7/195	5/131	315/1349	1/37	1/31	1/31	1/33	5/233	1/31	5/283	5/283	377/795
Concesiones mineras	21/65	5/131	315/1349	7/37	7/31	75/233	7/31	75/233	7/31	75/283	75/283	1983/8435
Vías primarias	7/195	25/131	45/1349	1/37	1/31	1/31	1/33	3/233	1/31	3/283	3/283	13/319
Vías secundarias	7/195	5/131	45/1349	1/37	1/31	1/31	1/33	5/233	1/31	5/283	5/283	187/6462
Vías terciarias	7/195	5/131	45/1349	1/37	1/31	1/31	1/33	5/233	1/31	5/283	5/283	187/6462
Erial	7/195	5/131	35/1349	1/37	1/31	1/31	1/33	5/233	1/31	5/283	5/283	501/769
Mosaico agropecuario	3/65	1/131	63/1349	5/37	3/31	3/31	1/11	15/233	3/31	45/283	45/283	731/8047
Área poblada	7/195	5/131	45/1349	1/37	1/31	1/31	1/33	5/233	1/31	5/283	5/283	187/6462
Plantación forestal	3/65	15/131	63/1349	5/37	3/31	3/31	1/11	5/233	3/31	15/283	15/283	137/68
Cultivo	3/65	15/131	63/1349	5/37	3/31	3/31	1/11	5/233	3/31	15/283	15/283	137/68

Pérdida de biodiversidad	Pastizal	Poblad	Incesiones miner	Vías primarias	Vías secundarias	Vías terciarias	Erial	Mosaico agropecuario	Área poblada	Plantación forestal	Cultivo	Peso
Pastizal	15/401	15/809	7/199	21/1793	35/2227	35/929	21/913	3/29	105/1973	9/127	5/61	203/4569
Poblad	45/401	45/809	105/199	315/1793	315/2227	105/929	21/913	9/145	63/1973	9/127	5/61	997/7959
Concesiones mineras	75/401	15/809	35/199	525/1793	735/2227	315/929	315/913	27/145	945/1973	21/127	9/61	774/3193
Vías primarias	75/401	225/809	7/199	105/1793	35/2227	35/929	35/913	3/29	105/1973	15/127	7/61	1791/893
Vías secundarias	45/401	15/809	5/199	35/1793	105/2227	35/929	21/913	3/29	105/1973	15/127	7/61	505/8257
Vías terciarias	15/401	15/809	35/1791	105/1793	105/2227	35/929	15/913	3/29	105/1973	15/127	7/61	43/757
Erial	75/401	225/809	35/597	315/1793	525/2227	245/929	105/913	21/145	105/1973	9/127	7/61	148/959
Mosaico agropecuario	3/401	9/809	35/1791	21/2227	7/929	15/913	45/913	3/145	45/1973	9/127	1/61	965/5051
Área poblada	45/401	225/809	35/597	315/1793	315/2227	105/929	315/913	21/145	315/1973	21/127	9/61	75/448
Plantación forestal	5/401	15/809	5/199	21/1793	21/2227	7/929	35/913	1/145	45/1973	3/127	3/61	83/4046
Cultivo	3/401	9/809	35/1791	15/1793	15/2227	5/929	15/913	3/145	35/1973	1/127	1/61	201/597

Microcuenca Yanuncay	Pérdida de la cobertura vegetal nativa	Pérdida de servicios ecosistémicos	Contaminación del suelo	Pérdida de biodiversidad	Peso AHP
Pastizal	0.007713586	0.011120535	0.109231003	0.005616929	0.13
Poblad	0.00941713	0.013816122	0.016275157	0.016038068	0.06
Concesiones mineras	0.05899638	0.053921704	0.081176659	0.030645464	0.22
Vías primarias	0.03152193	0.036596844	0.014071704	0.011954366	0.09
Vías secundarias	0.023249858	0.027488592	0.009992365	0.007732025	0.07
Vías terciarias	0.0126363	0.018660253	0.009992365	0.007181198	0.05
Erial	0.039612642	0.08239829	0.009759669	0.019510459	0.15
Mosaico agropecuario	0.004212448	0.004148516	0.031367284	0.0024028	0.04
Área poblada	0.024255415	0.040963766	0.009992365	0.021164444	0.10
Plantación forestal	0.003277193	0.010750169	0.026719504	0.002593439	0.04
Cultivo	0.003261693	0.010260617	0.026719504	0.001583243	0.04

	CSA30		
Peso AHP	Riqueza/Polinizadores	Interacciones/Polinizador-Planta	Peso final total
0.13	0.61	0.44	0.39
0.06	0.61	0.44	0.37
0.22	0.61	0.44	0.42
0.09	0.61	0.44	0.38
0.07	0.61	0.44	0.37
0.05	0.61	0.44	0.37
0.15	0.61	0.44	0.40
0.04	0.61	0.44	0.36
0.10	0.61	0.44	0.38
0.04	0.61	0.44	0.36
0.04	0.61	0.44	0.36
	CSA35		
Peso AHP	Riqueza/Polinizadores	Interacciones/Polinizador-Planta	Peso final total
0.13	0.64	0.71	0.49
0.06	0.64	0.71	0.47
0.22	0.64	0.71	0.52
0.09	0.64	0.71	0.48
0.07	0.64	0.71	0.47
0.05	0.64	0.71	0.47
0.15	0.64	0.71	0.50
0.04	0.64	0.71	0.46
0.10	0.64	0.71	0.48
0.04	0.64	0.71	0.46
0.04	0.64	0.71	0.46
	CSA40		
Peso AHP	Riqueza/Polinizadores	Interacciones/Polinizador-Planta	Peso final total
0.13	0.75	0.85	0.58
0.06	0.75	0.85	0.55
0.22	0.75	0.85	0.61
0.09	0.75	0.85	0.56
0.07	0.75	0.85	0.56
0.05	0.75	0.85	0.55
0.15	0.75	0.85	0.58
0.04	0.75	0.85	0.55
0.10	0.75	0.85	0.57
0.04	0.75	0.85	0.55
0.04	0.75	0.85	0.55

Anexo 2: Pesos hallados por cada transecto a 3.000, 3500 y 4.000 m.s.n.m. en las microcuencas Norcay, Angas, Tomebamba y Yanuncay.

Tabla 48: Pesos establecidos según la riqueza e interacción al transecto CSP30 de la microcuenca Angas y su transformación a pesos InVEST.

Amenazas	Peso final total	Peso InVEST
Pastizal	0,56	0,87
Poblados	0,50	0,79
Concesiones mineras	0,64	1
Vías terciarias	0,51	0,80
Erial	0,56	0,88
Mosaico agropecuario	0,51	0,80

Tabla 49: Pesos establecidos según la riqueza e interacción al transecto CSP35 de la microcuenca Angas y su transformación a pesos InVEST.

Amenazas	Peso final total	Peso InVEST
Pastizal	0,40	0,83
Poblados	0,34	0,72
Concesiones mineras	0,48	1
Vías terciarias	0,35	0,74
Erial	0,40	0,84
Mosaico agropecuario	0,35	0,74

Tabla 50: Pesos establecidos según la riqueza e interacción al transecto CSP40 de la microcuenca Angas.

Amenazas	Peso final total	Peso InVEST
Pastizal	0,57	0,87
Poblados	0,51	0,79
Concesiones mineras	0,65	1
Vías terciarias	0,52	0,81
Erial	0,57	0,88
Mosaico agropecuario	0,52	0,81

Tabla 51: Pesos establecidos según la riqueza e interacción al transecto CMP30 de la microcuenca Norcay.

