



Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

Maestría de Restauración de Paisajes Tropicales

Modelos de referencia para la restauración de paisajes altoandinos en la Sierra centro de Ecuador: conceptualización y criterios e indicadores de selección

Trabajo de Titulación, previo a la
obtención del título de Magíster de
Restauración de Paisajes Tropicales

AUTORA:

Mayra Alexandra Sánchez Contenido

DIRECTORA:

Ing. Tatiana Lizbeth Ojeda Luna, PhD.

Loja - Ecuador

2024

Certificación

Loja, 10 de septiembre de 2024

PhD Tatiana Lizbeth Ojeda Luna

DIRECTORA DE TRABAJO DE TITULACIÓN

CERTIFICO:

Que he revisado y autorizado el envío del manuscrito denominado: **Variables e indicadores empleados en el desarrollo de modelos de referencia para la restauración de paisajes altoandinos: una revisión sistemática**, previo a la obtención del título de Magister en Restauración de Paisajes Tropicales, de la autoría de la estudiante **Mayra Alexandra Sánchez Conteno**, con **cédula de identidad Nro. 1150494621**, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja, para el efecto, autorizo la presentación del mismo para su respectiva sustentación y defensa.



Firmado electrónicamente por:
**TATIANA LIZBETH
OJEDA LUNA**

PhD Tatiana Lizbeth Ojeda Luna

DIRECTORA DE TRABAJO DE TITULACIÓN

Autoría

Yo, **Mayra Alexandra Sánchez Contenido**, declaro ser autora del presente Trabajo de Titulación y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos y acciones legales, por el contenido del mismo. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación de mi Trabajo de Titulación, en el Repositorio Digital Institucional – Biblioteca Virtual.

Firma:



Cédula de Identidad: 1150494621

Fecha: 17 de septiembre del 2024

Correo: masanchezc@unl.edu.ec

Teléfono: 0963675206

Carta de autorización por parte de la autora, para consulta, reproducción parcial o total y/o publicación electrónica del texto completo, del Trabajo de Titulación.

Yo, **Mayra Alexandra Sánchez Contento**, declaro ser autor/a del Trabajo de Titulación denominado: **Modelos de referencia para la restauración de paisajes altoandinos en la Sierra centro de Ecuador: conceptualización y criterios e indicadores de selección**, como requisito para optar por el título de **Magister en Restauración de Paisajes Tropicales**, autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido en el Repositorio Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del Trabajo de Titulación que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, suscribo en la ciudad de Loja, a los diecisiete días del mes de septiembre de dos mil veinticuatro

Firma:



Autora: Mayra Alexandra Sánchez Contento

Cédula: 1150494621

Dirección: Loja, Ecuador

Correo electrónico: masaezc@unl.edu.ec

Teléfono: 0963675206

DATOS COMPLEMENTARIOS:

Directora del Trabajo de Titulación: Ing. Tatiana Lizbeth Ojeda Luna, PhD

Dedicatoria

Este trabajo se lo dedico con todo el cariño a Dios, quien me ha dado la fuerza y sabiduría durante todos estos años para alcanzar una meta más. Con mucho amor a mi mamá, pilar fundamental en mi vida, mi mayor consejera, amiga y ejemplo de perseverancia. A mis hermanos, por sus significativos aportes en los momentos de mayor estrés, que me han hecho una mejor persona.

A todos mis amigos, familiares y demás personas que, de una u otra manera, han sido parte de mi formación tanto profesional como personal.

Gracias a todos los que hicieron esto posible.

Mayra Alexandra Sánchez Contento

Agradecimiento

Expreso mi infinito agradecimiento a Dios por la salud y la vida que me sigue otorgando, y a mi familia, principalmente a mis padres y hermanos, por haber sido una fuente constante de apoyo y cariño a lo largo de toda mi vida.

De manera cordial y sincera, agradezco a quienes hicieron posible y contribuyeron para que este trabajo investigativo se realizara. Comienzo por el Consorcio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina, que me abrió las puertas para formar parte de sus líneas de investigación y llevar a cabo esta grandiosa experiencia de estudiar los paisajes altoandinos.

Un profundo agradecimiento a mis directores, Paúl y Tatiana, cuyos aportes han sido fundamentales para el desarrollo de esta investigación. Aprecio enormemente su compromiso, interés y predisposición.

Asimismo, agradezco de corazón a mis amigos Cristian, Nathaly, Yuli y Cristian por su compañerismo y amistad.

Gracias a todos y todas que fueron parte de este increíble proceso.

Mayra Alexandra Sánchez Contento

Índice de contenidos

Portada	i
Certificación	ii
Autoría	iii
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Índice de contenidos	vii
Índice de figuras:.....	x
Índice de tablas:.....	xi
Índice de anexos:.....	xii
1. Título	1
2. Resumen	2
Abstract.....	3
3. Introducción	4
4. Marco teórico	7
4.1. Definición de paisaje.....	7
4.1.1. Definición e importancia de los paisajes altoandinos	7
4.1.2. Tipos de coberturas y usos que caracterizan a los paisajes altoandinos en Ecuador	9
4.2. Restauración de paisajes forestales (RPF)	11
4.2.1. Los principios de la restauración de paisajes forestales.....	12
4.2.2. Estadios de la restauración	13
4.2.3. Criterios para la restauración de paisajes forestales	14
4.2.4. Indicadores para la restauración de paisajes forestales.....	14
4.2.5. Sistemas agroforestales como modelos de restauración de paisajes altoandinos ..	15
4.3. Pasos para la restauración de paisajes forestales	16
4.3.1. Modelo de referencia	16
4.3.2. Criterios e indicadores para definir modelos de referencia	17
4.4. Iniciativas de restauración de paisajes forestales en Latinoamérica y Ecuador.....	18
5. Metodología	21
5.1. Área de estudio	21

5.2. Uso del suelo en la Mancomunidad de Frente Sur Occidental (MFSO).....	22
5.3. Procedimiento para realizar la revisión sistemática para la conceptualización de modelos de referencia	23
5.4. Procedimiento para conceptualizar modelos de referencia en la Sierra centro de Ecuador: caso Tungurahua.....	27
5.5. Selección de criterios e indicadores para la identificación de modelos de referencia	29
5.5.1. Consideraciones para la redacción de criterios e indicadores.....	30
6. Resultados	31
6.1. Conceptualización de modelos de referencia para la restauración de paisajes altoandinos en la Sierra centro de Ecuador (SCE).....	31
6.1.1. Estado del arte de publicaciones sobre indicadores y criterios de modelos de referencia para la restauración	31
6.1.2. Sistematización de atributos utilizados para seleccionar modelos de referencia...	34
6.2. Propuesta de conceptualización de modelos de referencia para Sierra centro de Ecuador (SCE)	39
6.2.1. Conceptualización de modelos de referencia para ecosistemas naturales en paisajes altoandinos	40
6.2.2. Conceptualización de modelos de referencia para ecosistemas antrópicos en paisajes altoandinos	45
6.3. Criterios e indicadores para la selección de modelos de referencia para la restauración de paisajes altoandinos	47
6.3.1. Modelo de referencia para el bosque siempreverde del páramo.....	47
6.3.2. Modelo de referencia para el arbustal siempreverde y herbazal del páramo	50
6.3.3. Modelo de referencia para el herbazal de páramo	52
6.3.4. Modelo de referencia para el herbazal y arbustal subnival del páramo	54
6.3.5. Modelo de referencia para sistemas agrosilvícolas.....	57
6.3.6. Modelo de referencia para sistemas silvopastoriles.....	59
7. Discusión.....	63
7.1. Desafíos metodológicos y análisis de publicaciones para la conceptualización de modelos de referencia en la restauración de paisajes altoandinos en la Sierra centro de Ecuador (SCE)	63
7.1.1. Implicaciones metodológicas de la investigación.....	63
7.1.2. Vacíos de la revisión sistemática	64
7.2. Propuesta de conceptualización de modelos de referencia para Sierra Centro del Ecuador	66
7.3. Criterios e indicadores para la selección de modelos de referencia para la restauración de paisajes altoandinos	67

8. Conclusiones	69
9. Recomendaciones.....	70
10. Bibliografía.....	71
11. Anexos	86

Índice de figuras:

Figura 1. Estadio de la restauración según Gann et al., (2019) (imagen derecha), basado en (Bradshaw, 1984).	13
Figura 2. Mapa de ubicación del área visitada (MFSO)	22
Figura 3. Diagrama de flujo PRISMA del procedimiento desarrollado.	26
Figura 4. Ubicación del área de estudio provincia de Tungurahua y su composición ecosistémica	28
Figura 5. Número de publicaciones desde 1999 hasta 2023 relacionadas con la selección de modelos de referencia.....	32
Figura 6. Número de publicaciones por fuente de información de 1999 al 2023	33
Figura 7. Número de publicaciones sobre restauración de paisajes por país durante el período 1999 al 2023.	34
Figura 8. Variables bióticas utilizadas para la selección de modelos de referencia	35

Índice de tablas:

Tabla 1. Superficie (km ²) de cada cantón para uso agropecuario	23
Tabla 2. Criterios de preselección de información	24
Tabla 3. Estrategia de búsqueda para la conceptualización de modelos de referencia	25
Tabla 4. Matriz para síntesis de información de modelos de referencia	27
Tabla 5. Matriz para síntesis de información para la selección de criterios e indicadores.....	29
Tabla 6. Atributos para seleccionar modelos de referencia de las 64 publicaciones analizadas	34
Tabla 7. Resumen de variables y subvariables citadas en las 64 publicaciones.....	37
Tabla 8. Criterios e indicadores para seleccionar modelos de referencia para el ecosistema bosque siempreverde del páramo	47
Tabla 9. Criterios e indicadores para seleccionar modelos de referencia para el ecosistema arbustal y herbazal siempreverde del páramo	50
Tabla 10. Criterios e indicadores para seleccionar modelos de referencia para el ecosistema herbazal del páramo	52
Tabla 11. Criterios e indicadores para seleccionar modelos de referencia para el ecosistema herbazal y arbustal subnival del páramo	55
Tabla 12. Criterios e indicadores para seleccionar modelos de referencia sistemas agrosilvícolas	57
Tabla 13. Criterios e indicadores para seleccionar modelos de referencia sistemas silvopastoriles	59

Índice de anexos:

Anexo 1. Formato de entrevista semiestructurada 86

Anexo 2. Visita técnica realizada a la Mancomunidad del Frente Sur Occidental 87

1. Título

Modelos de referencia para la restauración de paisajes altoandinos en la Sierra centro de Ecuador: conceptualización y criterios e indicadores de selección

2. Resumen

Los paisajes altoandinos son socioecosistemas ubicados entre el límite del bosque cerrado y las nieves perpetuas; se caracterizan por presentar ecosistemas naturales y antrópicos que reflejan las dinámicas de producción y conservación que se dan en el Sierra centro del Ecuador. Los paisajes altoandinos están sometidos a fuertes presiones que provocan la degradación de los servicios ecosistémicos. La restauración de paisajes altoandinos surge como una herramienta para recuperar áreas degradadas al tiempo que se construyen paisajes multifuncionales resilientes y sostenibles. La restauración en estos entornos presenta varios retos, uno de ellos es la definición de modelos de referencia que permitan evidenciar si los objetivos de la restauración se están cumpliendo. Actualmente, existe poca información sobre cómo conceptualizar e identificar de manera adecuada modelos de referencia para la restauración. Precisamente, este estudio presenta una propuesta que permite orientar la selección de modelos de referencia en paisajes altoandinos de la Sierra centro del Ecuador. Para ello, a partir de una revisión sistemática de literatura para identificar elementos clave en la identificación de modelos de referencia para seis ecosistemas naturales y dos antrópicos. Entre los criterios identificados, se abordan aspectos relacionados con la estructura, composición y función de los ecosistemas. Además, se incluyen aspectos sociales, edáficos, climáticos y paisajísticos, tales como fragmentación, prácticas agropecuarias, entre otras. Con base en los criterios, se construyeron indicadores prácticos que orienten la selección de modelos de referencia para los implementadores de proyectos de restauración.

Palabras clave: antrópicos, ecosistemas, fragmentación, resiliencia.

Abstract

High Andean landscapes are socio-ecosystems located between the frontier of closed forest and perpetual snow. They are characterized by the presence of both natural and anthropogenic ecosystems that reflect the dynamics of production and conservation that occurs in the central Sierra of Ecuador. These high Andean landscapes are subjected to significant pressures that lead to the degradation of ecosystem services. The restoration of high Andean landscapes arises as a tool for recovering deteriorated areas while constructing resilient and sustainable multifunctional landscapes. Restoration in these environments carries several challenges, one of them is the definition of reference models that allow for the assessment of whether restoration objectives are being achieved. Currently, there is limited information on how to adequately conceptualize and identify reference models for restoration. This study specifically presents a proposal that guides the selection of reference models in high Andean landscapes of the central Sierra of Ecuador. To achieve this goal, a systematic literature review was conducted to identify key elements in the identification of reference models for six natural ecosystems and two anthropogenic ones. Among the identified criteria, aspects related to the structure, composition, and function of the ecosystems are addressed. In addition, social, edaphic, climatic, and landscape aspects are included, such as fragmentation and agricultural practices, among others. Based on these criteria, practical indicators were developed to guide the selection of reference models for project implementers in restoration efforts.

Keywords: anthropogenic, ecosystems, fragmentation, resilience.

3. Introducción

El ser humano provoca alrededor del 41 % de la degradación al planeta, afectando ~1 660 millones de hectáreas (ha), donde el 29 % de la superficie está destinada a la agricultura y el 12 % a la ganadería (FAO, 2021). Los principales promotores de la deforestación y degradación forestal son el crecimiento urbano, el cambio del uso del suelo para agricultura o ganadería, la explotación y extracción excesiva de recursos forestales y la biodiversidad en general con fines económicos (García y González, 2019). La degradación, fragmentación y la deforestación en los diferentes ecosistemas disminuyen la capacidad de estos para mantener la biodiversidad, generando graves problemas socioambientales como la desertificación del suelo, carencia de agua y la provisión de importantes servicios ecosistémicos (Atilo, 2020; Duarte et al., 2017).

Los ecosistemas altoandinos se distribuyen en América del Sur desde Venezuela hasta Perú en el Ecuador se encuentran en toda la región Sierra y está conformado por diferentes coberturas de vegetación entre las más dominantes están los bosques, páramos, arbustales, pajonales, humedales y tierras agrícolas conjuntamente con sus comunidades (Keating, 2007). Estos ecosistemas han estado expuestos a constantes prácticas de degradación que han provocado una gran afectación en su funcionalidad y estructura, en su gran mayoría por actividades antrópicas relacionadas con cultivos y quemas (Terán-Valdez et al., 2019). Los paisajes de la provincia de Tungurahua son parte de la Cordillera Oriental de los Andes, destacan por su diversidad botánica, albergando numerosas especies vegetales únicas y endémicas en el mundo. La importancia de este ecosistema radica en su capacidad para mantener la estabilidad de los suelos, regular el ciclo del agua y proporcionar refugio y alimento para una variedad de animales, incluyendo aves, mamíferos y anfibios (Smith, 2018). Los impactos a los ecosistemas altoandinos de la provincia Tungurahua surgen de una serie de factores, físicos, biológicos, sociales y económicos, lo que desata cambios inevitables en el caso de los Andes. Según Tovar et al. (2013), todos estos factores impactaran en los diferentes ecosistemas como el páramo, lo que causará una pérdida neta de su cobertura principalmente por el aumento de temperatura, este cambio podría influir tanto en su composición y estructura generando un desequilibrio ecológico.

Para contrarrestar los efectos causados por la deforestación y la degradación forestal se han puesto en marcha diferentes estrategias. Una de ellas con mayor relevancia es la restauración de paisajes forestales (RPF) cuyo objetivo es restablecer la integridad ecológica, recuperar bienes y servicios ecosistémicos, y mejorar la productividad de las tierras degradadas, para mejorar la interacción entre los ecosistemas y los medios de vida como sustento de las

poblaciones locales, con el aumento del valor económico de los diferentes usos de suelo (Organización Internacional de las Maderas Tropicales [ITTO], 2023).

Los modelos de referencia son esenciales para planificar y diseñar de forma adecuada la restauración, así como para evaluar la recuperación de áreas restauradas mediante diversos indicadores, como los servicios ecosistémicos (Choi, 2004). Estos modelos pueden construirse utilizando datos de múltiples sitios de referencia y deben abarcar una amplia gama de atributos del ecosistema como: amenazas, composición de especies, estructura de la comunidad, condiciones físicas, funciones ecosistémicas e interacciones externas, entre otros (Gann et al., 2019). La omisión de esta etapa inicial, que consiste en tener un modelo de referencia, puede conducir al fracaso de los proyectos de restauración (Aguilar-Garavito y Ramírez, 2015).