Amenazas	Peso final total	Peso InVEST
Pastizal	0,43	0,88
Poblados	0,39	0,79
Concesiones mineras	0,49	1
Vías secundarias	0,40	0,82
Vías terciarias	0,39	0,80
Erial	0,45	0,92

Mosaico agropecuario	0,39	0,81
Área poblada	0,40	0,82
Plantación forestal	0,40	0,83

Tabla 52: Pesos establecidos según la riqueza e interacción al transecto CMP35 de la microcuenca Norcay.

Amenazas	Peso final total	Peso InVEST
Pastizal	0,46	0,89
Poblados	0,42	0,81
Concesiones mineras	0,52	1
Vías secundarias	0,43	0,83
Vías terciarias	0,42	0,81
Erial	0,48	0,93
Mosaico agropecuario	0,42	0,82
Área poblada	0,43	0,83
Plantación forestal	0,43	0,84

Tabla 53: Pesos establecidos según la riqueza e interacción al transecto CMP40 de la microcuenca Norcay.

Amenazas	Peso final total	Peso InVEST
Pastizal	0,61	0,91
Poblados	0,56	0,85
Concesiones mineras	0,66	1
Vías secundarias	0,58	0,87
Vías terciarias	0,57	0,85
Erial	0,63	0,94
Mosaico agropecuario	0,57	0,86
Área poblada	0,57	0,86
Plantación forestal	0,58	0,87

Tabla 54: Pesos establecidos según la riqueza e interacción al transecto CMA30 de la microcuenca Tomebamba.

Amenaza	Peso final total	Peso InVEST
Pastizal	0,37	1
Poblados	0,28	0,77
Concesiones mineras	0,29	0,77
Vías primarias	0,30	0,82
Vías secundarias	0,30	0,80
Vías terciarias	0,29	0,79
Erial	0,33	0,91
Mosaico agropecuario	0,30	0,80
Área poblada	0,29	0,79

Plantación forestal	0,31	0,84
---------------------	------	------

Tabla 55: Pesos establecidos según la riqueza e interacción al transecto CMA35 de la microcuenca Tomebamba.

Amenaza	Peso final total	Peso InVEST
Pastizal	0,60	1
Poblados	0,51	0,86
Concesiones mineras	0,52	0,86
Vías primarias	0,53	0,89
Vías secundarias	0,53	0,88
Vías terciarias	0,52	0,87
Erial	0,56	0,94
Mosaico agropecuario	0,53	0,88
Área poblada	0,52	0,87
Plantación forestal	0,54	0,90

Tabla 56: Pesos establecidos según la riqueza e interacción al transecto CMA40 de la microcuenca Tomebamba.

Amenaza	Peso final total	Peso InVEST
Pastizal	0,65	1
Poblados	0,57	0,87
Concesiones mineras	0,57	0,87
Vías primarias	0,59	0,90
Vías secundarias	0,58	0,89
Vías terciarias	0,57	0,88
Erial	0,62	0,95
Mosaico agropecuario	0,58	0,89
Área poblada	0,57	0,88
Plantación forestal	0,60	0,91

Tabla 57: Pesos establecidos según la riqueza e interacción al transecto CSA30 de la microcuenca Yanuncay.

Amenaza	Peso final total	Peso InVEST
Pastizal	0,39	0,93
Poblados	0,37	0,87
Concesiones mineras	0,42	1
Vías primarias	0,38	0,90
Vías secundarias	0,37	0,88
Vías terciarias	0,37	0,86
Erial	0,40	0,94
Mosaico agropecuario	0,36	0,86
Área poblada	0,38	0,90

Plantación forestal	0,36	0,86
Cultivo	0,36	0,86

Tabla 58: Pesos establecidos según la riqueza e interacción al transecto CSA35 de la microcuenca Yanuncay.

Amenaza	Peso final total	Peso InVEST
Pastizal	0,49	0,94
Poblados	0,47	0,89
Concesiones mineras	0,52	1
Vías primarias	0,48	0,92
Vías secundarias	0,47	0,90
Vías terciarias	0,47	0,89
Erial	0,50	0,95
Mosaico agropecuario	0,46	0,88
Área poblada	0,48	0,92
Plantación forestal	0,46	0,88
Cultivo	0,46	0,88

Tabla 59: Pesos establecidos según la riqueza e interacción al transecto CSA35 de la microcuenca Yanuncay.

Amenaza	Peso final total	Peso InVEST
Pastizal	0,58	0,95
Poblados	0,55	0,91
Concesiones mineras	0,61	1
Vías primarias	0,56	0,93
Vías secundarias	0,56	0,91
Vías terciarias	0,55	0,90
Erial	0,58	0,96
Mosaico agropecuario	0,55	0,90
Área poblada	0,57	0,93
Plantación forestal	0,55	0,90
Cultivo	0,55	0,90

Anexo 3: Datos establecidos para la tabla de amenazas del software InVEST de cada transecto de cada microcuenca estudiada.

- **Microcuenca Angas**

Tabla 60: Amenazas establecidas para el transecto CSP30 de la microcuenca del río Angas.

Dist_Max	Peso	Amenaza	Decaimiento	Ruta_Base	Ruta_Actual
0,45	0,87	Pastizal	lineal		past_c.tif
3,68	0,79	Poblados	lineal		po_c.tif
2,90	1	Concesiones mineras	lineal		cm_c.tif
0,49	0,80	Vías terciarias	lineal		vt_c.tif
0,38	0,88	Erial	lineal		eri_c.tif
2,21	0,80	Mosaico agropecuario	lineal		ma_c.tif

Fuente: (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2020; Secretaria Técnica del Comité Nacional de Límites Internos, 2020; Stanford et al., 2023)

Tabla 61: Amenazas establecidas para el transecto CSP35 de la microcuenca del río Angas.

Dist_Max	Peso	Amenaza	Decaimiento	Ruta_Base	Ruta_Actual
0	0,83	Pastizal	linear		past_c.tif
7,54	0,72	Poblados	linear		po_c.tif
0,90	1	Concesiones mineras	linear		cm_c.tif
0	0,74	Vías terciarias	linear		vt_c.tif
0,32	0,84	Erial	linear		eri_c.tif
0	0,74	Mosaico agropecuario	linear		ma_c.tif

Fuente: (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2020; Secretaria Técnica del Comité Nacional de Límites Internos, 2020; Stanford et al., 2023)

Tabla 62: Amenazas establecidas para el transecto CSP40 de la microcuenca del río Angas.

Dist_Max	Peso	Amenaza	Decaimiento	Ruta_Base	Ruta_Actual
2	0,87	Pastizal	lineal		past_c.tif
11,52	0,79	Poblados	lineal		po_c.tif
2,29	1	Concesiones mineras	lineal		cm_c.tif
0,19	0,81	Vías terciarias	lineal		vt_c.tif
0,06	0,88	Erial	lineal		eri_c.tif
3	0,81	Mosaico agropecuario	lineal		ma_c.tif

Fuente: (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2020; Secretaria Técnica del Comité Nacional de Límites Internos, 2020; Stanford et al., 2023).

- **Microcuenca Norcay**

Tabla 63: Amenazas establecidas para el transecto CMP30 de la microcuenca del río Norcay.

Dist_Max	Peso	Amenaza	Decaimiento	Ruta_Base	Ruta_Actual
0,43	0,88	Pastizal	lineal		past_c.tif
0,69	0,79	Poblados	lineal		po_c.tif
0	1	Concesiones mineras	lineal		cm_c.tif
0	0,82	Vías secundarias	lineal		vs_c.tif
0,02	0,80	Vías terciarias	lineal		vt_c.tif
1	0,92	Erial	lineal		eri_c.tif
3,25	0,81	Mosaico agropecuario	lineal		ma_c.tif
3,70	0,82	Área poblada	lineal		ap_c.tif
2,71	0,83	Plantación forestal	lineal		pf_c.tif

Fuente: (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2020; Secretaria Técnica del Comité Nacional de Límites Internos, 2020; Stanford et al., 2023)

Tabla 64: Amenazas establecidas para el transecto CMP35 de la microcuenca del río Norcay.