En la RPF se utilizan los términos “ecosistema de referencia” y “modelo de referencia”. El término “ecosistema de referencia” se centra en los atributos a nivel de composición, estructura y funciones ecológicas, por lo tanto, enfatiza en las características biológicas y físicas del ecosistema (Gann et al., 2019). Por otro lado, el “modelo de referencia” se puede construir con base en varios sitios de referencia reales o teóricos, de acuerdo con la información existente (Gann et al., 2019) esto permite crear una integridad ecológica con la satisfacción de las necesidades humanas (Wu, 2013), se toma en cuenta el contexto local involucrando tanto los aspectos sociales como ecológicos.

A pesar de su gran importancia, los modelos de referencia carecen de información especializada para su identificación en contexto de los paisajes altoandinos. Esto plantea un desafío relevante en la provincia de Tungurahua, donde los medios de vida son muy marcados por actividades agrícolas y ganaderas (Plan de Ordenamiento Territorial de Tungurahua [PDOT-Tungurahua], 2015).

Con este contexto, la presente investigación tuvo como objetivo la generación de una propuesta de conceptualización de modelos de referencia y la selección de criterios e indicadores para los paisajes altoandinos de la Sierra Centro del Ecuador. Los resultados serán una valiosa herramienta para los tomadores de decisiones en el país. La presente investigación contó con el apoyo técnico y financiero del Consorcio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina (CONDESAN), y de investigadores del Centro de Investigaciones Tropicales del Ambiente y Biodiversidad (CITIAB) de la Universidad Nacional de Loja. Los objetivos planteados para el desarrollo de esta investigación fueron:

Objetivo general:

Desarrollar una propuesta para conceptualizar modelos de referencia en paisajes altoandinos y definir criterios e indicadores para su identificación que sirvan de guía para las intervenciones de restauración de paisajes.

Objetivos específicos:

- Conceptualizar modelos de referencia en paisajes altoandinos de la Sierra centro de Ecuador, mediante un análisis de las definiciones existentes en la literatura científica.

- Identificar criterios e indicadores relevantes para la selección de modelos de referencia para la restauración de paisajes altoandinos, que consideren el contexto de uso de la tierra en la Sierra centro del Ecuador.

4. Marco teórico

4.1. Definición de paisaje

El paisaje es una representación visual y estética del entorno natural o construido, abarcando aspectos físicos, culturales, ecológicos y perceptuales. Combina elementos naturales como montañas y ríos con construcciones humanas como edificios y carreteras, creando una imagen global que influye en la percepción del observador (Zubelzu y Allende, 2015). Desde una perspectiva geográfica, es una configuración espacial resultante de la interacción entre factores naturales y actividades humanas, crucial para la planificación y gestión del uso del suelo.

Culturalmente, el paisaje refleja la identidad e historia de las comunidades, convirtiéndose en parte de su patrimonio. Los paisajes culturales, como terrazas agrícolas y ciudades tradicionales, son modelados por prácticas humanas y su conservación es vital para preservar la diversidad cultural (Cañas et al., 2020). Ecológicamente, el paisaje es un mosaico de ecosistemas interconectados que afecta la biodiversidad y la resiliencia de los ecosistemas frente a perturbaciones como el cambio climático (Crespo, 2020).

La percepción del paisaje está influenciada por factores subjetivos y emocionales, dependiendo de las experiencias personales, culturales y sociales de los individuos. El paisaje puede evocar sentimientos de belleza, serenidad, nostalgia o pertenencia, y su apreciación estética varía significativamente entre diferentes personas y culturas. Los diseñadores de paisajes, artistas y arquitectos paisajistas trabajan para crear y modificar paisajes que sean funcionales, sostenibles y que mejoren la calidad de vida y el bienestar de las personas que los disfrutan (Alomar-Garau y Gómez-Zotano, 2022).

4.1.1. Definición e importancia de los paisajes altoandinos

Para comprender los paisajes altoandinos, es importante conceptualizar al ecosistema altoandino; así, Cueva (2020) lo define como una unidad ecológica que se encuentra en las zonas elevadas de los Andes, caracterizada por su altitud, clima frío y vegetación adaptada a condiciones extremas. Por ende, el paisaje altoandino se describe como la región donde ocurre de la forma natural la transición desde el bosque andino alto hacia áreas con vegetación más abierta. De acuerdo al MAATE (2023) se define el paisaje altoandino para el Ecuador, como la franja de cambio entre los bosques montanos altos, los bosques andinos hacia el inicio la vegetación más achaparrada y dispersa, siendo el inicio del páramo. Esta franja también se conoce como ceja de montaña, donde se incluyen los bosques altoandinos, bosques aislados de *Polylepis*, *Escallonia* y *Gynoxys*, matorrales (sur del país), páramo de pajonal, páramo de

frailejones (norte del país), páramo herbáceo, páramo de bambúes, humedales y la zona periglaciaria también conocido como superpáramo.

En Ecuador los páramos en su mayoría se encuentran en la franja altitudinal desde 3 200 a los 4 700 m s.n.m.. Sin embargo, depende de la ubicación geográfica, es decir, al norte y centro inician desde los 3 700 m s.n.m. en la parte oriental y hacia el occidente desde los 3 400 m s.n.m. en cambio en el sur del país inician desde 2 800 m s.n.m. (Hofstede et al., 2023). De acuerdo a esa distribución los páramos están presentes en 15 provincias del país, a lo largo de la Sierra de los Andes, ocupando el 9,6 % del territorio nacional (Camacho, 2013). Bajo estas particularidades, este estudio realizado en la provincia de Tungurahua se ha considerado la franja desde los 3 000 m s.n.m. hasta los 4 900 m s.n.m.. Dentro de esta franja se ubican la parte más alta de los bosques siempre verdes montanos altos, de la parte oriental y occidental, hasta los páramos subnivales, cabe mencionar que en este rango altitudinal se realizan actividades agrícolas y de pastores.

Los paisajes altoandinos son importantes por su multifacética contribución ecológica, cultural y económica. Desde la perspectiva ecológica, los ecosistemas de los paisajes altoandinos albergan una gran biodiversidad y son esenciales para regulación hídrica pues tienen la capacidad de almacenar el agua en época de lluvia y liberarla en época seca (Daily et al., 2021). Se caracterizan por su alta riqueza de especies vegetales, mantienen suelos siempre húmedos lo que permite acumular gran cantidad de materia orgánica y carbono. Por ende, sus suelos son altamente productivos, siendo preferidos para la economía de sociedades andinas por su valor agrícola e hídrico (Martínez y Ontivero, 2016).

Socialmente, estos paisajes han sido hogar de múltiples comunidades, étnicas y pueblos desde épocas prehispánicas, lo que ha desarrollado un apego cultural a estos ecosistemas, en especial al páramo. Esto se refleja en la práctica de costumbres ancestrales como el chamanismo y el curanderismo (Hofstede et al., 2014). Sin olvidar que, las montañas, lagunas y páramos son a menudo considerados sagrados y forman parte de las cosmovisiones y rituales ancestrales de los pueblos andinos, fortaleciendo su identidad y cohesión social (Cruz, 2020). Por otro lado, los páramos han sido actores de las principales rutas de comunicación en tiempos prehispánicos, convirtiéndolos en auténticos sitios arqueológicos (Chuncho-Morocho y Chuncho, 2019).

En la economía, los paisajes altoandinos son importantes en el sostén y desarrollo de las comunidades locales. Actualmente, en el páramo viven ~4 045 026 personas, distribuidos a lo largo de los Andes del Ecuador, lo que ha sido causa para desarrollar actividades de subsistencia basadas en la agricultura y ganadería como principales fuentes de ingresos (Ministerio del

Ambiente Agua y Transición Ecológica [MAATE], 2023). Las actividades desarrolladas por las comunidades han convirtiéndose a los páramos parte fundamental del desarrollo económico local y regional. Estas áreas no solo son cruciales para la subsistencia de las familias locales, sino que también actúan como proveedores de alimentos a nivel regional (Chuncho-Morocho y Chuncho, 2019). Otra de las actividades que juega un papel importante en la economía de los páramos es el ecoturismo representa otra importante fuente de ingresos para las regiones altoandinas. Aprovechando la belleza escénica, la biodiversidad y la riqueza cultural de estos paisajes, muchas comunidades han desarrollado proyectos de turismo sostenible que atraen a visitantes nacionales e internacionales (Mena, 2011).

El desarrollo de las diferentes actividades en los paisajes altoandinos, han llevado a generar políticas de conservación y manejo de los recursos naturales, siendo un papel crucial en la protección y uso sostenible de los recursos. Por ejemplo, el MAATE ha implementado categorías de protección donde se incluyen áreas protegidas, áreas de conservación municipal, turismo sostenible, políticas, planes y proyectos de desarrollo sostenible, entre otras a nivel nacional (MAATE, 2023). La importancia política de los paisajes altoandinos también se manifiesta en el reconocimiento y fortalecimiento de los derechos de las comunidades indígenas y locales que habitan estas regiones. Políticas inclusivas que respeten y promuevan los conocimientos tradicionales y las prácticas sostenibles de estas comunidades, las que son vitales para la gestión y conservación efectiva de los paisajes altoandinos (Ochoa-Sánchez et al., 2021). Sin olvidar que para la gestión adecuada de los paisajes altoandinos es necesario considerarlos como socio ecosistemas, es decir generar estrategias que promuevan la conservación y el uso sustentable de los recursos de forma equilibrada (Lozano et al., 2016).

4.1.2. Tipos de coberturas y usos que caracterizan a los paisajes altoandinos en Ecuador

Los paisajes altoandinos son considerados como socioecosistemas, debido a la interacción humano y la naturaleza, lo que ha provocado cambios en el uso del suelo, especialmente en el páramo. Estas interacciones hacen que los paisajes altoandinos en Ecuador se distingan por una variedad de coberturas y usos de suelo que reflejan la diversidad de ecosistemas naturales y antrópicos. Según Velasco (2013), el ser humano impregna su huella en la naturaleza a través de las formas históricas de ocupación territorial. Los paisajes altoandinos incluyen áreas de páramos, bosques montanos, arbustales, pajonales y herbazales (MAE, 2013). Entre los ecosistemas que conforman los paisajes altoandinos, destaca el páramo debido a su gran importancia y extensión; está formado por pastizales naturales más arriba del bosque (3 000 – 3 500 m s.n.m.) y debajo de los glaciares (4 500 – 5 000 m s.n.m.) (Hofstede y Llambí, 2020). Los páramos se localizan en regiones tropicales y subtropicales, donde

prevalecen condiciones extremas como bajas temperaturas, alta humedad y fuertes vientos (Díaz-Granados et al., 2005; Hofstede et al., 2003).

Dentro de los ecosistemas de naturales, se encuentran:

Los páramos son áreas dominadas por vegetación herbácea y arbustiva, caracterizadas por un alto endemismo y especialización genética de cada especie (Pinos-Morocho et al., 2021).

También se encuentran los bosques altoandinos, compuestos por especies nativas como *Polylepis*, *Escallonia* y *Gynoxys*, proporcionan hábitats cruciales para numerosas especies de flora y fauna. Estos bosques a menudo se encuentran en mosaicos con áreas de matorrales y humedales, que contribuyen a la heterogeneidad del paisaje y ofrecen servicios ecosistémicos importantes, como la retención de agua y la protección contra la erosión (Hofstede et al., 2023).

El uso del suelo en los paisajes altoandinos está dominado por prácticas agrícolas y ganaderas adaptadas a las altitudes elevadas y las condiciones climáticas rigurosas. Las comunidades locales cultivan una variedad de productos tradicionales, como papas, maíz y cebada, en terrazas y campos que aprovechan la topografía del terreno. El pastoreo de ganado, principalmente de llamas y alpacas, es otra actividad común que se integra armoniosamente con el entorno natural. El ecoturismo ha emergido como un uso sostenible del paisaje, aprovechando la belleza escénica y la biodiversidad de los ecosistemas altoandinos para atraer visitantes y generar ingresos que apoyan la conservación y el desarrollo comunitario (Guerrero et al., 2022). Otra de las actividades antrópicas en menor proporción son las plantaciones, quemadas para minería de carbón (Hofstede et al., 2014).

Los paisajes altoandinos se enfrentan a usos antrópicos de gran impacto como la minería ilegal, cerca del 7 % de la superficie total de este paisaje se encuentra concesionado por empresas mineras; otro de los problemas asociados a los usos antrópicos es el mal manejo de las actividades de ganadería y agricultura a esto se suman los incendios, quemadas e introducción de especies exóticas (MAATE, 2023). Estas actividades son algunas de las principales causas que contribuyen a la degradación y fragmentación de estos paisajes (Martínez y Ontivero, 2016).

Cabe recordar que los paisajes altoandinos, por su naturaleza son altamente frágiles y muy sensibles a las perturbaciones ambientales, por tal razón estas presiones impactan en las condiciones climáticas, reducen la diversidad biológica, aumentan la erosión del suelo y alteran otros servicios ecosistémicos importantes, lo que lleva a la interrupción de las prácticas socioculturales y aumenta los desastres naturales (García et al., 2019).

4.2. Restauración de paisajes forestales (RPF)

La RPF tuvo sus inicios a partir del 2000 y se define como un proceso planeado que busca recobrar la integridad ecológica y mejorar el bienestar humano en áreas degradadas o deforestadas (Stanturf et al., 2017). Es un concepto emergente que hace referencia a un enfoque que involucre a las partes interesadas en todos sectores de uso de la tierra afectados, aplicando procesos participativos de toma de decisiones (Sabogal et al., 2015).

La RPF es un marco conceptual y metodológico que guía la restauración ecológica en un proceso de recuperación o rehabilitación a través de la mayor conectividad del paisaje, busca mejorar las funciones del ecosistema mediante la estabilización de los flujos hídricos, así como la promoción del bienestar y los medios de vida de las comunidades a través de la gestión sostenible de productos forestales y no forestales. Se enfoca en identificar y utilizar modelos de referencia que exhiben una estructura, composición y funcionalidad ecológica óptimas para la restauración (Chazdon y Guariguata, 2018). Este enfoque holístico considera la interconexión entre los componentes bióticos y abióticos del ecosistema, así como las interacciones entre los seres humanos y su entorno natural (Bastidas, 2015; Dudley et al., 2018). Al integrar aspectos ecológicos, sociales y económicos, la RPF asegura que los proyectos de restauración no solo mejoren la biodiversidad y los servicios ecosistémicos, sino que también beneficien a las comunidades locales y promuevan el desarrollo sostenible (Russo, 2020).

La RPF puede ser implementada a través de diversas modalidades y prácticas, dependiendo del contexto específico y los objetivos de restauración. Algunas de las modalidades incluyen la restauración pasiva, que permite la recuperación natural de los ecosistemas mediante la eliminación de perturbaciones humanas, como el pastoreo excesivo y la tala, en cambio la restauración activa implica intervenciones directas como la reforestación con especies nativas, la reintroducción de fauna autóctona y la reconstrucción de hábitats degradados (Sanchún et al., 2016), pero es importante mencionar que se pueden mezclar las dos formas dependiendo del contexto.

Las prácticas asociadas a la RPF pueden incluir la gestión del agua para restaurar los flujos hidrológicos naturales y mejorar la calidad del agua, la creación de corredores ecológicos para mejorar la conectividad del hábitat y permitir el movimiento de especies entre áreas fragmentadas (Sanchún et al., 2016) a través de prácticas como la agricultura sostenible, sistemas agrosilviculturales, agroforestales entre otras (Haddad et al., 2021). Estas prácticas contribuyen al aumento de la productividad, mejoran la fertilidad del suelo, controlan la erosión, proporcionan sombra y ofrecen forraje (Besseau et al., 2018). Por tal razón, la RPF desempeña un papel crucial en la mejora de los medios de vida de las comunidades locales; se integra en

el mosaico de usos de la tierra y contribuye al cumplimiento de compromisos y acuerdos internacionales, incluyendo los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS): 1) fin de la pobreza ODS; 6) agua limpia y saneamiento; y, 15) vida de ecosistemas terrestres (ITTO, 2023).

4.2.1. Los principios de la restauración de paisajes forestales

En el año 2018 se definieron seis principios para RPF, respondiendo a las necesidades de contar con un marco conceptual que facilite las diferentes acciones de restauración. A continuación, y de acuerdo con Besseau et al. (2018) mencionan seis principios:

1. Enfoque de paisaje

Se lleva a cabo en paisajes completos en lugar de sitios individuales. Estos paisajes son una combinación de diferentes tipos de coberturas con diversos usos y prácticas de manejo, y están gobernados por diferentes sistemas de gobernabilidad, buscando un equilibrio entre los cambios ecológicos, sociales y las prioridades económicas

2. Participación de las partes interesadas y apoyo a la gobernanza participativa

La restauración de paisajes forestales implica la participación activa de diversas partes interesadas en diferentes niveles, incluyendo a grupos vulnerables. Esto implica su participación en la planificación y toma de decisiones relacionadas con el uso de la tierra, establecimiento de metas y estrategias de restauración, métodos de implementación, distribución de beneficios, monitoreo y procesos de revisión.

3. Restauración de funciones ecológicas y el uso de variedad de enfoques de restauración

Se busca restaurar múltiples aspectos ecológicos, sociales y funciones económicas a través de un paisaje y generar una gama de bienes y servicios ecosistémicos que benefician a múltiples grupos de partes interesadas.