Dist_Max	Peso	Amenaza	Decaimiento	Ruta_Base	Ruta_Actual
0	0,89	Pastizal	lineal		past_c.tif
0,65	0,81	Poblados	lineal		po_c.tif
5	1	Concesiones mineras	lineal		cm_c.tif
0,40	0,83	Vías secundarias	lineal		vs_c.tif
0,32	0,81	Vías terciarias	lineal		vt_c.tif
0,06	0,93	Erial	lineal		eri_c.tif
0,19	0,82	Mosaico agropecuario	lineal		ma_c.tif
0	0,83	Área poblada	lineal		ap_c.tif
0,89	0,84	Plantación forestal	lineal		pf_c.tif

Fuente: (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2020; Secretaria Técnica del Comité Nacional de Límites Internos, 2020; Stanford et al., 2023)

Tabla 65: Amenazas establecidas para el transecto CMP40 de la microcuenca del río Norcay.

Dist_Max	Peso	Amenaza	Decaimiento	Ruta_Base	Ruta_Actual
0,02	0,91	Pastizal	lineal		past_c.tif
4,26	0,85	Poblados	lineal		po_c.tif
9	1	Concesiones mineras	lineal		cm_c.tif
0,09	0,87	Vías secundarias	lineal		vs_c.tif
1,17	0,85	Vías terciarias	lineal		vt_c.tif
0,08	0,94	Erial	lineal		eri_c.tif
2,05	0,86	Mosaico agropecuario	lineal		ma_c.tif

1,54	0,86	Área poblada	lineal	ap_c.tif
2,38	0,87	Plantación forestal	lineal	pf_c.tif

Fuente: (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2020; Secretaria Técnica del Comité Nacional de Límites Internos, 2020; Stanford et al., 2023)

- **Microcuenca Tomebamba**

Tabla 66: Amenazas establecidas para el transecto CMA30 de la microcuenca del río Tomebamba.

Dist_Max	Peso	Amenaza	Decaimiento	Ruta_Base	Ruta_Actual
0	1	Pastizal	lineal		past_c.tif
2,03	0,77	Poblados	lineal		po_c.tif
8,41	0,77	Concesiones mineras	lineal		cm_c.tif
0,45	0,82	Vías primarias	lineal		vp_c.tif
0,09	0,80	Vías secundarias	lineal		vs_c.tif
1,08	0,79	Vías terciarias	lineal		vt_c.tif
3,72	0,91	Erial	lineal		eri_c.tif
0,08	0,80	Mosaico agropecuario	lineal		ma_c.tif
2,69	0,79	Área poblada	lineal		ap_c.tif
1,19	0,84	Plantación forestal	lineal		pf_c.tif

Fuente: (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2020; Secretaria Técnica del Comité Nacional de Límites Internos, 2020; Stanford et al., 2023).

Tabla 67: Amenazas establecidas para el transecto CMA35 de la microcuenca del río Tomebamba.

Dist_Max	Peso	Amenaza	Decaimiento	Ruta_Base	Ruta_Actual
0	1	Pastizal	lineal		past_c.tif
0,61	0,86	Poblados	lineal		po_c.tif
0	0,86	Concesiones mineras	lineal		cm_c.tif
8,90	0,89	Vías primarias	lineal		vp_c.tif
0,12	0,88	Vías secundarias	lineal		vs_c.tif
0,13	0,87	Vías terciarias	lineal		vt_c.tif
1,19	0,94	Erial	lineal		eri_c.tif
2,28	0,88	Mosaico agropecuario	lineal		ma_c.tif
0,03	0,87	Área poblada	lineal		ap_c.tif
0	0,90	Plantación forestal	lineal		pf_c.tif

Fuente: (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2020; Secretaria Técnica del Comité Nacional de Límites Internos, 2020; Stanford et al., 2023).

Tabla 68: Amenazas establecidas para el transecto CMA40 de la microcuenca del río Tomebamba.

Dist_Max	Peso	Amenaza	Decaimiento	Ruta_Base	Ruta_Actual
4	1	Pastizal	lineal		past_c.tif
1,90	0,87	Poblados	lineal		po_c.tif
6	0,87	Concesiones mineras	lineal		cm_c.tif
14,58	0,90	Vías primarias	lineal		vp_c.tif
0	0,89	Vías secundarias	lineal		vs_c.tif
0,11	0,88	Vías terciarias	lineal		vt_c.tif
0	0,95	Erial	lineal		eri_c.tif
8,42	0,89	Mosaico agropecuario	lineal		ma_c.tif
5,76	0,88	Área poblada	lineal		ap_c.tif
4	0,91	Plantación forestal	lineal		pf_c.tif

Fuente: (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2020; Secretaria Técnica del Comité Nacional de Límites Internos, 2020; Stanford et al., 2023).

- **Microcuenca Yanuncay**

Tabla 69: Amenazas establecidas para el transecto CSA30 de la microcuenca del río Yanuncay.

Dist_Max	Peso	Amenaza	Decaimiento	Ruta_Base	Ruta_Actual
0	0.93	Pastizal	lineal		past_c.tif
0.55	0.87	Poblados	lineal		po_c.tif
1.17	1	Concesiones mineras	lineal		cm_c.tif
14.14	0.90	Vías primarias	lineal		vp_c.tif
0.28	0.88	Vías secundarias	lineal		vs_c.tif
0	0.86	Vías terciarias	lineal		vt_c.tif
4.53	0.94	Erial	lineal		eri_c.tif
3.55	0.86	Mosaico agropecuario	lineal		ma_c.tif
1.14	0.90	Área poblada	lineal		ap_c.tif
0.27	0.86	Plantación forestal	lineal		pf_c.tif
2.85	0.86	Cultivo	lineal		cult_c.tif

Fuente: (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2020; Secretaria Técnica del Comité Nacional de Límites Internos, 2020; Stanford et al., 2023).

Tabla 70: Amenazas establecidas para el transecto CSA35 de la microcuenca del río Yanuncay.

Dist_Max	Peso	Amenaza	Decaimiento	Ruta_Base	Ruta_Actual
0	0,94	Pastizal	lineal		past_c.tif
0,56	0,89	Poblados	lineal		po_c.tif
0,50	1	Concesiones mineras	lineal		cm_c.tif
23,21	0,92	Vías primarias	lineal		vp_c.tif

0,20	0,90	Vías secundarias	lineal	vs_c.tif
0,12	0,89	Vías terciarias	lineal	vt_c.tif
3,23	0,95	Erial	lineal	eri_c.tif
12,70	0,88	Mosaico agropecuario	lineal	ma_c.tif
0,87	0,92	Área poblada	lineal	ap_c.tif
0,27	0,88	Plantación forestal	lineal	pf_c.tif
12,05	0,88	Cultivo	lineal	cult_c.tif

Fuente: (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2020; Secretaria Técnica del Comité Nacional de Límites Internos, 2020; Stanford et al., 2023).

Tabla 71: Amenazas establecidas para el transecto CSA40 de la microcuenca del río Yanuncay.