4. Conservar y mejorar los ecosistemas naturales

No da lugar a la conversión o destrucción de bosques naturales u otros ecosistemas, al contrario, mejora la conservación, recuperación y gestión sostenible de bosques y otros ecosistemas.

5. Adaptar a la medida del contexto local a mediano y largo plazo

Utiliza una variedad de enfoques tomando en cuenta los valores locales sociales, culturales, económicos, ecológicos y necesidades e historia del paisaje. Se basa en la ciencia más reciente, en mejores prácticas y conocimientos tradicionales e indígenas. Aplica esa información en el contexto de las capacidades y estructuras de gobernanza existentes o nuevas.

6. Restaurar la provisión de una diversidad de bienes y servicios

La restauración de paisajes busca mejorar la resiliencia a largo plazo del paisaje y de sus grupos de interés. Esto implica enfoques que promuevan la diversidad genética y especies y que se adapten a los cambios climáticos y ambientales, así como a las necesidades y valores de las partes interesadas. A medida que progresa la restauración, es esencial integrar la información de seguimiento, la investigación y la retroalimentación de las partes interesadas en los planes de manejo.

4.2.2. Estadios de la restauración

La restauración se considera el proceso de restablecer la estructura, función e integridad de ecosistemas prístinos. Sin embargo, durante el proceso de recuperación el resultado no siempre puede llegar a una completa restauración funcional y estructural. Por ello, se han definido otros conceptos a los que se podría llegar según la perturbación del ecosistema, tales como recuperación, rehabilitación y remplazo o reclamación (Figura 1) (Gann et al., 2019).



Figura 1. Estadio de la restauración según Gann et al. (2019) (imagen derecha), basado en (Bradshaw, 1984).

La recuperación busca lograr que el ecosistema alcance una composición, estructura y funcionalidad conforme a los niveles establecidos en el modelo de referencia. Por otro lado, la rehabilitación implica mejorar un ecosistema perturbado sin necesariamente ser restaurado a su estado original; es decir, se recupera parcialmente su estructura y funciones, especialmente en términos de productividad. En cambio, el remplazo es el proceso en donde se obtiene un ecosistema funcional, pero no necesariamente su composición y estructura deben ser similares al ecosistema original, esto implica que la presencia de nuevas especies que desempeñen roles y funciones similares a las especies anteriores (Gann et al., 2019; Gómez-Ruiz y Lindig-Cisneros, 2017; MAATE, 2023).

Es importante conocer acerca de los estadios en el contexto de la Restauración de Paisajes Forestales (RPF) porque estos proporcionan una estructura clara y metodológica para guiar todo el proceso de restauración ecológica. Comprender los diferentes estadios, desde la

evaluación inicial del paisaje hasta la definición del modelo de referencia, la planificación de intervenciones y el monitoreo continuo, permite a los gestores de restauración diseñar y ejecutar estrategias de manera sistemática y efectiva. Cada estadio asegura que se aborden todos los aspectos críticos de la restauración, facilitando la identificación de problemas, la implementación de soluciones adecuadas y la adaptación de las prácticas basadas en los resultados obtenidos. Este enfoque estructurado es esencial para lograr los objetivos de restauración de manera coherente y sostenible, maximizando el éxito y la resiliencia de los ecosistemas forestales restaurados (Gann et al., 2019).

4.2.3. Criterios para la restauración de paisajes forestales

Los criterios para la restauración de paisajes forestales abordan una amplia gama de aspectos, incluyendo la biodiversidad, la salud de los ecosistemas, la resiliencia climática, la participación comunitaria, la sostenibilidad, entre otros. Estos criterios ayudan a garantizar que los proyectos de restauración sean efectivos en la recuperación de la funcionalidad y la diversidad de los bosques y paisajes forestales (Stanturf et al., 2017).

La aplicación de los criterios para la restauración implica la definición de metas y objetivos claros, identificación de especies, hábitats objetivo, la elección de las prácticas de restauración adecuadas y la evaluación continua de los resultados para ajustar y mejorar los esfuerzos de restauración (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza [UICN], 2016 y World Resources Institute [WRI], 2014)

Los criterios para la RPF son esenciales para asegurar que los proyectos de restauración, sean científicamente sólidos, socialmente aceptables y ambientalmente responsables, contribuyendo así a la conservación y recuperación de los ecosistemas forestales y sus beneficios asociados (Stanturf et al., 2017). Estos criterios pueden variar según la región geográfica y el contexto específico de restauración, pero su objetivo fundamental es promover la restauración sostenible y efectiva de paisajes forestales (ITTO, 2023).

4.2.4. Indicadores para la restauración de paisajes forestales

Un indicador es una herramienta utilizada para medir y evaluar el progreso hacia un objetivo específico, especialmente en la restauración de paisajes forestales. Debe ser relevante, es decir, estar directamente relacionado con los objetivos de la restauración y reflejar aspectos importantes del ecosistema. Debe ser medible, permitiendo la recopilación de datos precisos y consistentes a lo largo del tiempo, y específico, proporcionando información clara sobre el aspecto particular del ecosistema evaluado. Este debe ser sensible para detectar pequeños cambios, fiable para producir resultados consistentes, fácil de usar para asegurar su aplicación regular y efectiva, y comparable para permitir análisis a lo largo del tiempo y entre diferentes

proyectos. Esto garantiza que los datos recolectados sean útiles para monitorear el progreso, ajustar estrategias y alcanzar los objetivos de restauración de manera efectiva y sostenible (Stanturf et al., 2017).

Los indicadores se relacionan con los objetivos del proyecto, proporcionando información objetiva y cuantificable sobre el estado de los ecosistemas y su respuesta a las intervenciones de restauración. Los indicadores son utilizados para caracterizar y monitorear los cambios en la biodiversidad, la estructura del bosque, los servicios ecosistémicos y otros aspectos clave que pueden ser medidos de forma simple y fácil para monitorear el cambio (Aguilar-Garavito y Ramírez, 2015).

4.2.5. Sistemas agroforestales como modelos de restauración de paisajes altoandinos

A lo largo de los años, los paisajes altoandinos han experimentado importantes transformaciones debido al desarrollo de actividades agropecuarias. Los sistemas agroforestales emergen como aliados fundamentales en la búsqueda de alternativas sostenibles que permitan la recuperación o rehabilitación de áreas que han sido sobreutilizadas sin ningún criterio de sostenibilidad. Al mismo tiempo este tipo de sistemas facilitan la interacción del ecosistema con el desarrollo de los medios de vida de la comunidad, logrando cultivos más diversos, productivos y rentables (Castillo-Rojas, 2020; Villa et al., 2015).

Según Farrell y Altieri, (1999) mencionan que se puede clasificar los sistemas agroforestales de acuerdo con su composición, disposición de los componentes, función, escala socioeconómica, nivel de manejo y la distribución ecológica.

Considerando la estructura se pueden clasificar en:

- ***Agrosilvícola***

El sistema agrosilvícola implica la combinación de árboles y/o arbustos junto con cultivos agrícolas en una misma unidad geográfica. Esta integración se puede lograr mediante la implementación de cercas vivas, linderos, cortinas rompevientos, huertos mixtos y sistema Taungya (Carvajal et al., 2024).

- ***Silvopastoriles***

En este sistema, se combina la plantación de árboles con especies herbáceas forrajeras con la interacción de actividad ganadera. Se implementan prácticas como la inclusión de árboles en pasturas, la creación de bancos de proteínas y la dispersión de árboles y arbustos en potreros (Carvajal et al., 2024).

Producción forestal de multipropósito

En este sistema las especies forestales se regeneran y manejan con el propósito de producir no solo madera, sino también hojas, frutos que son adecuadas como alimento o de forraje (Farrell y Altieri, 1999).

4.3. Pasos para la restauración de paisajes forestales

La RPF conlleva una serie de pasos empezando por definir los objetivos que se busca cumplir. Aguirre et al. (2013) mencionan alrededor de nueve pasos a seguir en la RPF: 1) caracterización de las áreas y selección del escenarios o construcción de modelos de referencia, 2) caracterización de disturbios, 4) identificación de actores sociales, 5) planteamiento de objetivos y metas, 6) selección de sitios potenciales a ser restaurados e identificación de especies a utilizar, 7) diseño y aplicación de las estrategias de restauración, 8) ejecución del monitoreo, seguimiento y evaluación del proceso y 9) difusión de los resultados.

4.3.1. Modelo de referencia

Un modelo de referencia se define como aquel que muestra la condición esperada en la que habría estado el área de restauración si no hubiera sido degradado; se construye a partir de múltiples sitios de referencia y teóricamente con la información disponible en donde se incluye una gama de atributos del ecosistema. Por ejemplo, composición de especies estructura de la comunidad, condiciones físicas, funciones ecosistémicas entre otros (Gann et al., 2019).

Este modelo puede ser la adaptación de un ecosistema cultural lo que reconoce que los ecosistemas no son solo conjuntos de organismos, sino que reflejan la coevolución de plantas, animales y humanos en respuesta a condiciones ambientales pasadas. Estos ecosistemas también son llamados ecosistemas seminaturales, debido a las interacciones socio ecológicas y tradiciones de la comunidad. Múltiples ecosistemas complementarios pueden funcionar como referencias para la restauración de paisajes forestales donde se observa la combinación de actividades antrópicas con procesos de restauración. Por ejemplo, Rey-Benayas et al. (2009) plantearon los “islotos forestales en mares agrícolas” una forma de aliar la agricultura y la conservación o restauración de los bosques nativos, fomentando el uso de modelos que tomen en cuenta los principios de la agroecología.

Es importante diferenciar los términos usados en la restauración de acuerdo con la necesidad y el enfoque de cada proyecto, por ejemplo:

- **Sitios de referencia**

Son aquellos que se definen como un sitio intacto existente que tiene atributos y una fase sucesiva similar al sitio del proyecto de restauración y que se utiliza para informar el

modelo de referencia (Gann et al., 2019). Se utiliza tanto en la restauración ecológica como en la restauración de paisajes.

- **Ecosistema de referencia**

Se basa en caracterizar o identificar la composición florística que se encuentre en el máximo y más estable nivel de madurez en cuanto a la dinámica sucesional en donde se evidencie la ausencia de perturbaciones (Cabello y Navarro, 2017). Esto brinda un punto de partida para diseñar y evaluar un proyecto de restauración (Vargas-Ríos, 2011). Este término es más empleado en la restauración ecológica, ya que su enfoque va direccionado a la recuperación neta del ecosistema, tanto en composición y funciones ecológicas.

4.3.2. Criterios e indicadores para definir modelos de referencia

Los criterios son normas o estándares específicos que se utilizan para guiar y evaluar procesos. Los criterios dan lugar a creación de indicadores que orientan la toma de decisiones y acciones relacionadas con la restauración de ecosistemas forestales degradados, dañados o alterados. Los criterios para modelos de referencia se basan en los objetivos de la RPF; es decir, cumplen con un enfoque integral incluyendo aspectos ecológicos, socioeconómicos y culturales (Comena et al., 2021).

Por ejemplo, en la restauración de paisajes, los criterios para definir modelos de referencia podrían incluir la composición de especies, la estructura del hábitat, las funciones ecológicas y otros atributos clave que se desean restaurar o mantener. Estos criterios son esenciales para evaluar el éxito de los esfuerzos de restauración y para guiar la gestión de los ecosistemas a un estado deseado (Grupo de Trabajo Científico para el Decenio de las Naciones Unidas sobre la Restauración de los Ecosistemas, 2022).

Por otro lado, los indicadores sirven para varios procesos; uno de ellos es conocer el estado de los servicios ecosistémicos, en el estudio de Maes et al. (2016) realizaron una revisión sistemática y encontraron alrededor de 1118 indicadores potenciales que han sido utilizados para monitorear procesos de restauración, la quinta parte de los 1118 indicadores está orientada a la evaluación de servicios ecosistémicos. Por ello, se resalta la importancia de utilizar una gama de indicadores al instante de evaluar la biodiversidad de cada ecosistema. Otros estudios mencionan que entre los indicadores principales están: los ecológicos y los socio ecológicos o culturales. Los indicadores ecológicos son variables que se utilizan para medir los cambios en aspectos físicos (por ejemplo, diversidad), químicos (como la concentración de nutrientes) y bióticos (interacción especies) del ecosistema, siguiendo el modelo de referencia como guía. Los indicadores socio ecológicos o culturales miden los cambios en el bienestar humano,

incluyendo la participación en prácticas tradicionales, la gobernanza, el idioma y la educación (Gann et al., 2019; Gatica-Saavedra et al., 2017; Zamora Cristales et al., 2001).

En lo que concierne a modelos de referencia para la restauración de paisajes, los indicadores deben ser medidas o variables que sirvan para caracterizar y evaluar el estado y funcionamiento de un ecosistema en su condición natural o poco perturbada (Toledo et al., 2018). Los indicadores son un marco de referencia que funcionan como una línea base al momento de planificar y monitorear la restauración, que contrasta el estado actual de un ecosistema tras ser restaurado contra un modelo de referencia no perturbado (Ruiz-Jaen y Aide, 2005). Los indicadores son herramientas imprescindibles durante cualquier proceso de restauración, permiten fijar metas realistas y medibles, evaluar los resultados obtenidos y ajustar las estrategias de restauración (Aronson et al., 2004).

Dentro de la restauración los indicadores deben cumplir con ciertas características clave, entre ellas resaltan la estructura y funciones del ecosistema que se espera recuperar, ser medibles, cuantificables, y fáciles de recopilar. Deben estar relacionados con procesos ecológicos clave y los beneficios tanto ambientales como socioeconómicos que el ecosistema brinda, con igual importancia es necesario que sean modificables al momento de generarse imprevisto y permitan establecer mejoras en el ecosistema restaurado (Gann et al., 2019; Gatica-Saavedra et al., 2017; Zamora-Cristales et al., 2001). La adaptabilidad es importante para reflejar cambios y avances científicos y la facilidad de comunicación es esencial para involucrar a todos los interesados en el proceso de restauración. Por último, se deben considerar los recursos disponibles y la relación costo-beneficio al seleccionar los indicadores para asegurar la viabilidad del monitoreo del proyecto (Gann et al., 2019; Gatica-Saavedra et al., 2017; Zamora Cristales et al., 2001). Según mencionan Nelson et al. (2024), los indicadores utilizados en la selección del modelo de referencia, en lo posible deben ser los mismos que se utilicen durante la fase de monitoreo de la restauración, con el fin de medir el cambio desde el punto de partida.

4.4. Iniciativas de restauración de paisajes forestales en Latinoamérica y Ecuador

En las últimas décadas se han planteado grandes metas a través de distintos esfuerzos globales y regionales. En América Latina entre las acciones más importantes es la conocida Iniciativa 20 × 20 que busca la recuperación de 20 millones de hectáreas de tierras degradadas y deforestadas para el año 2020, liderada por países latinoamericanos y caribeños que se comprometen a la restauración (Iniciativa 20 × 20, 2014). A esta iniciativa se sumó la WWF, cuyo objetivo es restaurar 30 millones de hectáreas de tierras degradadas en América Latina y

el Caribe para el año 2030 (WWF, 2019). La meta Aichi 15 del Convenio sobre la Diversidad Biológica, es otra de las iniciativas donde 170 países firmaron un acuerdo con 20 metas para proteger la biodiversidad y el medio ambiente en el planeta (Moiraghi y Zárate, 2021). El objetivo principal de estas iniciativas es impulsar la restauración de paisajes a través de acciones concretas, promover la seguridad alimentaria, la conservación de la biodiversidad y el desarrollo sostenible (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza [UICN], 2016).

Los países han desarrollado sus propias estrategias de restauración las que se han plasmado en los diferentes planes de restauración. Méndez-Toribio et al. (2017) mencionan que Brasil, Colombia, Ecuador y Guatemala son países que han construido un plan de restauración donde han considerado la recuperación de servicios ecosistémicos de forma sostenible con la adopción de un enfoque a escala del paisaje en un largo plazo.

Todas estas iniciativas mencionadas demuestran el compromiso asumido en varias convenciones donde se abordan temas con un enfoque de restauración de paisajes forestales. Cada iniciativa tiene sus particularidades de acuerdo con el contexto local, no obstante, comparten una meta común de restaurar y conservar ecosistemas degradados.

La restauración en Ecuador tiene sus inicios desde la década del 1980 con la erradicación de las especies exóticas en las Islas Galápagos (Murcia et al., 2017). También han existido acciones desde la parte privada; sin embargo, esta información no ha sido documentada y facilitada al público (González et al., 2017).

El inicio de una política pública que hace referencia a procesos de restauración como medidas de reparación fue la Codificación No. 17 del 2004 de la Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre (Chillagana, 2016). Sin embargo, es hasta el año 2006 en donde aparece la primera definición oficial del término restauración en la Norma de Manejo Sustentable de Bosques Andinos y para luego generar las normativas para Bosque Seco y Bosque Húmedos (Murcia et al., 2017).

En 2011, se incluyó en el Programa Socio Bosque la recuperación de la cobertura natural mediante la rehabilitación ecológica y de la cobertura boscosa con la plantación de árboles en sistemas agroforestales (Murcia et al., 2017). En cuanto para el año 2014, el Plan Nacional de Forestación y Reforestación (PNFyR) fue remplazado por el Plan Nacional de Restauración Forestal y Reforestación (MAE, 2019) el cambio radica en la inclusión de la restauración como herramienta para afrontar la degradación a nivel nacional. En el año 2019, se publicó el Plan Nacional de Restauración Forestal 2019 - 2030 cuyo objetivo es impulsar la restauración de los ecosistemas forestales, bajo una guía estandarizada que contribuya a la conservación de la

biodiversidad, la mitigación del cambio climático y el desarrollo sostenible del país (MAE, 2019). El último instrumento es la creación del Plan de Acción Nacional para la Conservación, Restauración y Uso Sostenible de los Páramos 2023 - 2030, cuyo objetivo es orientar la elaboración de planes, programas, proyectos y acciones para la gestión integral de los páramos (MAATE, 2023).

5. Metodología

5.1. Área de estudio

La Sierra centro ecuatoriana se caracteriza por los paisajes altoandinos, situados en las provincias de Bolívar, Chimborazo, Cotopaxi y Tungurahua (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GIZ, 2021). La diversidad de ecosistemas de montaña es vital para la biodiversidad y provisión de servicios ecosistémicos esenciales, en especial la regulación del agua para áreas rurales y urbanas. Además, estos ecosistemas son fundamentales para la mitigación del cambio climático, y el apoyo a la agricultura sostenible en la región (PDOT, 2015).

Este estudio se centra en la provincia de Tungurahua que posee una superficie total de 3 369,4 km² de acuerdo con su Plan de Ordenamiento Territorial (PDOT, 2023). Para la recopilación de información de campo, se visitó la Mancomunidad de Frente Sur Occidental (MFSO) (Figura 2). Esta mancomunidad incluye cantones representativos de las diferentes actividades agropecuarias de la provincia.

La provincia de Tungurahua es conocida por su belleza paisajística, que incluyen volcanes, montañas, ríos y cascadas. A pesar de ello, es una de las provincias más pequeñas del Ecuador; con 149 habitantes por kilómetro cuadrado (PDOT, 2023) gran parte de familias viven en situación de pobreza por consumo (PNUD, 2020). Según Naranjo (2019), el 27,5 % del total de familias son pobres y el 12,1 % se encuentran en situación de extrema pobreza. La mayoría de las comunidades locales dependen en gran medida de los recursos naturales, por tal razón sus ingresos no superan el valor establecido a nivel nacional para acceder a la canasta básica que para el año 2023 es de 764,71 dólares (Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC], 2023). Esto genera una alta presión sobre los ecosistemas, lo que provoca degradación y fragmentación al paisaje.

Desde la perspectiva ecológica, esta provincia es un complejo mosaico formado por diferentes ecosistemas. La parte más baja está conformada por bosques siempreverde montanos, y conforme avanza la altitud se encuentran ecosistemas como: arbustales, pajonales y herbazales del páramo, y en las zonas más altas, se encuentran los páramos subnavales (Figura 2) (Hofstede et al., 2023). El ecosistema más predominante es el páramo, el cual ocupa alrededor del 41 % de la superficie es decir 136 000 ha, de las que 86 000 ha forman parte del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP) (García et al., 2019; Hofstede et al., 2023). Tungurahua se caracteriza por un clima variado con una gradiente que va desde los 1 200 m

s.n.m. a los 5 000 m s.n.m. generando una temperatura entre - 4 °C en los sitios más altos y 20 °C en los más bajos y una precipitación anual entre 400 mm y 600 mm (PDOT, 2023).

En la mayoría estas áreas naturales han sido destinadas para el desarrollo de actividades agro-productivas, por ejemplo: el libre pastoreo, la ganadería y la cría de ganado equino, así como el cultivo de tubérculos y gramíneas. Sumado a esto la práctica del uso de plantas medicinales, un papel desempeñado por las mujeres, por esta razón son consideradas como las guardianas de los conocimientos ancestrales y la práctica de la medicina alternativa (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo [PNUD], 2020).

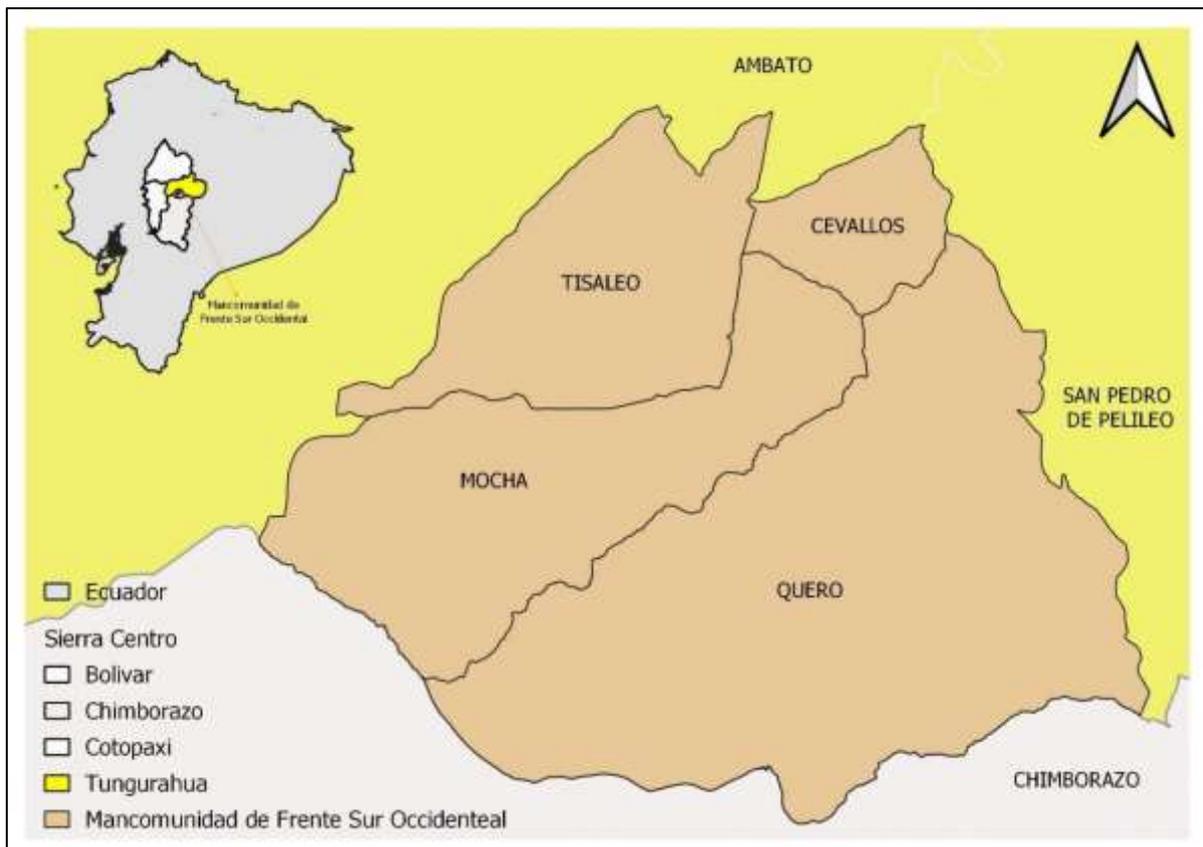


Figura 2. Mapa de ubicación del área visitada (MFSO).

5.2. Uso del suelo en la Mancomunidad de Frente Sur Occidental (MFSO)

A partir de la visita técnica a la Mancomunidad de Frente Sur Occidental (MFSO), con el fin de conocer las principales actividades que se desarrollan en los cantones Cevallos, Mocha, Quero y Tisaleo y los criterios e indicadores. Se consideró esta área porque, según el mapa de cobertura de uso del suelo del MAE (2022), son los cantones con mayor cobertura de tierra agropecuaria, con relación a la superficie total de cada uno. Durante esta visita, se llevaron a cabo entrevistas semiestructuradas (Anexo 1) a los técnicos de la MFSO y, paralelamente se realizaron recorridos por la zona (Anexo 2).

Entre los usos predominantes de los cuatro cantones está destinado al desarrollo de cultivos de ciclo corto hasta extensas áreas de pastos. A continuación, se expone la cobertura de suelo destinada a las actividades agropecuarias de cada cantón y los principales cultivos que realizan (Garcés et al., 2018).

Tabla 1. Superficie (km²) de cada cantón para uso agropecuario

Cantón	Área ocupada para actividades agropecuarias	Tipo de cultivos
Tilaseo	89 % de 59,13 km ²	Cultivos de papa asociados con frutales, mora y frutillas
Cevallos	85 % de 18,79 km ²	Cultivos de ciclo corto se combinan con frutales y pasturas.
Quero	75 % de 173,79 km ²	Cultivos mixtos de maíz suave, papa,
Mocha	55 % de 85.85 km ²	cebolla, arveja, pastos y frutales

Estas actividades de subsistencia (Tabla 1) se entrelazan con la variedad de ecosistemas presentes en los paisajes altoandinos, de la provincia de Tungurahua. Los ecosistemas que se encuentran presentes dentro del rango altitudinal van desde los 3 000 hasta los 4 900 m s.n.m., (MAE, 2013), son: bosque siempreverde del páramo, herbazal de páramo, herbazal húmedo montano alto superior del páramo, herbazal húmedo subnivel del páramo y herbazal ultra húmedo subnival del páramo (Figura 3). La coexistencia de las actividades humanas y los ecosistemas representa un gran desafío para la restauración de paisajes (Garcés et al., 2018).

5.3. Procedimiento para realizar la revisión sistemática para la conceptualización de modelos de referencia

La conceptualización del modelo de referencia parte de la recopilación, análisis y síntesis de otras definiciones bibliográficas para la generación de conceptos ajustados al contexto de la Sierra centro. Para ello se realizó una sistematización de información con tópicos directamente relacionados al tema de investigación. Una revisión sistemática se define como un resumen estructurado y claro de aspectos cuantitativos y cualitativos de estudios primarios de un conjunto de varios artículos. El objetivo principal fue realizar un análisis actualizado del tema de estudio, además representa un alto nivel de evidencia científica (Manterola et al., 2013; Moreno et al., 2018).

El aumento de la información científica en los diferentes campos crece día con día, por lo que es importante e incluso necesario disponer documentos en donde se sintetice de forma ordenada y bajo un criterio científico, facilitando la comprensión sobre un tema específico

(Villasís-Keever et al., 2020). La revisión sistemática cumple con algunos lineamientos que permite efectivizar el tema de estudio. Las actividades a seguir planteadas por Moreno et al. (2018), son: (1) plantear la pregunta de investigación, (2) realizar la búsqueda de información en las diferentes bases de datos e ir seleccionando los artículos de interés y relevancia, (3) estrategia de búsqueda, (4) selección de información y (5) extracción de datos, análisis estadístico, y presentación de resultados.

Existen lineamientos internacionales para llevar a cabo una sistematización de calidad, uno de ellos es establecer un protocolo donde se incluya algunos de los criterios a considerar para la búsqueda, selección de información, así como las fuentes de información que se utilizarán. Para la construcción del protocolo de búsqueda se empleó la metodología Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA). Esta metodología establece lineamientos claros para llevar a cabo revisiones sistemáticas y metaanálisis de manera rigurosa y transparente, mejorando la calidad y la presentación de estos estudios (Quispe et al., 2021).

A continuación, se detallan los pasos seguidos para el proceso de sistematización de información:

a) Planteamiento de la pregunta de investigación

La pregunta de investigación planteada tiene relación con el tema de estudio y los objetivos que se espera cumplir. La restauración de paisajes altoandinos en la provincia de Tungurahua requiere una conceptualización precisa de modelos de referencia, así como la identificación de criterios e indicadores efectivos. Estos componentes son esenciales para guiar los procesos de toma de decisiones y asegurar que las estrategias de restauración sean adecuadas y sostenibles. Para lo cual se plantea la siguiente pregunta: ¿Cuál es el conjunto de elementos claves que se deben incluir en la conceptualización de modelos de referencia y en la identificación y selección de criterios e indicadores para guiar los procesos de toma de decisiones en la restauración de paisajes altoandinos de la provincia de Tungurahua?.

b) Búsqueda de información

En este paso, se identificaron los principales criterios para la búsqueda general de información en las diferentes fuentes, tanto de idioma inglés como español (ver Tabla 2).

Tabla 2. Criterios de preselección de información

Criterios de admisibilidad		Cumple (sí, no)
Año de difusión	Estudios a partir del año 2000	
Idioma	Español e inglés	Cumple (sí, no)

Tipo de documento	Artículos, manuales, protocolos o guías, informes técnicos y documentos de información clásica o base
	Fuentes de información
Base de datos	Scopus, e informes y reportes de páginas oficiales de instituciones públicas o privadas
	Cumple (sí, no)

La base de datos principal en donde se inició la búsqueda fue Scopus, por la gran cantidad de información que contiene.

c) Estrategia de búsqueda

Una buena búsqueda de información incluye el uso de términos clave y su combinación con operadores de búsqueda. Se consideraron palabras claves con relación a los ecosistemas presentes en los paisajes de la provincia de Tungurahua, así como la inclusión de palabras relacionadas al tema y objetivos de investigación. La combinación de las palabras planteadas y el uso de los operadores de búsqueda (AND y OR) dieron como resultado la ecuación de búsqueda (Tabla 3). Cabe aclarar que las palabras clave en español fueron las mismas que se utilizaron en la búsqueda de información en fuentes en inglés, previamente traducidas.

Tabla 3. Estrategia de búsqueda para la conceptualización de modelos de referencia.

Referencia	Descripción
Palabras clave	<p>Español: Restauración, recuperación, rehabilitación, revegetación, paisaje, altoandino, modelos de referencia, bosque, páramo, arbustal, herbazal, características, ecología, función, definición, criterios, indicadores, criterios, indicadores, parámetros, atributos, evaluar y medir.</p> <p>Inglés: Restoration, recovery, rehabilitation, revegetation, landscape, highandean, reference models, forest, paramo, shrubland, pastureland, characteristics, ecology, function, definition, criteria, indicators, parameters, attributes, evaluate and measure.</p>
Ecuación de búsqueda	<p>(restaura* O recupera* O reveget* O rehabilit*) Y (referencia O escenario O modelo) Y ("bosque altoandino" O páramo O "arbusto altoandino" O "pastizal altoandino") Y (caráct* O ecología O func* O defini*) AND (criter* O indicad* O parámet* O atributo* O evaluar* O valorar* O medir*)</p> <p>(restor* OR recover* OR revegeta* OR rehabilit*) AND (reference OR escenario OR model) AND ("forest high andean" OR paramo OR "shrub high andean" OR "pastureland high andean") AND (charact* OR ecology OR funct* OR definit*) AND (criter* OR indicator* OR parameter* OR attribute* OR evaluat* OR assess* OR measur*)</p>

Nota: Si bien la mayor parte de información se encontró en países con ecosistemas altoandinos, también existieron publicaciones provenientes de otros países.

d) Selección de información

Luego de la recopilación de información de la base de datos, es posible encontrar información duplicada o que no tenga relación con el objetivo de búsqueda, para la exclusión de esta información se hizo uso del flujograma de PRISMA (Figura 3) con el propósito de

garantizar un enfoque riguroso y transparente en la selección de datos. Para ello se cumplió con los siguientes pasos:

1. **Eliminación de duplicados:** En este paso se eliminaron todos los estudios duplicados esto se realizó considerando el título de cada estudio.
2. **Selección por título y resumen:** Se eliminaron aquellos estudios que no contenían las palabras clave o que no estaban relacionados directamente con la pregunta de investigación.
3. **Selección por texto completo:** En los artículos preseleccionados se realizó una lectura crítica y rápida, identificando elementos relacionados a la pregunta de investigación.

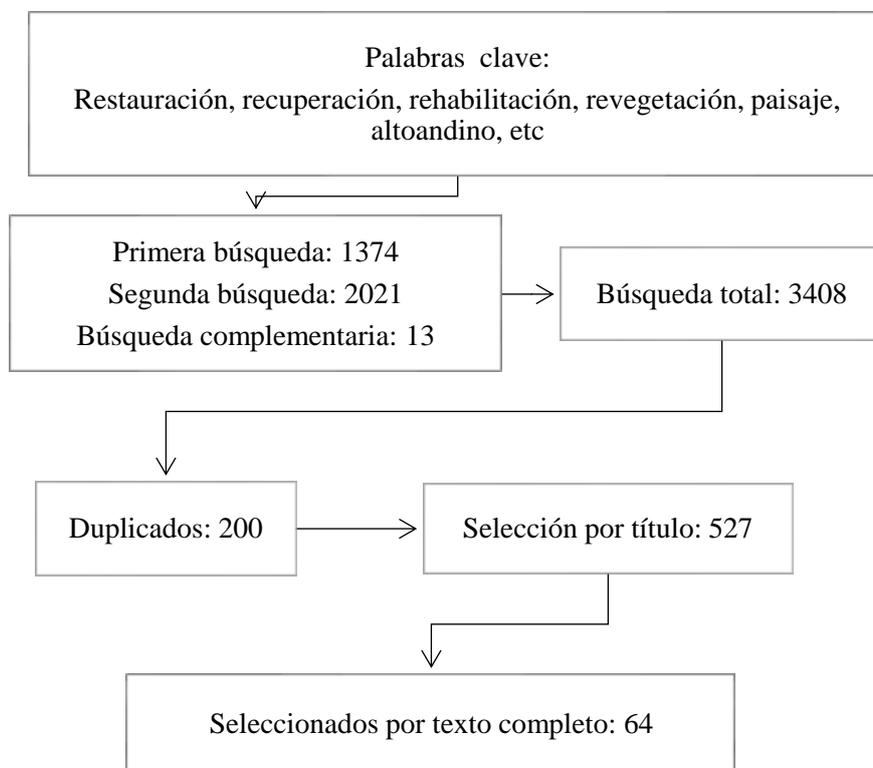


Figura 3. Diagrama de flujo PRISMA del procedimiento desarrollado.

e) Extracción y síntesis de datos

Una vez realizada la búsqueda y después de haber aplicado el flujograma de PRISMA se procedió a la construcción de una matriz para el registro ordenado y sistematizado de la información seleccionada. Dentro de esta matriz (Tabla 4) se establecieron elementos clave que permitan la conceptualización de modelos de referencia. Por ejemplo, se incluyeron las características de cada tipo de cobertura vegetal, como estructura, composición, funciones ecológicas, condiciones climáticas entre otras que se fueron sumando durante el avance de la revisión de cada estudio seleccionado.