Dist_Max	Peso	Amenaza	Decaimiento	Ruta_Base	Ruta_Actual
2	0,95	Pastizal	lineal		past_c.tif
4,68	0,91	Poblados	lineal		po_c.tif
4,24	1	Concesiones mineras	lineal		cm_c.tif
25,49	0,93	Vías primarias	lineal		vp_c.tif
3,00	0,91	Vías secundarias	lineal		vs_c.tif
0	0,90	Vías terciarias	lineal		vt_c.tif
0,42	0,96	Erial	lineal		eri_c.tif
15,58	0,90	Mosaico agropecuario	lineal		ma_c.tif
5,57	0,93	Área poblada	lineal		ap_c.tif
1,52	0,90	Plantación forestal	lineal		pf_c.tif
15,70	0,90	Cultivo	lineal		cult_c.tif

Fuente: (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2020; Secretaria Técnica del Comité Nacional de Límites Internos, 2020; Stanford et al., 2023).

Anexo 4: Datos utilizados para el modelamiento en el software InVEST y el escritorio utilizado.

The screenshot shows the InVEST software interface with the 'Habitat Quality' workspace selected. The configuration panel on the left includes options for 'Configuración' and 'Registro'. The main workspace area displays the following settings:

- Espacio De Trabajo:** _magap_accesibilidad\Habitat_quality_workspace_angas ✓
- Sufijo Del Archivo (optional):** texto ✓
- Cobertura Del Suelo Actual:** lity_workspace_angas\threat_rasters\lulc_current.tif ✓
- Cobertura Futura Del Suelo (optional):** raster ✓
- Cobertura Terrestre De Línea De Base (optional):** ce_angas\threat_rasters\lulc_baseline_willamette.tif ✓
- Tabla De Amenazas:** ity_workspace_angas\threat_rasters\Threats_Angas.csv ✓
- Accesibilidad A Las Amenazas (optional):** ce_angas\threat_rasters\accessibility_willamette.shp ✓
- Tabla De Sensibilidad:** workspace_angas\threat_rasters\Sensitivity_Angas.csv ✓
- Constante De Semisaturación:** 0.5 ✓

At the bottom left, there is a 'Modelo completo' section with a button 'Abrir el espacio de trabajo'. A large blue 'Ejecutar' button is at the bottom center. A 'Mostrar escritorio' button is at the bottom right.

invest-workbench

File Edit View Window About

InVEST

Habitat Quality

Configuración

Registro

Cargar los parámetros desde un archivo

Guardar como...

Guía de uso

Preguntas frecuentes

Modelo completo

Abrir el espacio de trabajo

Ejecutar

```
paths, but a different target_path_list of the same length. To avoid recomputation, dynamically adding previous Task
(sens_raster_linear_c_vias terciarias (21)) as a dependent task to this one (sens_raster_linear_c_erial (23)).
07/14/2023 02:45:07 taskgraph.Task INFO not precalculated (sens_raster_linear_c_erial (23)), Task hash
exists, but there are these mismatches: Recorded path not in target path list
c:\italo_duy_tesis\habitat_quality_workspace_naty_magap_accesibilidad\habitat_quality_workspace_angas\intermediate\sens_raster_linear_c_vias_terciarias.tif
07/14/2023 02:45:07 pygeoprocessing.geoprocessing INFO starting stats_worker
07/14/2023 02:45:07 pygeoprocessing.geoprocessing INFO started stats_worker <Thread(Thread-5 (stats_worker),
started daemon 32624)>
07/14/2023 02:45:07 pygeoprocessing.geoprocessing INFO 100.0% complete
07/14/2023 02:45:07 pygeoprocessing.geoprocessing INFO Waiting for raster stats worker result.
07/14/2023 02:45:07 natcap.invest.habitat_quality INFO Starting raster calculation on total degradation
07/14/2023 02:45:07 pygeoprocessing.geoprocessing INFO starting stats_worker
07/14/2023 02:45:07 pygeoprocessing.geoprocessing INFO started stats_worker <Thread(Thread-6 (stats_worker),
started daemon 5260)>
07/14/2023 02:45:07 pygeoprocessing.geoprocessing INFO 100.0% complete
07/14/2023 02:45:07 pygeoprocessing.geoprocessing INFO Waiting for raster stats worker result.
07/14/2023 02:45:07 natcap.invest.habitat_quality INFO Starting raster calculation on quality
07/14/2023 02:45:07 pygeoprocessing.geoprocessing INFO starting stats_worker
07/14/2023 02:45:07 pygeoprocessing.geoprocessing INFO started stats_worker <Thread(Thread-7 (stats_worker),
started daemon 27396)>
07/14/2023 02:45:07 pygeoprocessing.geoprocessing INFO 100.0% complete
07/14/2023 02:45:07 pygeoprocessing.geoprocessing INFO Waiting for raster stats worker result.
07/14/2023 02:45:07 natcap.invest.habitat_quality INFO Calculating habitat quality for landuse:
C:\ITALO_DUY_TESIS\Habitat_quality_workspace_naty_magap_accesibilidad\Habitat_quality_workspace_angas\intermediate\lu
lc_baseline_willamette_aligned.tif
07/14/2023 02:45:07 pygeoprocessing.geoprocessing INFO starting stats_worker
07/14/2023 02:45:07 pygeoprocessing.geoprocessing INFO started stats_worker <Thread(Thread-8 (stats_worker),
started daemon 32688)>
```

Habitat_quality_workspace_naty_magap_accesibilidad

Nuevo

Ordenar

Ver

Este equipo > Windows-SSD (C:) > ITALO_DUY_TESIS > Habitat_quality_workspace_naty_magap_accesibilidad

Nombre	Fecha de modificación	Tipo	Tamaño
Habitat_quality_workspace_angas	14/07/2023 02:45 a. m.	Carpeta de archivos	
Habitat_quality_workspace_norway	04/07/2023 08:21 p. m.	Carpeta de archivos	
Habitat_quality_workspace_tomebam...	04/07/2023 08:33 p. m.	Carpeta de archivos	
Habitat_quality_workspace_yanuncay	04/07/2023 08:45 p. m.	Carpeta de archivos	