Tabla 4. Matriz para síntesis de información de modelos de referencia

Autor	Año	Título	Tipo de ecosistema	Definición establecida	Características	Funciones	Notas
---	---	---	-----	-----	-----	-----	-----

A continuación, se detalla cada apartado de la matriz:

Autor: Nombres de quién o quiénes escribieron el artículo.

Año: Año en el que se publicó el artículo.

Título: Nombre del artículo.

Tipo de ecosistema: Se describirá el tipo de ecosistema en donde se haya realizado el estudio.

Definición establecida: En el caso de existir, se recopilará la información acerca del concepto o definición lo términos de: bosque, arbustal, herbazal, páramo, o sistemas productivos, en el contexto de ecosistemas altoandinos.

Características: Se recopilarán las principales características para definir: bosque, arbustal, herbazal, páramo, o sistemas productivos, en el contexto de ecosistemas altoandinos.

Funciones: Se describirán o enlistarán las principales funciones especialmente ecológicas del bosque, arbustal, herbazal, páramo, o sistemas productivos, en el contexto de ecosistemas altoandinos.

Observaciones: Se registrará algún dato de importancia para la conceptualización de modelos de referencia en el contexto de un paisaje altoandino.

5.4. Procedimiento para conceptualizar modelos de referencia en la Sierra centro de Ecuador: caso Tungurahua

El proceso de conceptualización en la presente investigación se fundamentó en la revisión sistemática de la literatura, mencionada anteriormente, que facilitó identificar y analizar múltiples estudios relevantes a su vez permitió recopilar, sintetizar y sistematizar información sobre las definiciones, características y funciones de diversos ecosistemas altoandinos, lo cual fue esencial para desarrollar conceptos ajustados al contexto local. Esta metodología no solo garantizó la solidez y validez de la conceptualización propuesta, sino que también proporcionó una base robusta para la identificación de criterios e indicadores que fueron utilizados parara la construcción de los diferentes modelos de referencia. En este contexto, cabe mencionar que la provincia de Tungurahua está ubicada en la región central de Ecuador, abarca una amplia gama de altitudes que oscilan entre los 2 000 y los 4 900 m s.n.m. Albergando diversos ecosistemas (Figura 4), cada uno con características y biodiversidad

únicas. Algunos de los ecosistemas presentes en esta altitud según la clasificación del MAE (2013) son:

- Herbazal del páramo
- Bosque siempreverde montano del norte de la Cordillera Oriental de los Andes
- Bosque siempreverde montano alto del norte de la Cordillera Oriental de los Andes
- Arbustal siempreverde y herbazal del páramo
- Bosque siempreverde montano bajo del norte de la Cordillera Oriental de los Andes
- Herbazal húmedo montano alto superior del páramo
- Herbazal ultrahúmedo subnival del páramo
- Arbustal siempreverde montano del norte de los Andes
- Herbazal y arbustal siempreverde subnival del páramo
- Bosque siempreverde del páramo
- Herbazal inundable del páramo
- Bosque y arbustal semideciduo del norte de los valles
- Herbazal húmedo subnival del páramo
- Bosque siempreverde montano alto de la Cordillera Occidental de los Andes
- Bosque siempreverde montano de la Cordillera Occidental de los Andes

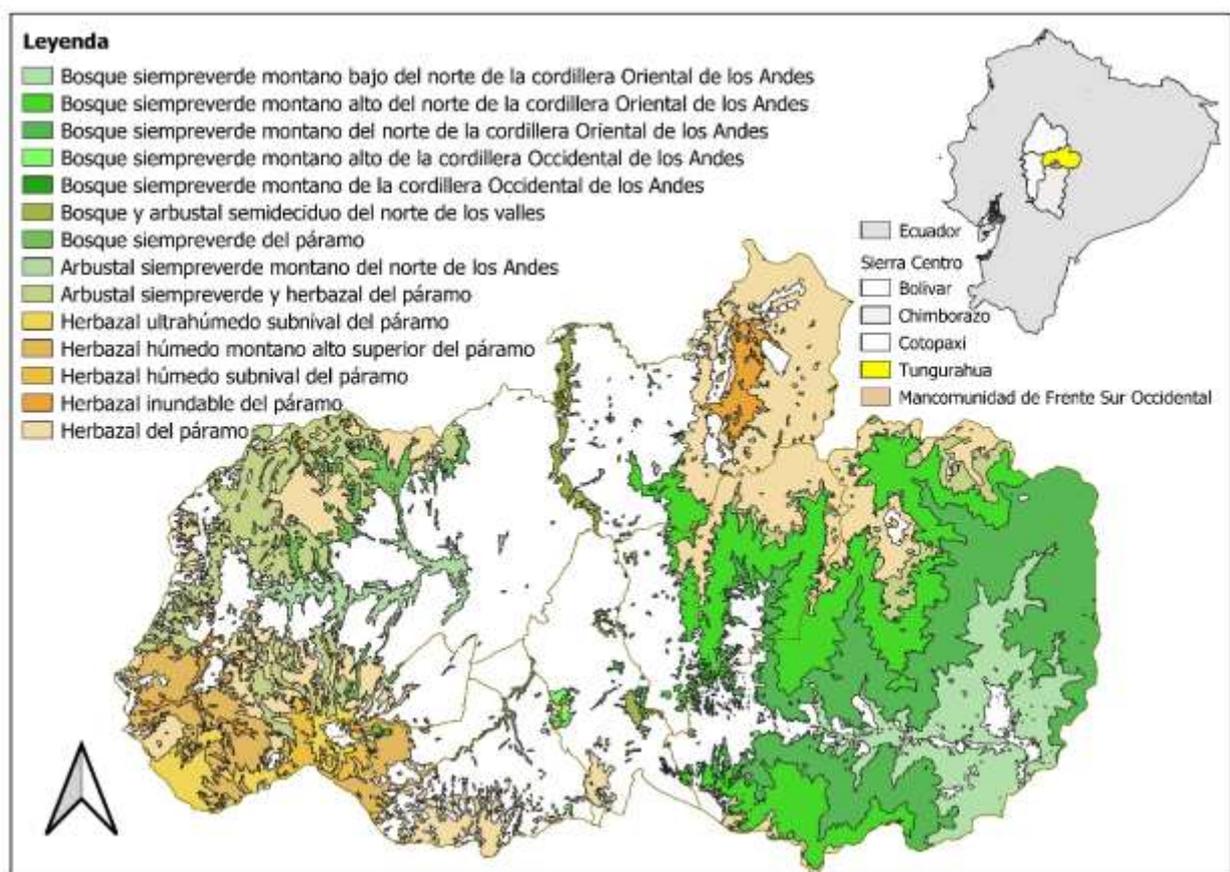


Figura 3. Ubicación del área de estudio provincia de Tungurahua y su composición ecosistémica.

Se consideró realizar una reclasificación acorde a la definición de paisaje altoandino, es decir de los 15 ecosistemas presentes en la provincia de Tungurahua (ver Figura 4), se agruparon en 6 categorías, se tomaron en cuenta solo aquellos ecosistemas que se encuentran en un rango altitudinal desde 3 000 m s.n.m. hasta los 3 900 m s.n.m, rango que se encuentran los paisajes altoandinos en la Sierra centro del Ecuador.

5.5. Selección de criterios e indicadores para la identificación de modelos de referencia

Posterior a la conceptualización de los modelos de referencia fue necesario definir criterios e indicadores que permitan identificar dichos modelos *in situ*. Para ello se utilizó la información de la búsqueda realizada en el primer objetivo.

Cabe recordar que los criterios e indicadores deben cumplir con ciertas características, estos deben ser accesibles, sencillos y fáciles de utilizar, medir y evaluar, a menudo están enfocados a la estructura, composición y función de los ecosistemas (Dey y Schweitzer, 2014). Es por ello que, para la extracción de información acorde a este objetivo, se procedió a la construcción de una matriz (Tabla 5) donde se incluyó elementos importantes para el registro ordenado y sistematizado de la información seleccionada acerca de los criterios e indicadores.

Tabla 5. Matriz para síntesis de información para la selección de criterios e indicadores

Auto r	Añ o	Títul o	Paí s	Técnica de restauración	Tipo de ecosistema	Tipo de Criterio	Indicador utilizado	Nota s
---	---	----	----	-----	-----	-----	-----	-----
								-

A continuación, se detalla cada apartado de la matriz:

Autor: Nombres de quién o quiénes escribieron el artículo.

Año: Año en el que se publicó el artículo.

Título: Nombre del artículo.

País: Lugar en donde se desarrolló el estudio.

Técnica de restauración: Se describirá la técnica utilizada para los diferentes procesos de restauración, rehabilitación, recuperación o revegetación.

Tipo de ecosistema: Se describirá el tipo de ecosistema en donde se haya realizado el estudio.

Criterio utilizado: Se describirá el criterio para la selección de modelos de referencia en el contexto de paisajes altoandinos.

Indicador utilizado: Se describirá el criterio para la selección de modelos de referencia en el contexto de paisajes altoandinos.

Observaciones: Registra datos de importancia para la selección de criterios e indicadores de modelos de referencia en el contexto de un paisaje altoandino.

Finalmente, la información recopilada y analizada, fue clasificada en una línea de tiempo, revistas en donde fueron publicadas y por país en donde se implementó el estudio. Una vez extraída la información acerca de los criterios e indicadores utilizados en los diferentes procesos de restauración, se clasificaron con base en los atributos e indicadores del modelo de referencia (SC5 Model reference) de “Standards of practice to guide ecosystem restoration” último instrumento publicado por SER, FAO Y IUCN (Nelson et al., 2024).

5.5.1. Consideraciones para la redacción de criterios e indicadores

Para redactar los criterios e indicadores, se tomaron en cuenta múltiples factores con un enfoque multidimensional asegurando que los modelos de referencia sean pertinentes y útiles para los paisajes altoandinos. Se consideraron variables paisajísticas, ecológicas, sociales, entre otras, para reflejar la integridad y funcionalidad de los ecosistemas.

Se priorizó la viabilidad práctica de los criterios y la relevancia y especificidad de los indicadores teniendo en cuenta la disponibilidad de información y la capacidad para implementar y monitorear las actividades de restauración. Se incluyeron variables que puedan ser fácilmente medibles y cuantificables a lo largo del tiempo, permitiendo una evaluación continua y ajustada de los avances. Además, los criterios e indicadores se diseñaron para ser aplicables con herramientas y metodologías accesibles tanto por técnicos, investigadores y por las comunidades locales involucradas en los proyectos de restauración.

La claridad y simplicidad en la definición de los indicadores son fundamentales para garantizar que los datos recolectados sean consistentes y comparables a lo largo del tiempo. La participación comunitaria es importante, por lo que los criterios e indicadores también reflejan y respetan los conocimientos tradicionales y las prácticas locales, promoviendo la sostenibilidad y la apropiación de las iniciativas de restauración por parte de las comunidades. Sumado a todo esto, se consideraron los diferentes usos de suelo que predominan en los paisajes altoandinos de la provincia de Tungurahua.

6. Resultados

6.1. Conceptualización de modelos de referencia para la restauración de paisajes altoandinos en la Sierra centro de Ecuador (SCE)

En una primera búsqueda en la base de Scopus, se obtuvieron un total de 2021 artículos. Los mismos que fueron discriminados con la metodología PRISMA flow-chart, resultando en 227 artículos seleccionados. A partir de este grupo de documentos científicos se determinó que 33 artículos fueron los que se alinean a la pregunta de investigación. Se consideró realizar una segunda búsqueda con pequeñas modificaciones en la ecuación (como la eliminación de algunas palabras) de esta búsqueda en donde se obtuvieron 1 374 artículos, bajo el mismo filtro quedaron 300 artículos para un análisis completo. De esta última búsqueda, se identificaron 18 artículos que presentaron mayor relevancia y cercanía al tema de estudio.

Para complementar estas dos búsquedas, se consideró la importancia de las diferentes entidades y todo el trabajo que han venido realizando, es por ello que se hizo uso de las páginas oficiales como FAO, SER y CIFOR. De todas estas páginas se pudo recuperar 13 documentos para el análisis. Dando como resultado final un total de 64 publicaciones para ser evaluadas 51 en inglés y 13 en español.

6.1.1. Estado del arte de publicaciones sobre indicadores y criterios de modelos de referencia para la restauración

En esta sección se presentan los resultados descriptivos que resumen el estado de arte de literatura científica relevante en torno a modelos de referencia. La restauración es un tema relativamente nuevo, y aún más la restauración de paisajes forestales. Como se observa en la Figura 5, desde el año 1999 hasta el 2023, se evidenció un crecimiento positivo marcado en tres períodos. El primero comprendido entre los años 1999 al 2010, donde el 2008 y 2010 destacan con cuatro publicaciones cada uno, y los otros años mostraron entre una y tres publicaciones. El segundo período, que abarca desde 2011 hasta 2020, presenta una variabilidad moderada, siendo 2020 el año con el mayor número de publicaciones de todo el estudio. Sin embargo, para el año 2021, el número de publicaciones decreció drásticamente de ocho a dos publicaciones dando lugar al tercer período, desde el 2022 al 2023 con cinco y seis publicaciones respectivamente.

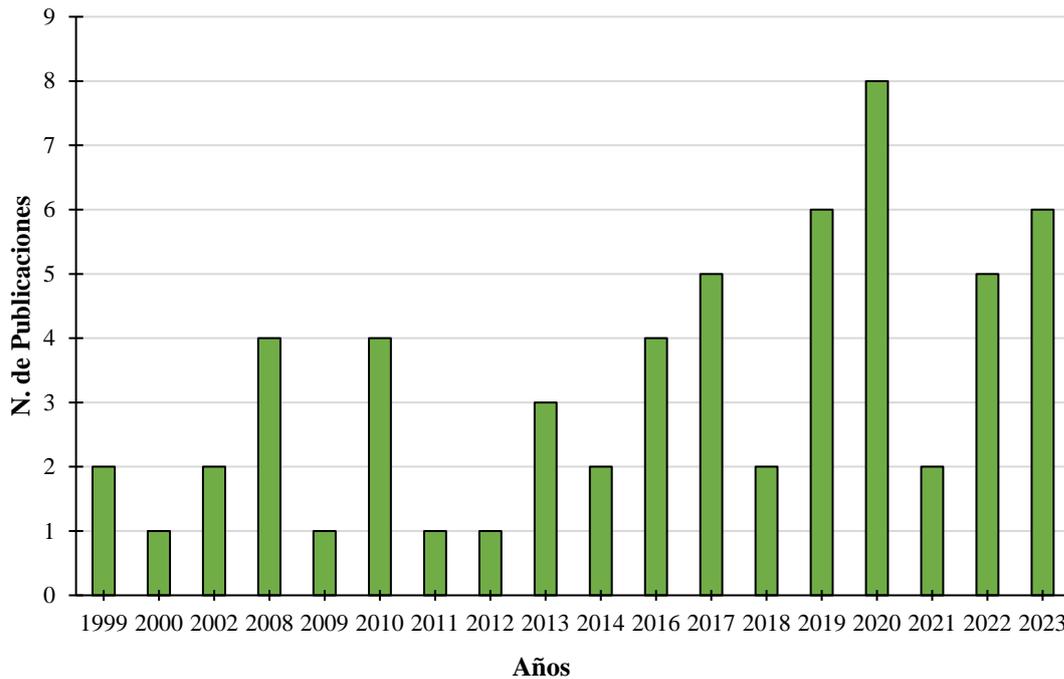


Figura 4. Número de publicaciones desde 1999 hasta 2023 relacionadas con la selección de modelos de referencia

De acuerdo con el total de estudios analizados, se observó que las publicaciones en revistas científicas especializadas reflejan el enfoque y el interés de forma general en temas de la restauración ecológica y de forma especial en la restauración de paisajes forestales. Se registró un total de 26 revistas de las cuales destaca *Forests* con siete publicaciones, seguida de *Restoration Ecology* con seis publicaciones, siendo estas dos las revistas con mayores publicaciones, acerca de los modelos de referencia. Otras de las revistas que destacan fueron *Biología Tropical*, *Plant Ecology and Diversity* con cinco y cuatro publicaciones respectivamente, evidenciando la importancia de contar con modelos de referencia en procesos de restauración (ver Figura 6). Sin embargo, existen otras revistas donde se encontró entre dos y una publicación, esto no es indiferente a lo antes mencionado, al contrario, refleja un enfoque particular por cada una de las revistas de acuerdo al contexto y necesidades locales.