Habitat_quality_workspace_ar

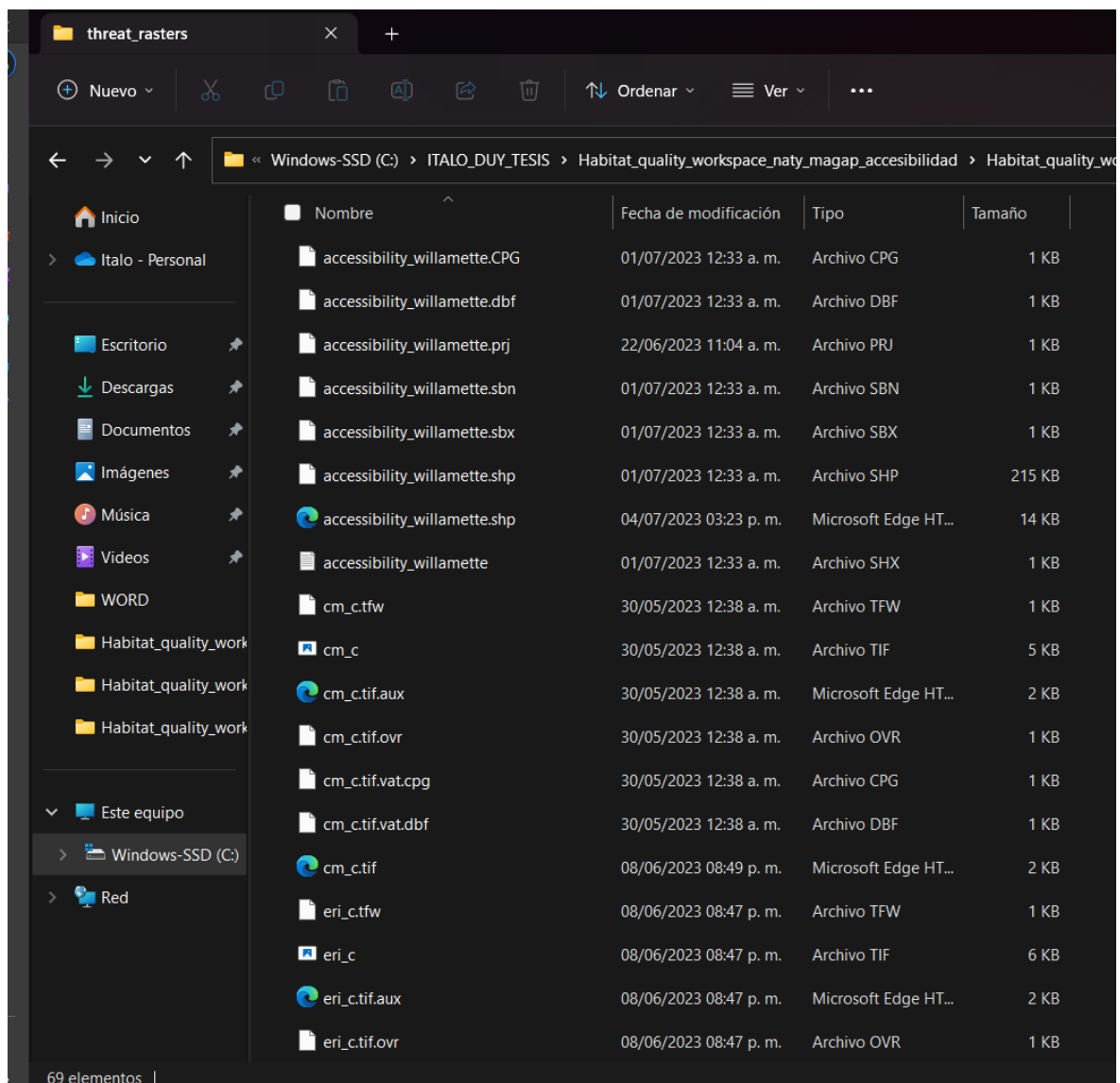
Nuevo

Ordenar

Ver

Este equipo > Windows-SSD (C:) > ITALO_DUY_TESIS > Habitat_quality_workspace_naty_magap_accesibilidad > Habitat_quality_workspace_ar

Nombre	Fecha de modificación	Tipo	Tamaño
intermediate	14/07/2023 02:45 a. m.	Carpeta de archivos	
threat_rasters	04/07/2023 07:53 p. m.	Carpeta de archivos	
deg_sum_c	14/07/2023 02:45 a. m.	Archivo TIF	120 KB
InVEST-natcap.invest.habitat_quality-l...	04/07/2023 07:56 p. m.	Documento de tex...	20 KB
InVEST-natcap.invest.habitat_quality-l...	14/07/2023 02:45 a. m.	Documento de tex...	13 KB
quality_c	14/07/2023 02:45 a. m.	Archivo TIF	99 KB
rarity_c	14/07/2023 02:45 a. m.	Archivo TIF	15 KB



Anexo 5: Códigos utilizados en el software Rstudio para hallar la riqueza de los insectos polinizadores.

```

RStudio
File Edit Code View Plots Session Build Debug Profile Tools Help
Go to file/function
Source
Console Terminal Background Jobs
R 4.3.0 · C:/ITALO_DUY_TESIS/VARIACIÓN_ESPACIO_TEMPORAL_INSECTOS_POLINIZADORES/
> #####INICIO####
> setwd("C:/ITALO_DUY_TESIS/VARIACIÓN_ESPACIO_TEMPORAL_INSECTOS_POLINIZADORES")
> list.files()
[1] "insect.csv"      "SCRIPT_ITALO.R"
> df <- read.csv("insect.csv",header = T, sep = ",",stringsAsFactors = T)
> df
  Vertiente  Cuenca Estacion Codigo Elevacion OrdenI FamiliaI Riqueza
1 Amazonico Tomebamba Humeda CMA30 3000 Coleoptera Chrysomelidae 5
2 Amazonico Tomebamba Humeda CMA30 3000 Coleoptera Lycidae 1
3 Amazonico Tomebamba Humeda CMA30 3000 Diptera Calliphoridae 116
4 Amazonico Tomebamba Humeda CMA30 3000 Diptera Empididae 2
5 Amazonico Tomebamba Humeda CMA30 3000 Diptera Fannidae 1
6 Amazonico Tomebamba Humeda CMA30 3000 Diptera Micropezidae 1
7 Amazonico Tomebamba Humeda CMA30 3000 Diptera Sarcophagidae 5
8 Amazonico Tomebamba Humeda CMA30 3000 Diptera Syrphidae 76
9 Amazonico Tomebamba Humeda CMA30 3000 Diptera Tabanidae 1
10 Amazonico Tomebamba Humeda CMA30 3000 Diptera Tachinidae 13
11 Amazonico Tomebamba Humeda CMA30 3000 Hymenoptera Apidae 131
12 Amazonico Tomebamba Humeda CMA30 3000 Hymenoptera Halictidae 2
13 Amazonico Tomebamba Humeda CMA30 3000 Hymenoptera Ichneumonidae 1
14 Amazonico Tomebamba Humeda CMA30 3000 Hymenoptera Megachilidae 2
15 Amazonico Tomebamba Humeda CMA30 3000 Hymenoptera Vespidae 26
16 Amazonico Tomebamba Humeda CMA30 3000 Lepidoptera Apidae 4
17 Amazonico Tomebamba Humeda CMA30 3000 Lepidoptera Arctiidae 1
18 Amazonico Tomebamba Humeda CMA30 3000 Lepidoptera Nymphalidae 13
19 Amazonico Tomebamba Humeda CMA30 3000 Lepidoptera Pieridae 13
20 Amazonico Tomebamba Humeda CMA35 3500 Coleoptera Chrysomelidae 8
21 Amazonico Tomebamba Humeda CMA35 3500 Coleoptera Melyridae 3
22 Amazonico Tomebamba Humeda CMA35 3500 Diptera Empididae 1
23 Amazonico Tomebamba Humeda CMA35 3500 Diptera Fannidae 3
24 Amazonico Tomebamba Humeda CMA35 3500 Diptera Richardiidae 2
25 Amazonico Tomebamba Humeda CMA35 3500 Diptera Sciaridae 2
26 Amazonico Tomebamba Humeda CMA35 3500 Diptera Stratiomyidae 1
27 Amazonico Tomebamba Humeda CMA35 3500 Diptera Syrphidae 49
28 Amazonico Tomebamba Humeda CMA35 3500 Diptera Tabanidae 3
29 Amazonico Tomebamba Humeda CMA35 3500 Diptera Tachinidae 6
30 Amazonico Tomebamba Humeda CMA35 3500 Hymenoptera Apidae 35
31 Amazonico Tomebamba Humeda CMA35 3500 Hymenoptera Halictidae 1
32 Amazonico Tomebamba Humeda CMA35 3500 Hymenoptera Ichneumonidae 2
33 Amazonico Tomebamba Humeda CMA35 3500 Lepidoptera Nymphalidae 4
34 Amazonico Tomebamba Humeda CMA40 4000 Coleoptera Leiodidae 3

```

RStudio

File Edit Code View Plots Session Build Debug Profile Tools Help

Go to file/function Addins

Source

Console Terminal Background Jobs

R 4.3.0 · C:/ITALO_DUY_TESIS/VARIACIÓN_ESPACIO_TEMPORAL_INSECTOS_POLINIZADORES/

34	Amazonico	Tomebamba	Humeda	CMA40	4000	Coleoptera	Leiodidae	3
35	Amazonico	Tomebamba	Humeda	CMA40	4000	Coleoptera	Staphylinidae	1
36	Amazonico	Tomebamba	Humeda	CMA40	4000	Diptera	Bibionidae	3
37	Amazonico	Tomebamba	Humeda	CMA40	4000	Diptera	Calliphoridae	19
38	Amazonico	Tomebamba	Humeda	CMA40	4000	Diptera	Fannidae	13
39	Amazonico	Tomebamba	Humeda	CMA40	4000	Diptera	Heleomyzidae	2
40	Amazonico	Tomebamba	Humeda	CMA40	4000	Diptera	Muscidae	3
41	Amazonico	Tomebamba	Humeda	CMA40	4000	Diptera	Richardiidae	1
42	Amazonico	Tomebamba	Humeda	CMA40	4000	Diptera	Sciaridae	2
43	Amazonico	Tomebamba	Humeda	CMA40	4000	Diptera	Stratiomyidae	2
44	Amazonico	Tomebamba	Humeda	CMA40	4000	Diptera	Syrphidae	22
45	Amazonico	Tomebamba	Humeda	CMA40	4000	Diptera	Tachinidae	9
46	Amazonico	Tomebamba	Humeda	CMA40	4000	Hymenoptera	Apidae	16
47	Amazonico	Tomebamba	Humeda	CMA40	4000	Hymenoptera	Braconidae	1
48	Amazonico	Tomebamba	Humeda	CMA40	4000	Hymenoptera	Halictidae	2
49	Amazonico	Tomebamba	Humeda	CMA40	4000	Hymenoptera	Tenthredinidae	3
50	Amazonico	Tomebamba	Humeda	CMA40	4000	Lepidoptera	Arctiidae	1
51	Amazonico	Tomebamba	Humeda	CMA40	4000	Lepidoptera	Nymphalidae	3
52	Amazonico	Tomebamba	Humeda	CMA40	4000	Lepidoptera	Pyrallidae	1
53	Amazonico	Tomebamba	Muy humeda	CMA30	3000	Coleoptera	Cantharidae	1
54	Amazonico	Tomebamba	Muy humeda	CMA30	3000	Coleoptera	Cerambycidae	1
55	Amazonico	Tomebamba	Muy humeda	CMA30	3000	Coleoptera	Chrysomelidae	1
56	Amazonico	Tomebamba	Muy humeda	CMA30	3000	Coleoptera	Lycidae	1
57	Amazonico	Tomebamba	Muy humeda	CMA30	3000	Diptera	Anthomyzidae	6
58	Amazonico	Tomebamba	Muy humeda	CMA30	3000	Diptera	Calliphoridae	34
59	Amazonico	Tomebamba	Muy humeda	CMA30	3000	Diptera	Empididae	3
60	Amazonico	Tomebamba	Muy humeda	CMA30	3000	Diptera	Muscidae	5
61	Amazonico	Tomebamba	Muy humeda	CMA30	3000	Diptera	Sepsidae	5
62	Amazonico	Tomebamba	Muy humeda	CMA30	3000	Diptera	Syrphidae	114
63	Amazonico	Tomebamba	Muy humeda	CMA30	3000	Diptera	Tachinidae	8
64	Amazonico	Tomebamba	Muy humeda	CMA30	3000	Hymenoptera	Apidae	18
65	Amazonico	Tomebamba	Muy humeda	CMA30	3000	Hymenoptera	Braconidae	1
66	Amazonico	Tomebamba	Muy humeda	CMA30	3000	Hymenoptera	Halictidae	3
67	Amazonico	Tomebamba	Muy humeda	CMA30	3000	Hymenoptera	Megachilidae	2
68	Amazonico	Tomebamba	Muy humeda	CMA30	3000	Hymenoptera	Tenthredinidae	1
69	Amazonico	Tomebamba	Muy humeda	CMA30	3000	Hymenoptera	Vespididae	10
70	Amazonico	Tomebamba	Muy humeda	CMA30	3000	Lepidoptera	Nymphalidae	2
71	Amazonico	Tomebamba	Muy humeda	CMA30	3000	Lepidoptera	Pieridae	26
72	Amazonico	Tomebamba	Muy humeda	CMA35	3500	Diptera	Calliphoridae	1
73	Amazonico	Tomebamba	Muy humeda	CMA35	3500	Diptera	Fannidae	5
74	Amazonico	Tomebamba	Muy humeda	CMA35	3500	Diptera	Heleomyzidae	1

RStudio

File Edit Code View Plots Session Build Debug Profile Tools Help

Go to file/function Addins

Source

Console Terminal Background Jobs

R 4.3.0 · C:/ITALO_DUY_TESIS/VARIACIÓN ESPACIO TEMPORAL INSECTOS POLINIZADORES/

73	Amazonico	Tomebamba	Muy humeda	CMA35	3500	Diptera	Fannidae	5
74	Amazonico	Tomebamba	Muy humeda	CMA35	3500	Diptera	Heleomyzidae	1
75	Amazonico	Tomebamba	Muy humeda	CMA35	3500	Diptera	Muscidae	8
76	Amazonico	Tomebamba	Muy humeda	CMA35	3500	Diptera	Sciaridae	2
77	Amazonico	Tomebamba	Muy humeda	CMA35	3500	Diptera	Syrphidae	63
78	Amazonico	Tomebamba	Muy humeda	CMA35	3500	Diptera	Tachinidae	3
79	Amazonico	Tomebamba	Muy humeda	CMA35	3500	Diptera	Tephritidae	1
80	Amazonico	Tomebamba	Muy humeda	CMA35	3500	Hymenoptera	Apidae	10
81	Amazonico	Tomebamba	Muy humeda	CMA35	3500	Hymenoptera	Chalcididae	6
82	Amazonico	Tomebamba	Muy humeda	CMA35	3500	Hymenoptera	Ichneumonidae	10
83	Amazonico	Tomebamba	Seca	CMA30	3000	Coleoptera	Chrysomelidae	5
84	Amazonico	Tomebamba	Seca	CMA30	3000	Coleoptera	Lycidae	1
85	Amazonico	Tomebamba	Seca	CMA30	3000	Diptera	Bibionidae	1
86	Amazonico	Tomebamba	Seca	CMA30	3000	Diptera	Bombyliidae	1
87	Amazonico	Tomebamba	Seca	CMA30	3000	Diptera	Calliphoridae	1
88	Amazonico	Tomebamba	Seca	CMA30	3000	Diptera	Chironomidae	1
89	Amazonico	Tomebamba	Seca	CMA30	3000	Diptera	Dolichopodidae	1
90	Amazonico	Tomebamba	Seca	CMA30	3000	Diptera	Fannidae	6
91	Amazonico	Tomebamba	Seca	CMA30	3000	Diptera	Hybotidae	51
92	Amazonico	Tomebamba	Seca	CMA30	3000	Diptera	Milichidae	1
93	Amazonico	Tomebamba	Seca	CMA30	3000	Diptera	Muscidae	2
94	Amazonico	Tomebamba	Seca	CMA30	3000	Diptera	Richardiidae	3
95	Amazonico	Tomebamba	Seca	CMA30	3000	Diptera	Sciaridae	1
96	Amazonico	Tomebamba	Seca	CMA30	3000	Diptera	Syrphidae	174
97	Amazonico	Tomebamba	Seca	CMA30	3000	Diptera	Tachinidae	3
98	Amazonico	Tomebamba	Seca	CMA30	3000	Diptera	Tipulidae	1
99	Amazonico	Tomebamba	Seca	CMA30	3000	Hymenoptera	Apidae	73
100	Amazonico	Tomebamba	Seca	CMA30	3000	Hymenoptera	Vespididae	1
101	Amazonico	Tomebamba	Seca	CMA30	3000	Lepidoptera	Hesperiidae	1
102	Amazonico	Tomebamba	Seca	CMA30	3000	Lepidoptera	Nymphalidae	2
103	Amazonico	Tomebamba	Seca	CMA30	3000	Orthoptera	Acrididae	1
104	Amazonico	Tomebamba	Seca	CMA30	3000	Stylommatophora	Agriolimacidae	1
105	Amazonico	Tomebamba	Seca	CMA35	3500	Coleoptera	Melyridae	2
106	Amazonico	Tomebamba	Seca	CMA35	3500	Diptera	Bombyliidae	3
107	Amazonico	Tomebamba	Seca	CMA35	3500	Diptera	Calliphoridae	2
108	Amazonico	Tomebamba	Seca	CMA35	3500	Diptera	Chironomidae	1
109	Amazonico	Tomebamba	Seca	CMA35	3500	Diptera	Fannidae	4
110	Amazonico	Tomebamba	Seca	CMA35	3500	Diptera	Muscidae	1
111	Amazonico	Tomebamba	Seca	CMA35	3500	Diptera	Sciaridae	1
112	Amazonico	Tomebamba	Seca	CMA35	3500	Diptera	Sphaeroceridae	1
113	Amazonico	Tomebamba	Seca	CMA35	3500	Diptera	Syrphidae	42