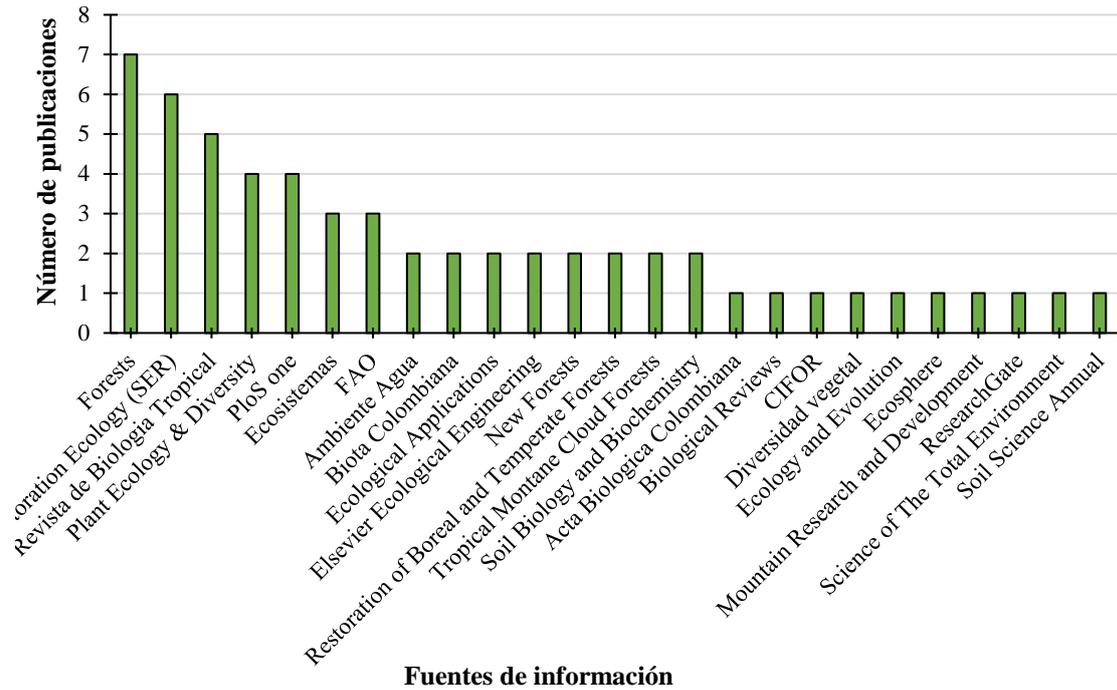


Figura 5. Número de publicaciones por fuente de información de 1999 al 2023

La distribución geográfica del número de publicaciones relacionadas con la restauración de paisajes en las diferentes regiones del mundo (Figura 7), muestra una concentración específica en los países con paisajes altoandinos como Colombia, Ecuador y Venezuela. Sin embargo, Colombia lidera con 20 publicaciones, seguido de Ecuador con 11, considerando que ambos países cuentan con instrumentos legales que validan la investigación en temas de restauración y más en los últimos años donde se ha visto la necesidad de incursionar en la restauración de paisajes. Por otro lado, Brasil, España, Estados Unidos, Northern Ghana y Sudáfrica registraron tan solo una publicación cada uno.

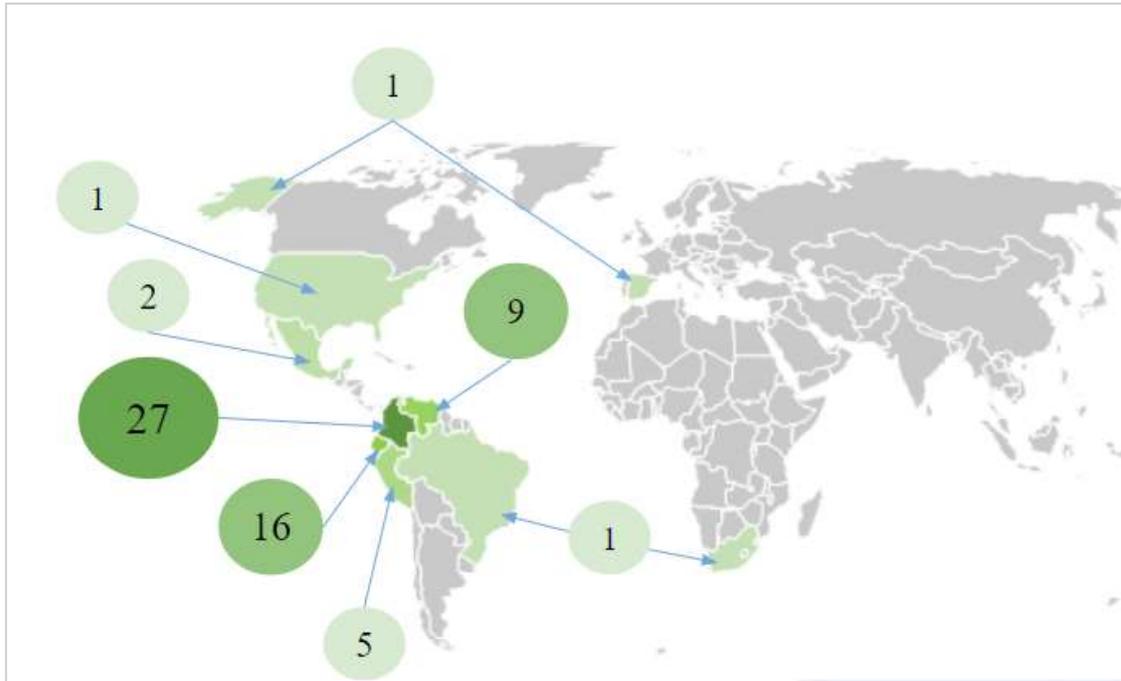


Figura 6. Número de publicaciones por país durante el período 1999 al 2023.

6.1.2. Sistematización de atributos utilizados para seleccionar modelos de referencia

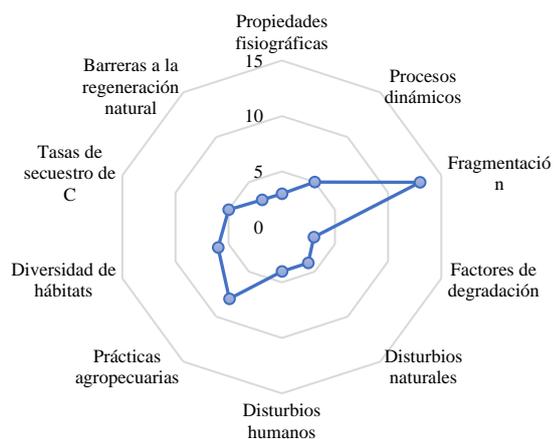
Para la selección de modelos de referencia se usó 64 publicaciones, con relación a las variables utilizadas para la identificación de modelos de referencia para procesos de restauración. Esta información se clasificó en cinco componentes tal como se indica en la Tabla 6. El componente más mencionado fue el biótico, incluido en todas las publicaciones revisadas. Sin embargo, las variables se distribuyen tanto para flora, fauna, diferentes procesos, y funciones del ecosistema, seguido del componente denominado paisaje, que fue mencionado en 54 de publicaciones. Los otros tres componentes denominados edáfico, climático, y social se encuentran presentes en 23, 16 y 12 publicaciones respectivamente. Cabe mencionar que cada variable fue mencionada en una o más publicaciones.

Tabla 6. Componentes para seleccionar modelos de referencia de las 64 publicaciones analizadas

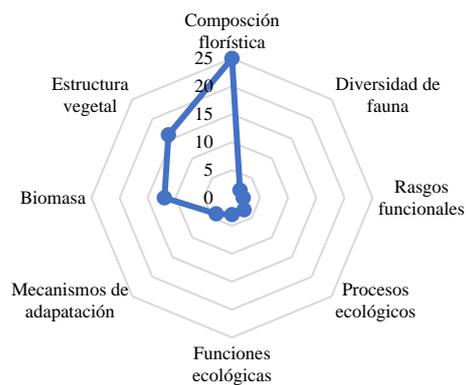
Componentes	Número de publicaciones
Paisaje	54
Biótico	64
Edáfico	23
Social	12
Climáticos	16

A continuación, se presenta un desglose detallado de cada atributo, destacando las variables más frecuentes en las publicaciones estudiadas.

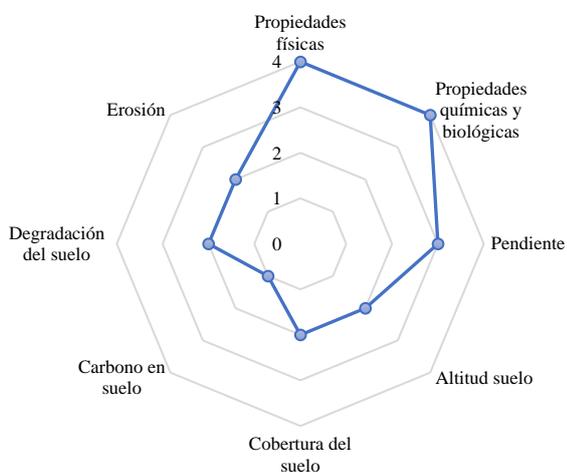
a) Paisaje



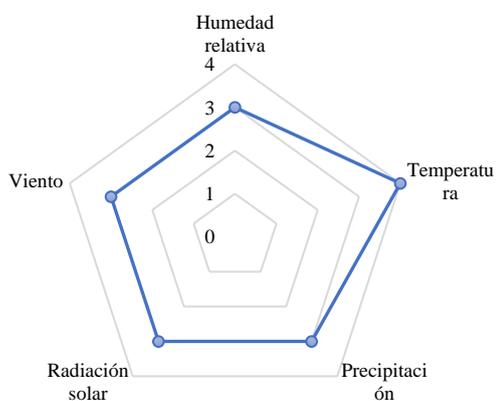
b) Biótico



c) Edáfico



d) Climático



e) Social

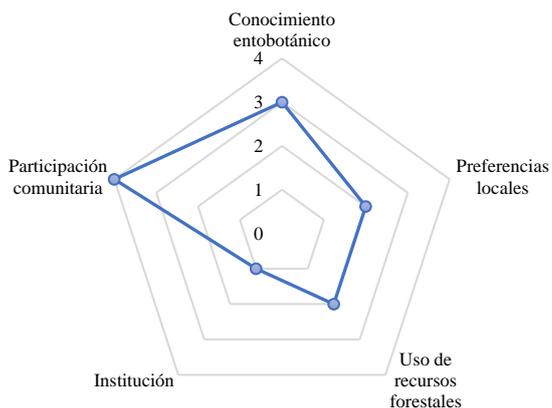


Figura 7. Número de publicaciones por cada variable utilizada para la selección de modelos de referencia en la restauración, organizadas por componentes a) paisaje; b) biótico; c) edáfico; d) climático y e) social.

- **Paisaje**

El paisaje, como parte de las variables que fueron utilizados para la identificación de modelos de referencia englobó un total de 10 variables, mencionadas en 54 publicaciones (Figura 8a). La variable más destacada entre las publicaciones fue **fragmentación**, la cual fue, empleada en 13 publicaciones. Dentro de esta variable se abordan indicadores como conectividad, número de parches, índice de forma, y número de núcleos (Tabla 6). Al contrario, la variable **factores de degradación**, fue la menos mencionada tan solo en tres publicaciones, al igual que las variables **propiedades fisiográficas** y **barreras de regeneración natural**. Se consideraron otras variables como **procesos dinámicos**, **prácticas agropecuarias**, **diversidad de hábitats**, **disturbios naturales**, **disturbios antrópicos**, **tasa de secuestro de Carbono (C)**, **propiedades fisiográficas** en cuatro a ocho publicaciones.

- **Biótico**

Se reportó en la totalidad de las 64 publicaciones utilizadas para la identificación de modelos de referencia, pero con diferentes variables (ver Figura 8b). Se agruparon un total de 10 variables, destacando la **composición florística**, la cual fue mencionada en 25 publicaciones. En algunas de las publicaciones, se mencionó que se utilizaron indicadores como número de especies nativas, exóticas, leñosas > 10 cm DAP entre otras (Tabla 6). La **estructura vegetal** es la segunda variable más mencionada, en 16 publicaciones. El resto de variables como: **diversidad de fauna**, **rasgos funcionales**, **funciones y procesos ecológicos** entre otras se menciona entre 2 a 4 publicaciones.

- **Edáfico**

De las 64 publicaciones consideradas para la identificación de modelos de referencia, 23 abordaron el componente edáfico, a través de 9 variables diferentes (Figura 8c). Las variables más mencionadas fueron **propiedades físicas** y **propiedades químicas y biológicas**, en cuatro publicaciones respectivamente. Otras variables mencionadas fueron la **erosión**, **altitud del suelo** y **pendiente**, en dos y tres publicaciones respectivamente. Estas variables fueron consideradas para establecer técnicas de restauración en el futuro, teniendo en cuenta la accesibilidad y posición topográfica del área a intervenir. La variable **cobertura del suelo**, **carbono en suelo** y **degradación del suelo**, fueron mencionadas en una a dos publicaciones.

- **Climático**

Dieciséis de las 64 publicaciones incluyeron el componente clima y sus diferentes variables como parte del proceso para la identificación de modelos de referencia (Figura 8d). Dentro de los 16 estudios, se encontró un total de cinco variables relacionadas con el clima. La

variable más mencionada fue *temperatura* en cuatro publicaciones, seguida de las variables *humedad relativa*, *precipitación*, *radiación solar* y *viento* mencionadas en tres publicaciones cada una.

- **Social**

El componente social es el menos citado en las 64 publicaciones, siendo utilizado únicamente en 12 de ellas (Figura 8e). Dentro de este conjunto, la *participación comunitaria* fue la variable más mencionada, siendo incluida en seis publicaciones. En contraste, tres publicaciones mencionaron el uso de *conocimientos etnobotánicos*. Además, dos publicaciones hicieron referencia a las *preferencias locales* y *uso de recursos forestales* como variables importantes. Por otro lado, tan solo una publicación menciona la *institución* (entendida como la participación de cualquier entidad pública o privada).

A continuación, se presenta todas las variables que fueron citadas en las 4 publicaciones analizadas.

Tabla 7. Resumen de variables y subvariables citadas en las 64 publicaciones.

Componente	Variable	Subvariables
Biótico	Composición florística	<ul style="list-style-type: none"> – Composición de especies – Composición de vegetación – Plantas que indiquen que el suelo es fértil o infértil – % de especies de árboles asociados a bosques conservados – Especies en categorías sucesionales – Especies en categorías sucesionales – Especies nativas – Especies raras – Especies exóticas – Plantas que indiquen que el suelo es fértil o infértil – Estado de la especie (Dispersión limitada y especies de interés especial, especies paraguas, especies de enlace, especies indicadoras, ingenieros ecológicos)
	Diversidad de fauna	Fauna spp. móviles (aves), moderadamente móviles (mariposas Nymphalidae), y poco móviles (gasterópodos terrestres)
	Rasgos funcionales	Rasgos funcionales de plantas
	Procesos ecológicos	Estado de procesos ecológicos (Recursos del ecosistema, red trófica)
	Funciones ecológicas	Mecanismos de dispersión
	Mecanismos de adaptación	<ul style="list-style-type: none"> – Adaptaciones al déficit hídrico y resistencia al congelamiento – Supervivencia plantas – Presencia de núcleos de dispersión (% de superficie respecto a 1 ha)
	Biomasa	<ul style="list-style-type: none"> – Biomasa por encima del suelo – Necromasa – Biomasa por debajo del suelo (raíces)

		<ul style="list-style-type: none"> – Biomasa en suelo – Biomasa microbiana N (MB-N)
	Estructura vegetal	<ul style="list-style-type: none"> – Área basal – Densidad de árboles – Distribuciones diamétricas – Inventario a la altura del pecho (DAP) – Número de árboles con DAP > 30 – Número de especies con DAP > 10 – Número de especies de árboles de rápido crecimiento – Tipo de vegetación (estratos)
Edáfico	Propiedades físicas	<ul style="list-style-type: none"> – Textura – Densidad aparente – Porosidad – Estructura – Color
	Propiedades químicas y biológicas	<ul style="list-style-type: none"> – pH – Niveles de nutrientes – Contaminantes químicos
	Pendiente	Grado de inclinación
	Altitud suelo	Altitud del terreno
	Cobertura del suelo	% de suelo desnudo
	Carbono en suelo	Contenido de carbono
	Degradación del suelo	Cantidad de Nitrógeno (N), Fósforo (P) y Potasio (K)
	Erosión	<ul style="list-style-type: none"> – Nivel de erosión – Grosor de la capa de materia orgánica
Paisaje	Propiedades fisiográficas	Fisiografía
	Procesos dinámicos	Sucesión ecológica
	Fragmentación	<ul style="list-style-type: none"> – Índice de conectividad – Análisis de patrones espaciales morfológicos – Número de parches – Conectividad del paisaje (Tamaño del parche (área en hectáreas); (ii) índice del vecino más cercano (la distancia al borde más cercano en metros entre un parche y su vecino más cercano de la misma categoría); (iii) índice de forma media, que se refiere a la complejidad media de una categoría; y (iv) densidad de parches,) – Índice de forma promedio – Porcentaje de cambio de superficie – Estado de los hábitats Paisaje
	Factores de degradación	Factores ambientales para la degradación
	Disturbios naturales	<ul style="list-style-type: none"> – Resistencia y resiliencia – Cambio Climático – Invasiones biológicas
	Disturbios humanos	<ul style="list-style-type: none"> – Presión antrópica – Eliminación excesiva de árboles – Incendios forestales indiscriminados
	Prácticas agropecuarias	Pastoreo excesivo

	Diversidad de hábitats	<ul style="list-style-type: none"> – Densidad de penachos – Estado de los hábitats Paisaje
	Tasas de secuestro de Carbono	<ul style="list-style-type: none"> – Reservas de carbono (C) – Stock total de carbono
	Barreras a la regeneración natural	Barreras a la regeneración natural
Climático	Humedad relativa	Humedad relativa
	Temperatura	Variaciones en temperatura
	Precipitación	Disponibilidad de agua
	Radiación solar	Intensidad y duración solar
	Viento	Velocidad del viento
	Conocimiento etnobotánico	<ul style="list-style-type: none"> – Valor de uso de las especies plantadas – Índices etnobiológicos
	Preferencias locales	Tipos de especies
Social	Uso de recursos forestales	Uso de recursos forestales
	Institución	Organizaciones, entidades públicas o privadas
	Participación comunitaria	<ul style="list-style-type: none"> – Interés y percepciones de diferente – Preferencias locales s grupos sociales – Número de comunidades locales – Inclusión de comunidades locales – Dependencia de recursos forestales

6.2. Propuesta de conceptualización de modelos de referencia para Sierra centro de Ecuador (SCE)

Es importante destacar que, si bien el objetivo de la restauración es recuperar en la medida de lo posible los ecosistemas, en los paisajes altoandinos se debe tener presente que son áreas que han experimentado transformaciones importantes tanto en su estructura como composición, incluyendo procesos de fragmentación y degradación. Además, se caracterizan por ser socioecosistemas dominadas por actividades agrícolas y ganaderas, lo que limita una restauración completa hacia un estado prístino. Por ello, se reconoce la importancia y necesidad de desarrollar modelos de referencia que se centren en procesos de rehabilitación o recuperación ya sea total o parcial, que permitan un equilibrio sostenible con el desarrollo de los diferentes medios de vida y el ecosistema como tal.

Bajo este contexto se realizó la conceptualización de modelos de referencia para ecosistemas naturales y antrópicos, dado que ambos coexisten en los paisajes altoandinos de la sierra centro, de forma particular en la provincia de Tungurahua. Para este propósito, se empleó como base las conceptualizaciones de los diferentes ecosistemas presentes desde la ceja de montaña hacia arriba (> 3 000 m s.n.m.) ya establecidas por el MAE (2013). También se contempló, los usos de suelo identificados durante visita de campo, los que han sido detallados en la metodología.

6.2.1. Conceptualización de modelos de referencia para ecosistemas naturales en paisajes altoandinos

Si bien estos ecosistemas altoandinos se desarrollan a lo largo de los Andes del Ecuador, para este estudio se han tomado las características particulares del área de estudio, es decir para los ecosistemas altoandinos de la provincia de Tungurahua. Esta provincia alberga un total de 15 formaciones ecosistémicas, según MAE, (2013). Sin embargo, diez de estas formaciones se ubican a partir de los 3 000 m s.n.m., donde se encuentran remanentes de la franja más alta de los bosques siempre verdes montanos altos, siendo considerados parte de los paisajes altoandinos extendiéndose hasta los herbazales y arbustales subnavales del páramo. Estas formaciones han sido agrupadas en un total de cuatro ecosistemas, clasificados según la fisonomía, piso bioclimático y características semejantes.

Existente:

1) Bosque siempreverde del páramo (3 000 – 4 100 m s.n.m.)

Los bosques siempreverde del páramo engloban a tres tipos de ecosistemas, el bosque siempreverde montano alto del norte (BsAn01), el bosque siempreverde montano alto del occidente (BsAn03), y el bosque siempreverde de páramo (BsSn01). Estos ecosistemas tienen una superficie total de 39 997 ha dentro de la provincia de Tungurahua. En el área de estudio los bosques del norte tienen una superficie de 34 700 ha, a diferencia de los bosques de occidente con 708 ha, por otro lado, el bosque de páramo abarca una superficie de 4 589 ha. Estos ecosistemas se extienden desde los 3 000 m s.n.m. hasta los 4 100 m s.n.m. (bosque siempre del páramo). Son parte de la franja de transición, de la parte más alta del bosque hacia los ecosistemas de vegetación más abierta, esta franja es conocida como ceja andina o de montaña, por tal razón son parte de los paisajes altoandinos de la sierra centro del Ecuador (MAE, 2013).

El bosque siempreverde del norte (BsAn01), se caracteriza por tener un dosel entre 10 a 15 m de alto. Los árboles presentan troncos torcidos con abundancia de epifitas y briofitas. En cuanto a su composición tiene gran abundancia de helechos arbóreos y herbáceos al igual que gran abundancia de especies arbustivas. Este tipo de bosque se ubica en pendientes muy inclinadas a escarpadas (15° a 87°), con suelos inceptisoles y andosoles poco profundos (20 a 50 cm), en cuanto a su textura son suelos franco o francolimoso lo que permite un buen drenaje con un alto contenido de materia orgánica (MAE, 2013).

En cuanto al bosque siempreverde del occidente (BsAn03), su estructura vertical se encuentra desde los 15 a 20 m de altura en la parte del dosel, el sotobosque es denso con gran presencia de especies herbáceas, epifitas y briófitos, una característica de la vegetación

arbustiva y herbácea está en sus hojas, duras, coriáceas a menudo pequeñas. Los suelos tienen baja cantidad de materia orgánica dado a estar cubiertos por musgos (MAE, 2013).

Los bosques siempreverde del páramo (BsSn01), son los más cercanos a la vegetación de páramo, por tal su dosel se encuentra entre 5 a 7 m de altura y la distribución dentro del paisaje es en formas de parches aislados dentro de una matriz dominada por vegetación herbácea y arbustiva. Su composición está bien marcada por especies arbóreas donde se encuentran especies del género *Polylepis*, *Gynoxys* y *Buddleja* y especies arbustivas y algunas herbáceas de los géneros *Arcytophyllum*, *Barnadesia*, *Berberis*, *Puya*, *Brachyotum*, *Calamagrostis*, *Cortaderia*, *Diplostephium*, *Disterigma*, *Greigia*, *Pernettya*, *Senecio* y *Valeriana*.

Propuesto:

- **Modelo de referencia para el bosque siempreverde del páramo**

El modelo de referencia para restaurar áreas donde se presume que se encontraban los bosques montanos altos y bosques de páramo debe cumplir con las siguientes características para la provincia de Tungurahua: la vegetación debe estar representada por especies nativas de este ecosistema, con individuos arbóreos que mantengan una altura de dosel desde los 10 m hasta los 20 m para bosques montanos altos y de 5 a 7 m para bosques de páramo. En los dos tipos de bosque debe existir una estructura vertical, visible combinada con la abundante presencia de arbustos. En áreas fragmentadas los parches deben tener una forma oval-oblongo (indicador de mayor conservación) permitiendo la conectividad y el desarrollo tanto de procesos y funciones ecológicas (Echeverry y Rodríguez, 2006; Matteucci, 2008).

En esta área se debe evidenciar la presencia de especies de flora características como: *Clethra fimbriata*, *Clusia multiflora*, *Gynoxys acostae*, *Oreopanax ecuadorensis*, *Brachyotum gracilescens*, *Aristeguietia glutinosa*, *Gynoxys hallii*, *Polylepis reticulata*, *Weinmannia mariquitae*, *Vaccinium floribundum*. En cuanto a fauna se debe observar la presencia de especies como: *Atelopus ignescens*, *Pristimantis puruscafeum*, *Pristimantis teslai*, *Stenocercus cadlei*, *Phyllotis haggardi*, *Thomasomys paramorum* y *Zonotrichia capensis*. De forma particular para los bosques siempreverde del páramo del norte como del occidente especies tales como: *Myotis oxyotus*, *Microrhizomys minutus*, *Neomicroxus latebricola* y *Pholidobolus affinis* (bosque del norte) y *Microrhizomys minutus* (bosques del páramo).

Existente:

2) Arbustal siempreverde y herbazal del páramo (3 300 – 3 900 m s.n.m.)

Dentro de la provincia de Tungurahua el arbustal siempreverde y herbazal del páramo ocupa un total de 22 018 ha. Su vegetación se distingue por presentar parches arbustivos de

hasta 3 m de altura, combinados con agrupaciones densas de pastos perennes (pajonales amacollados) que alcanzan una altura promedio de 1,20 m. Este ecosistema se caracteriza por la presencia de especies arbustivas de los géneros *Baccharis*, *Gynoxys*, *Brachyotum*, *Escallonia*, *Hesperomeles*, *Miconia*, *Buddleja*, *Monnina* e *Hypericum* y gran presencia de *Calamagrostis* spp. (MAE, 2013).

Propuesto:

- ***Modelo de referencia para el arbustal siempreverde y herbazal del páramo***

El modelo de referencia para el ecosistema arbustal siempreverde y herbazal del páramo debe ubicarse entre 3 300 a 3 900 m s.n.m. para la provincia de Tungurahua. La vegetación debe distribuirse en parches arbustivos con alturas de 3 m y pajonales amacollados con 1,20 m con especies características del sitio como *Diplostephium rupestre*, *Escallonia myrtilloides*, *Hesperomeles obtusifolia*, *Miconia salicifolia*, *Monnina obtusifolia*, *Ribes andicola*, *Vaccinium floribundum*, *Tristerix longibracteatus* y especies faunísticas como: *Osornophryne antisana*, *Gastrotheca pseustes*, *Pristimantis donnelsoni*, *Pristimantis modipeplus*, *Stenocercus cadlei*, *Microrhizomys minutus*, *Neomicroxus latebricola*, *Phyllotis haggardi*, *Thomasomys paramorum* y *Zonotrichia capensis*.

Echeverry y Rodríguez (2006) y Matteucci, (2008) mencionan que, en caso de áreas fragmentadas, los parches deben presentar una forma redonda y compacta que facilite la conexión con otras áreas naturales y cumplir con funciones básicas de los ecosistemas de páramo.

Existente:

3) Herbazal de páramo (3 300 – 4 500 m s.n.m.)

El herbazal de páramo comprende tres tipos de ecosistemas herbáceos: el herbazal inundable del Páramo (HsSn04), el herbazal del páramo (HsSn02) y el herbazal húmedo montano alto superior del páramo (HsSn03). En la provincia de Tungurahua, estos ecosistemas ocupan una superficie total de 67 319 ha. El herbazal del páramo (HsSn02) es el más extenso con 52 448 ha, seguido del herbazal húmedo (HsSn03), con 10 863 ha, por otro lado, el herbazal inundable (HsSn04) con 4008 ha, siendo el menos extenso.

Los herbazales inundables (HsSn04), se desarrollan desde los 3 300 – 4 500 m s.n.m. Su particularidad se debe a que no están determinados por las condiciones climáticas, sino por factores como la topografía, suelo, hidrología con un balance hídrico bueno, etc. Lo que da formación a una vegetación aislada en parches. Debido a su poca permeabilidad crea grandes áreas de tuberías o pantanos. Los suelos se caracterizan por contener carbono orgánico hasta un 50 %, gracias a la inhibición de la descomposición de materia orgánica (MAE, 2013).

El herbazal del páramo (HsSn02), se desarrollan desde los 3 400 – 4 300 m s.n.m. se encuentra entre el HsSn04, compartiendo algunas características. Sin embargo, el herbazal de páramo se caracteriza por tener una vegetación dominada por gramíneas con alturas superiores a 50 cm. Los suelos están formados por restos volcánicos, ricos en materia orgánica, pueden alcanzar 60 kg-carbono/m², con una gran cantidad de agua (80 al 90 % por cm³) (MAE, 2013).

El ecosistema herbazal húmedo montano alto superior del páramo (HsSn03), se encuentra a los fondos de los valles glaciares con presencia de extremas condiciones climáticas, debido a su altitud entre los 3 500 – 4 200 m s.n.m. La cantidad de carbono orgánico en el suelo es menor a los dos ecosistemas mencionados anteriormente, siendo más frágiles y poco resilientes a los cambios (MAE, 2013).

Propuesto:

- **Modelo de referencia para el herbazal de páramo**

El modelo de referencia para el ecosistema herbazal del páramo debe ubicarse entre 3 300 a 4 500 m s.n.m. para la provincia de Tungurahua. En este rango altitudinal existe una variabilidad climática que da lugar a grandes formaciones de tuberías o pantanos combinados con parches de arbustos aislados con alturas mayores a 0,50 m. Los suelos contienen gran cantidad de materia orgánica en las partes más bajas permitiendo el desarrollo de especies de flora como: *Azorella aretioides*, *Cortaderia sericantha*, *Distichia muscoides*, *Eryngium humile*, *Geranium sibbaldioides*, *Huperzia crassa*, *Hypochaeris sonchoides*, *Hypsela reniformis*, *Lachemilla fulvescens*, *Oreobolus goeppingeri*, *Oreobolus obtusangulus*, *Schoenoplectus californicus*, *Plantago rigida*, *Oritrophium limnophilum*, *Werneria pygmaea*. En cambio, en las partes más altas los suelos, disponen de una baja cantidad de materia orgánica, las condiciones climáticas son más severas dando lugar a especies como *Baccharis caespitosa*, *Calamagrostis intermedia*, *Perezia pungens*, *Stipa ichu*, *Plantago australis*, *Plantago rigida*.

Por otro, en las áreas más conservadas es posible observar especies de fauna como *Pristimantis donnelsoni*, *Pristimantis modipeplus*, *Pristimantis teslai*, *Stenocercus cadlei*, *Neomicroxus latebricola*, *Phyllotis haggardi*, *Thomasomys paramorum*, *Sylvilagus andinus*, *Zonotrichia capensis* a lo largo del rango altitudinal.

Existente:

4) Herbazal y Arbustal subnival del páramo (4 100 – 4 900 m s.n.m.)

El herbazal y arbustal subnival del páramo conforma dos tipos de ecosistemas herbáceos y uno en combinación de arbustos: el herbazal y arbustal siempreverde subnival del Páramo (HsNn03), el herbazal húmedo subnival del páramo (HsNn01) y el herbazal ultrahúmedo subnival del páramo (HsNn02). En la provincia de Tungurahua, estos tres ecosistemas ocupan

una superficie total de 12 366 ha. El herbazal con mayor superficie es el herbazal ultrahúmedo subnival (HsNn02) con 5 149 ha, seguido del herbazal y arbustal subnival (HsSn03) con una superficie de 4 777 ha, por otro lado, el herbazal húmedo subnival (HsNn01) con 2 440 ha, siendo el menos extenso.

El herbazal y arbustal siempreverde subnivel del Páramo (HsNn03), ubicado en las cumbres más altas de la cordillera, entre 4 100 – 4 500 m s.n.m., se caracteriza por la combinación de arbustos y hierbas, con alturas entre 0,5 a 1,5 m. La distribución de la vegetación en áreas menos conservadas se caracteriza por ser fragmentada con zonas de suelo desnudo, por consecuencia del pastoreo intensivo. Los suelos predominantes en este ecosistema tienen una alta fertilidad y con un gran contenido de materia orgánica, el horizonte A tiene una profundidad entre 0,30 a 0,50 m. Debido a la gran variabilidad climática, estos ecosistemas son conocidos como superáramos, lo que ha dado lugar a la formación a especies con adaptaciones fisiológicas singulares (MAE, 2013).

El herbazal húmedo subnival del páramo (HsNn01), se ubica a partir de los 4 500 m s.n.m.. La vegetación se caracteriza por pastos de tallo corto, rosetas sin tallo visible y hierbas de cojín, en cuanto a los suelos con poca diferenciación entre sus capas, es decir no se encuentran bien definidos.

El herbazal ultrahúmedo subnival (HsNn02), se caracteriza por estar dominado por arbustos y almohadillas dispersas, se encuentra en laderas abruptas y escarpadas cubiertas por depósitos glaciares, con suelos geliturbados y sustratos de gravas no consolidadas. La presencia de briofitas y su gran diversidad de especies están sujetas a las variaciones de precipitación y los patrones de humedad. Sin embargo, la diversidad de especies presenta patrones asimétricos entre los grupos taxonómicos de las familias Asteraceae y Poaceae siendo las familias más dominantes (MAE, 2013).