RStudio

File Edit Code View Plots Session Build Debug Profile Tools Help

Go to file/function Addins

Source

Console Terminal Background Jobs

R 4.3.0 · C:/ITALO_DUY_TESIS/VARIACIÓN_ESPACIO_TEMPORAL_INSECTOS_POLINIZADORES/

88	Amazonico	Tomebamba	Seca	CMA30	3000	Diptera	Chironomidae	1
89	Amazonico	Tomebamba	Seca	CMA30	3000	Diptera	Dolichopodidae	1
90	Amazonico	Tomebamba	Seca	CMA30	3000	Diptera	Fannidae	6
91	Amazonico	Tomebamba	Seca	CMA30	3000	Diptera	Hybotidae	51
92	Amazonico	Tomebamba	Seca	CMA30	3000	Diptera	Milichidae	1
93	Amazonico	Tomebamba	Seca	CMA30	3000	Diptera	Muscidae	2
94	Amazonico	Tomebamba	Seca	CMA30	3000	Diptera	Richardiidae	3
95	Amazonico	Tomebamba	Seca	CMA30	3000	Diptera	Sciaridae	1
96	Amazonico	Tomebamba	Seca	CMA30	3000	Diptera	Syrphidae	174
97	Amazonico	Tomebamba	Seca	CMA30	3000	Diptera	Tachinidae	3
98	Amazonico	Tomebamba	Seca	CMA30	3000	Diptera	Tipulidae	1
99	Amazonico	Tomebamba	Seca	CMA30	3000	Hymenoptera	Apidae	73
100	Amazonico	Tomebamba	Seca	CMA30	3000	Hymenoptera	Vespidae	1
101	Amazonico	Tomebamba	Seca	CMA30	3000	Lepidoptera	Hesperiidae	1
102	Amazonico	Tomebamba	Seca	CMA30	3000	Lepidoptera	Nymphalidae	2
103	Amazonico	Tomebamba	Seca	CMA30	3000	Orthoptera	Acrididae	1
104	Amazonico	Tomebamba	Seca	CMA30	3000	Stylommatophora	Agriolimacidae	1
105	Amazonico	Tomebamba	Seca	CMA35	3500	Coleoptera	Melyridae	2
106	Amazonico	Tomebamba	Seca	CMA35	3500	Diptera	Bombyliidae	3
107	Amazonico	Tomebamba	Seca	CMA35	3500	Diptera	Calliphoridae	2
108	Amazonico	Tomebamba	Seca	CMA35	3500	Diptera	Chironomidae	1
109	Amazonico	Tomebamba	Seca	CMA35	3500	Diptera	Fannidae	4
110	Amazonico	Tomebamba	Seca	CMA35	3500	Diptera	Muscidae	1
111	Amazonico	Tomebamba	Seca	CMA35	3500	Diptera	Sciaridae	1
112	Amazonico	Tomebamba	Seca	CMA35	3500	Diptera	Sphaeroceridae	1
113	Amazonico	Tomebamba	Seca	CMA35	3500	Diptera	Syrphidae	42
114	Amazonico	Tomebamba	Seca	CMA35	3500	Diptera	Tachinidae	21
115	Amazonico	Tomebamba	Seca	CMA35	3500	Hymenoptera	Apidae	8
116	Amazonico	Tomebamba	Seca	CMA40	4000	Coleoptera	Alticinae	9
117	Amazonico	Tomebamba	Seca	CMA40	4000	Coleoptera	Curculionidae	2
118	Amazonico	Tomebamba	Seca	CMA40	4000	Coleoptera	Leiodidae	3
119	Amazonico	Tomebamba	Seca	CMA40	4000	Diptera	Chironomidae	2
120	Amazonico	Tomebamba	Seca	CMA40	4000	Diptera	Empididae	1
121	Amazonico	Tomebamba	Seca	CMA40	4000	Diptera	Fannidae	7
122	Amazonico	Tomebamba	Seca	CMA40	4000	Diptera	Muscidae	23
123	Amazonico	Tomebamba	Seca	CMA40	4000	Diptera	Phoridae	1
124	Amazonico	Tomebamba	Seca	CMA40	4000	Diptera	Sciaridae	2
125	Amazonico	Tomebamba	Seca	CMA40	4000	Diptera	Syrphidae	7

[reached 'max' / getOption("max.print") -- omitted 479 rows]

> |

RStudio

File Edit Code View Plots Session Build Debug Profile Tools Help

SCRIPT_ITALO.R*

test Next Prev All Replace Replace All

☐ In selection ☐ Match case ☐ Whole word ☐ Regex ☒ Wrap

```

1 rm(list = ls())
2
3 #####INICIO####
4 setwd("C:/ITALO_DUY_TESIS/VARIACIÓN_ESPACIO_TEMPORAL_INSECTOS_POLINIZADORES")
5 list.files()
6
7
8 df <- read.csv("insect.csv",header = T, sep = ",",stringsAsFactors = T)
9 df
10 df$OrdenI <- as.character(df$OrdenI)
11 df$Elevacion <- as.factor(df$Elevacion)
12 str(df)
13 par(mar = c(2,4,1,1))
14 hist(df$Riqueza,main="Histograma de la riqueza de insectos polinizadores",ylab="Frecuencia")
15
16 aa <- glm(df$Riqueza~df$Cuenca+df$Elevacion,
17          family = quasipoisson)
18 summary(aa)
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100
101
102
103
104
105
106
107
108
109
110
111
112
113
114
115
116
117
118
119
120
121
122
123
124 Amazonico Tomebamba Seca CMA40 4000 Diptera Sciaridae 2
125 Amazonico Tomebamba Seca CMA40 4000 Diptera Syrphidae 7
[ reached 'max' / getOption("max.print") -- omitted 479 rows ]
> df$OrdenI <- as.character(df$OrdenI)
> df$Elevacion <- as.factor(df$Elevacion)
> str(df)
'data.frame': 604 obs. of 8 variables:
 $ Vertiente: Factor w/ 2 levels "Amazonico","Pacifico": 1 1 1 1 1 1 1 1 1 ...
 $ Cuenca : Factor w/ 4 levels "Angas","Norcay",...: 3 3 3 3 3 3 3 3 3 ...
 $ Estacion : Factor w/ 3 levels "Humeda","Muy humeda",...: 1 1 1 1 1 1 1 1 1 ...
 $ Codigo : Factor w/ 12 levels "CMA30","CMA35",...: 1 1 1 1 1 1 1 1 1 ...
 $ Elevacion: Factor w/ 3 levels "3000","3500",...: 1 1 1 1 1 1 1 1 1 ...
 $ OrdenI : chr "Coleoptera" "Coleoptera" "Diptera" "Diptera" ...
 $ FamiliaI : Factor w/ 85 levels "Acrididae","Acroceridae",...: 18 42 12 27 30 48 63 76 77 78 ...
 $ Riqueza : int 5 1 116 2 1 1 5 76 1 13 ...

```

Console Terminal Background Jobs

R 4.3.0 - C:/ITALO_DUY_TESIS/VARIACIÓN_ESPACIO_TEMPORAL_INSECTOS_POLINIZADORES/

RStudio

File Edit Code View Plots Session Build Debug Profile Tools Help

SCRIPT_ITALO.R*

test Next Prev All Replace Replace All

☐ In selection ☐ Match case ☐ Whole word ☐ Regex ☒ Wrap

```

7
8 df <- read.csv("insect.csv",header = T, sep = ",",stringsAsFactors = T)
9 df
10 df$OrdenI <- as.character(df$OrdenI)
11 df$Elevacion <- as.factor(df$Elevacion)
12 str(df)
13 par(mar = c(2,4,1,1))
14 hist(df$Riqueza,main="Histograma de la riqueza de insectos polinizadores",ylab="Frecuencia")
15
16 aa <- glm(df$Riqueza~df$Cuenca+df$Elevacion,
17          family = quasipoisson)
18 summary(aa)
19
20 pairwise.t.test(df$Riqueza,df$Cuenca, p.adj = "bonferroni")
21 library(emmeans)
22 em <- emmeans(aa, "Elevacion")
23 contrast(em, "pairwise")
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100
101
102
103
104
105
106
107
108
109
110
111
112
113 Amazonico Tomebamba Seca CMA35 3500 Diptera Syrphidae 42
114 Amazonico Tomebamba Seca CMA35 3500 Diptera Tachinidae 21
115 Amazonico Tomebamba Seca CMA35 3500 Hymenoptera Apidae 8
116 Amazonico Tomebamba Seca CMA40 4000 Coleoptera Alticidae 9
117 Amazonico Tomebamba Seca CMA40 4000 Coleoptera Curculionidae 2
118 Amazonico Tomebamba Seca CMA40 4000 Coleoptera Leiodidae 3
119 Amazonico Tomebamba Seca CMA40 4000 Diptera Chironomidae 2
120 Amazonico Tomebamba Seca CMA40 4000 Diptera Empididae 1
121 Amazonico Tomebamba Seca CMA40 4000 Diptera Fanniidae 7
122 Amazonico Tomebamba Seca CMA40 4000 Diptera Muscidae 23
123 Amazonico Tomebamba Seca CMA40 4000 Diptera Phoridae 1
124 Amazonico Tomebamba Seca CMA40 4000 Diptera Sciaridae 2
125 Amazonico Tomebamba Seca CMA40 4000 Diptera Syrphidae 7
[ reached 'max' / getOption("max.print") -- omitted 479 rows ]
> df$OrdenI <- as.character(df$OrdenI)
> df$Elevacion <- as.factor(df$Elevacion)
> str(df)

```

Environment History Connections Tutorial

Data

- aa List of 30
- df 604 obs. of 8 variables
- df1 155 obs. of 8 variables
- em Formal class 'emmGrid'
- midbar num [1:2, 1:3] 1.5 2.5 4.5 5.5 7.5 8.5
- mymeans num [1:2, 1:3] 13.93 9.02 14.7 11.9 6.01 ...
- myses num [1:2, 1:3] 2.514 1.916 2.534 2.24 0.877 ...

Functions

se function (x)

Histograma de la riqueza de insectos polinizadores

Console Terminal Background Jobs

R 4.3.0 - C:/ITALO_DUY_TESIS/VARIACIÓN_ESPACIO_TEMPORAL_INSECTOS_POLINIZADORES/



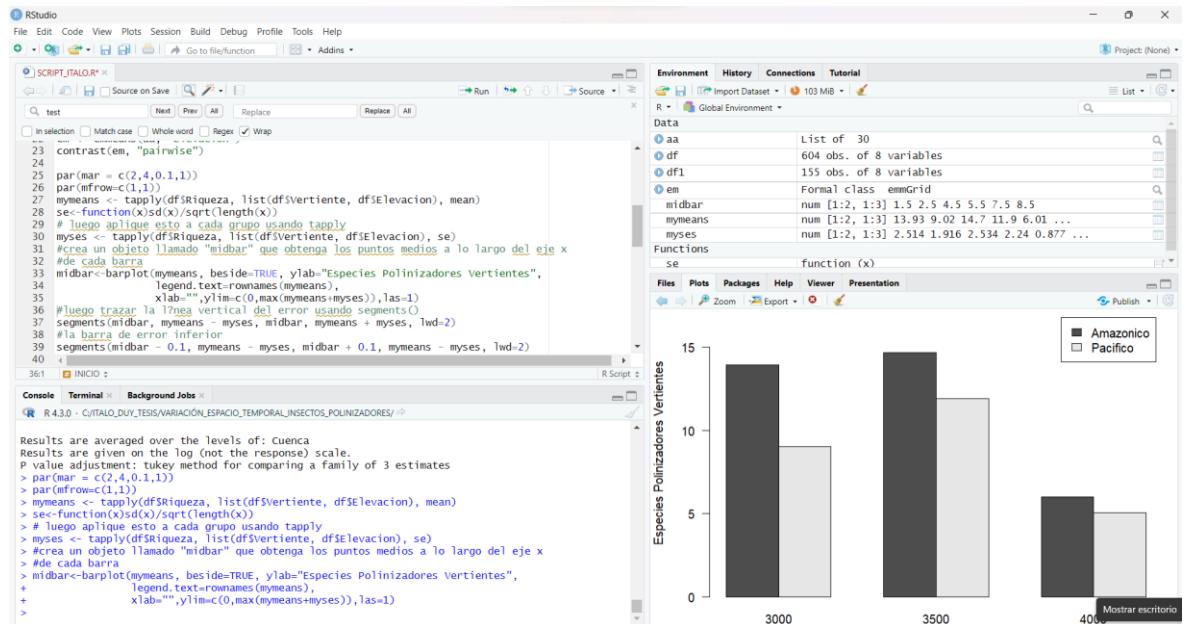
P value adjustment method: bonferroni

```
> library(emmeans)
> em <- emmeans(aa, "Elevation")
> contrast(em, "pairwise")
contrast estimate SE df z.ratio p.value
Elevacion3000 - Elevacion3500 -0.138 0.167 Inf -0.828 0.6856
Elevacion3000 - Elevacion4000 0.743 0.227 Inf 3.269 0.0031
Elevacion3500 - Elevacion4000 0.881 0.226 Inf 3.893 0.0003
```

Results are averaged over the levels of: Cuenca

Results are given on the log (not the response) scale.

P value adjustment: tukey method for comparing a family of 3 estimates



AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Italo Alexander Duy Campoverde portador(a) de la cédula de ciudadanía N° **0107644924**. En calidad de autor/a y titular de los derechos patrimoniales del proyecto de titulación "**Modelo de calidad y rareza de hábitat de cuatro cuencas hídricas de los altos Andes del Macizo del Cajas para la valoración de sus servicios ecosistémicos**" de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos y no comerciales. Autorizo además a la Universidad Católica de Cuenca, para que realice la publicación de éste proyecto de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, **14 de julio de 2023**



F:

Italo Alexander Duy Campoverde

C.I. 0107644924