Propuesto:

- ***Modelo de referencia para el herbazal y arbustal subnival del páramo***

El modelo de referencia para el ecosistema el herbazal y arbustal subnival del páramo debe ubicarse entre 4 100 a 4 900 m s.n.m. para la provincia de Tungurahua. En este rango altitudinal existe una variabilidad climática extrema que da lugar diferentes formaciones vegetales tanto en arbustos y hierbas, que logran alturas entre 0,5 a 1,5 m.

En la parte más baja del rango altitudinal los suelos contienen gran cantidad de materia orgánica permitiendo el desarrollo de especies de flora como: *Xenophyllum rigidum*, *Astragalus geminiflorus*, *Festuca vaginalis*. A mayores altitudes los suelos contienen menor cantidad de materia orgánica, además la topografía del paisaje es más accidentada y rocosa dando lugar al

crecimiento de especies con formaciones en líquenes, musgos, hierbas, almohadillas, y arbustos rasantes como: *Azorella aretioides*, *Azorella crenata*, *Plantago rigida*, *Lachemilla nivalis*, *Lachemilla vulcanica*, *Azorella aretioides*, *Azorella crenata*, *Plantago rigida*, *Xenophyllum humile*, *Xenophyllum rigidum*, *Azorella aretioides*.

Por otro, en las áreas más conservadas se pueden observar especies de fauna como *Pristimantis teslai*, *Stenocercus cadlei*, *Phyllotis haggardi*, *Thomasomys paramorum*, *Sylvilagus andinus*, *Zonotrichia capensis* a lo largo del rango altitudinal.

6.2.2. Conceptualización de modelos de referencia para ecosistemas antrópicos en paisajes altoandinos

La conceptualización para ecosistemas antrópicos se fundamenta en los diversos usos de suelo predominantes en los paisajes altoandinos de la provincia de Tungurahua. A partir de la visita realizada y la información bibliográfica recopilada, se determinó que los dos usos más predominantes son las actividades enfocadas a la producción agrícola con cultivos de ciclo corto, temporal y perennes, así como el uso para fines ganaderos, principalmente asociado a la crianza de ovinos y bovinos. Estos dos usos de suelo se desarrollan a lo largo de los paisajes altoandinos del área de estudio. Cabe mencionar, que para las áreas donde se encuentran ecosistemas de bosque montano alto tienen mayor predominancia actividades de agricultura, en cambio para los ecosistemas considerados como arbustales y herbazales del páramo, están sometidos a ganadería, exclusivamente para el pastoreo extensivo asociado a quemas. Con base en este contexto se han conceptualizado dos modelos de referencia.

Existente:

1) Sistema agrosilvícola

El sistema agrosilvícola es una práctica del sistema agroforestal. Tiene como objetivo primordial el aumento de la productividad en la agricultura, traducido en bienes económicos y mejorar la sostenibilidad del sitio donde se realiza la agricultura (Henaó, 2020). Se especializa en la integración de árboles y/o arbustos junto con cultivos. Los cultivos se disponen en callejones o franja, entre hileras de árboles o arbustos (Instituto de Investigación Forestal [INFOR], 2004). Los sistemas agrosilvícola integra acciones como agricultura migratoria con manejo del barbecho, cultivos en combinación de plantaciones forestales, empleo de árboles como sombra para cultivos, árboles ubicados como cercas vivas, cortinas rompevientos, linderos o árboles dispersos dentro del área de cultivo (Mendieta y Rocha, 2007).

Propuesto:

- ***Modelo de referencia para sistemas agrosilvícolas***

El modelo de referencia para un sistema agrosilvícola sostenible para paisajes altoandinos debe contener una superficie mínima de 0,5 ha para mantener una estructura viable o tamaño similar a un bosque adecuado (FAO, 2010). El modelo debe estar conformado por especies arbóreas y/o arbustivas propias de ecosistemas altoandinos, se puede emplear especies de los géneros *Polylepis*, *Gynoxis*, *Weinmania*, *Hesperomeles*, *Buddleja*, *Hhedyosmum*, *Escallonia*, *Oreopanax*, *Miconia* entre otras, (MAE, 2013; Mena, 2011; Suárez Robalino et al., 2023) en combinación de los principales cultivos (papa, frutales y leguminosas). La estructura del sistema agrosilvícola se puede encontrar en diferentes formas, por ejemplo, la disposición de los árboles como cercas vivas, cortinas rompevientos o en linderos. Esta combinación productiva debe estar ubicada en zonas planas o en terrazas, para evitar la erosión del suelo, además de emplear prácticas agropecuarias basadas en la agroecología como el uso de biofertilizantes, rotación de cultivos, reciclaje de recursos, entre otras. Estas prácticas optimizan las actividades agrícolas y fortalece las funciones y procesos ecológicos del entorno (Céspedes y Vargas, 2021; Nicholls et al., 2015).

Existente:

2) Sistema silvopastoril

El sistema silvopastoril ayuda a mitigar los impactos ocasionados por la ganadería. Este sistema involucra la presencia de especies en su mayoría árboles o arbustos que se combinan con pastos o especies herbáceas naturales o mejoradas con la interacción de animales de crianza, todo esto en una misma área (Henaó, 2020) .

Los sistemas silvopastoriles integra árboles o arbustos dispersos dentro de potreros, pastoreo en plantaciones forestales o frutales, bancos forrajeros o bancos de proteína y pastura en callejones (Mendieta y Rocha, 2007). El uso de especies leguminosas contribuye a mejorar la productividad y la sostenibilidad del ecosistema (Instituto de Investigación Forestal [INFOR], 2004).

Propuesto:

- ***Modelo de referencia para sistemas silvopastoriles***

El modelo de referencia para un sistema silvopastoril sostenible se desarrolla en lugares planos con poca pendiente. Debe contener un área mínima de 1 ha, de preferencia tener una forma cuadrada para una mayor productividad en las actividades pecuarias, en el caso de la provincia de Tungurahua la producción de leche.

Este sistema se constituye estructuralmente por varios estratos, por medio del uso de árboles, arbustos y pasturas, empleando especies como *Calamagrostis*, *Alchemilia orbiculata*, *Hipericum laricifolium*, *Vaccinium mortinia*, *Lupinos sp.*, *Chuquiragua insignis*, *Valeriana sp.*, *Buddleja incana*, *Polylepis racemosa*, *Buddleja coriácea*, *Baccharis latifolia*, entre otras. El arreglo espacial se puede dar de forma dispersa (dentro del área para la producción pecuaria), en hileras, cercas vivas o barreras vivas. Además, se emplea prácticas agropecuarias sostenibles como el reciclaje de los recursos, rotación de pasturas, creación de potreros, estabulación, bancos de proteína, pastura en callejones entre otras. Estas prácticas optimizan las actividades ganaderas y fortalece las funciones y procesos ecológicos del entorno.

6.3. Criterios e indicadores para la selección de modelos de referencia para la restauración de paisajes altoandinos

Para la elaboración de los cuatro modelos de referencia para áreas naturales, se consideró cinco componentes denominados (1) paisaje, (2) biótico, (3) edáfico, (4) climático y (5) social. Estos componentes abarcan diversas variables que permiten identificar de forma rápida y accesible un modelo de referencia como: composición, estructura, altitud, pH, diversidad de fauna, entre otras. También se incluyen variables que toman un poco más de tiempo y recursos como evaluar la fragmentación, rasgos funcionales, carbono en el suelo, biomasa subterránea, entre otras. Sin embargo, cada variable contiene uno o varios indicadores que permiten obtener dicha información, cabe resaltar que cada indicador está establecido con base a las características de cada ecosistema.

6.3.1. Modelo de referencia para el bosque siempreverde del páramo

El modelo de referencia para el bosque siempreverde del páramo consta de 39 indicadores, que abarcan tanto aspectos cuantitativos como cualitativos, dentro de 22 variables. A continuación, se detallada cada una.

Tabla 8. Criterios e indicadores para seleccionar modelos de referencia para el ecosistema bosque siempreverde del páramo.

Componente:	
Paisaje	
Criterio: El modelo de referencia de bosque montano alto siempre verde, está ubicado en la ceja de montaña entre un rango altitudinal de 3 000 – 4 100 m s.n.m., se combina con el paisaje y permiten la conexión con otras áreas naturales	
Variable	Indicador
Altitud	El bosque modelo debe ubicarse sobre los 3 000 m s.n.m. hasta los 4 100 m s.n.m. para ser considerado como bosque altoandino.
Cambio de uso de la tierra	La presencia de una alta biomasa en el bosque modelo, representa alta resistencia a las perturbaciones. Siendo un indicativo de mayor estabilidad y salud del bosque (Etter, 1991), es decir no ha presentado cambios permanentes en su estructura o composición.

Fragmentación	El remanente de bosque, presenta un parche con bordes lobulados y con cavidades. Esto promueve las interacciones con el entorno y el desarrollo de funciones importantes (Matteucci, 2008).
	El remanente de bosque, es el parche más grande en relación con el número total de parches, el mismo debe encontrarse en un rango de 0 a 100 % de acuerdo al índice de parche más grande (Otavo y Echeverría, 2017).
Factores de degradación	Dentro del ecosistema se aprovecha los recursos forestales no maderables del bosque modelo (MAE, 2015).
	Existen planes de aprovechamiento sostenible para los recursos forestales
	El área de bosque modelo ha sufrido, quemas, tala selectiva o transformación para actividades agropecuarias (MAE, 2015).
Disturbios naturales	¿El área de bosque modelo ha sufrido deslaves o derrumbes recientes? (Uvidia et al., 2022). Estos cambios pueden alterar la composición y estructura del ecosistema.
Disturbios humanos	La afectación por actividades antrópicas (ganadería, agricultura o pastoreo) no debe afectar más del 10 % de la superficie total del bosque modelo (Coppus et al., 2001).
Prácticas agropecuarias	Nula presencia de prácticas agropecuarias
Barreras a la regeneración natural	Existe control y manejo de incendios (Caranqui, 2017).
	Existe control y manejo de actividades agrícolas (Caranqui, 2017).
	Existe control y manejo de plantaciones de especies exóticas (Caranqui, 2017).

Componente:

Biótico

Criterio: El modelo de referencia de bosque montano alto siempre verde, se caracterizan por la presencia de tres estratos naturales, con alturas desde los 5 m hasta los 20 m. Está superficie es capaz de brindar servicios de aprovisionamiento, regulación cultural y de soporte.

Variable	Indicador
Composición florística	Índice de diversidad de Shannon comprendido entre 1,36 a 3,5 pudiendo ser mayor o igual, se cataloga como diversidad media alta (Aguirre, 2013).
	El bosque modelo presenta una riqueza florística al menos de 6 familias, 10 géneros, y 15 especies dentro de una hectárea (Muñoz-Jácome et al., 2021).
	Si existe la presencia de las siguientes especies florísticas dentro del bosque modelo, se considera como un área conservada: <i>Clethra fimbriata</i> , <i>Clusia multiflora</i> , <i>Gynoxys acostae</i> , <i>Oreopanax ecuadorensis</i> , <i>Brachyotum gracilescens</i> , <i>Aristeguietia glutinosa</i> , <i>Gynoxys hallii</i> , <i>Polylepis reticulata</i> , <i>Weinmannia mariquitae</i> , <i>Vaccinium floribundum</i> . (Trópicos, 2024).
Estructura vegetal	Las especies arbóreas tienen una altura mayor a 5 m hasta 20 y arbustos mayores a 0,50 m de alto (MAE, 2013).
	El bosque modelo debe presentar al menos 124 árboles por hectárea con un diámetro (DAP) mayor a 20 cm (MAE, 2013).
	El bosque modelo contiene una biomasa aérea de 105,1 (Tn/ha) toneladas por hectárea (MAE, 2013).
	El bosque modelo debe contener un área basal mayor o igual a 14,7 m ² por hectárea (MAE, 2013).
Diversidad de Fauna	El bosque modelo debe contener un volumen comercial mayor o igual a 69,4 m ³ por hectárea (MAE, 2013).
	En un bosque modelo conservado se observa la presencia de especies como especies como: <i>Atelopus ignescens</i> , <i>Pristimantis puruscafeum</i> , <i>Pristimantis teslai</i> , <i>Stenocercus cadlei</i> , <i>Phyllotis haggardi</i> , <i>Thomasomys paramorum</i> y <i>Zonotrichia capensis</i> . De forma particular para los bosques siempreverde del páramo del norte como del occidente especies tales como: <i>Myotis oxyotus</i> , <i>Microrhizomys minutus</i> , <i>Neomicroxus latebricola</i> y <i>Pholidobolus affinis</i>

	(bosque del norte) y <i>Microrhizomys minutus</i> (bosques del páramo) (Bioweb, 2024).
Rasgos funcionales	Las especies vegetales del bosque modelo, presentan rasgos funcionales reproductivos (de dispersión, polinización, sistema sexual o tipo diáspora), como adaptación a las perturbaciones sean antrópicas o naturales. Bajo el concepto de un ecosistema resiliente (Alcázar y Ramírez, 2011).
Grupos funcionales	Las especies vegetales del bosque modelo, son capaces de formar grupos funcionales que permitan la dispersión anemófila, zoocora, o abiótica (Vázquez y Ocampo, 2018).
Mecanismos de adaptación	Las especies leñosas del bosque modelo, muestran plasticidad en sus rasgos morfológicos y fisiológicos ante el cambio climático (Medellín-Zabala, 2018).

Componente:

Edáfico

Criterio: El modelo de referencia de bosque montano alto siempre verde, presenta óptimas condiciones edáficas sin evidencia de alteraciones antrópicas o naturales recientes.

Variable	Indicador
Propiedades físicas, químicas y biológicas	El bosque modelo presenta suelos con texturas franco arenoso, con una estructura granular y pedregosidad < 5 %, y humedad ~107,28 % (Hugo, 2020).
	El bosque modelo presenta suelos con el 10 a 25 % de materia orgánica por volumen (m ³) en una profundidad de un 1 a 3 m (Hofstede et al., 2023).
	El bosque modelo tiene una densidad aparente de 0,79 g/cm ³ ± 0,09 a 0,20 m de profundidad (Uvidia et al., 2022).
	El bosque modelo presenta suelos ligeramente ácidos con un pH entre 6,0 a 6,5 (PDOT Ambato, 2023).
Pendiente	El bosque modelo se encuentra en un área con una pendiente entre inclinadas 15 ° a escarpadas 87 ° (PDOT Ambato, 2023).
Cobertura del suelo	El bosque modelo debe tener al menos el 70 % del suelo cubierto por arbustos, hierbas o musgo y el 30 % de árboles de especies nativas (Uvidia et al., 2022).
Carbono en suelo	El bosque modelo contiene ~ 122,45 (tC/ha) a de profundidad de 0,20 m (Guallpa et al., 2019).
Erosión	El bosque modelo presenta una pérdida menor al 25 % de profundidad del horizonte A (Mazón, Aguirre, et al., 2017).
	El bosque puede ser considerado como modelo cuando presenta una erosión leve, es decir, el suelo tiene un daño superficial, sin alteración a las funciones bióticas, o un nivel moderado cuando se visualiza remoción de los horizontes superficiales y las funciones bióticas se mantienen parcialmente alteradas (Vargas Rojas, 2009).

Componente:

Climático

Criterio: El modelo de referencia de bosque montano alto siempre verde se desarrolla bajo condiciones climáticas óptimas, caracterizadas por un temperatura moderada y niveles adecuados de precipitación.

Variable	Indicador
Temperatura	El bosque modelo debe mantener una temperatura promedio anual entre -6 °C a 10 °C en la franja altitudinal denominada ceja de montaña (Hofstede et al., 2023).
Precipitación	El bosque modelo presenta una precipitación promedio anual entre 1 236 mm a 1436 mm (MAE, 2013).

Componente:

Social

Criterio: El modelo de referencia de bosque montano alto siempre verde, está regulado por normas de conservación que promueve la gestión y el uso de los recursos de forma sostenible y brinda servicios ecosistémicos a la comunidad circundante de forma sostenible.

Variable	Indicador
----------	-----------

Institución	¿El bosque de modelo está bajo una normativa de jure o de facto de conservación?
Participación comunitaria	¿Existe mecanismos de gestión para la sostenibilidad del bosque? ¿El bosque modelo está bajo una normativa de jure o de facto que regula el uso y acceso a los recursos del bosque?

6.3.2. Modelo de referencia para el arbustal siempreverde y herbazal del páramo

El modelo de referencia para el arbustal y herbazal siempreverde del páramo consta de 32 indicadores, que abarcan tanto aspectos cuantitativos como cualitativos, dentro de 19 variables. A continuación, se detallada cada una.

Tabla 9. Criterios e indicadores para seleccionar modelos de referencia para el ecosistema arbustal y herbazal siempreverde del páramo

Componente:	
Paisaje	
Criterio: El modelo de referencia del arbustal siempreverde y herbazal del páramo está ubicado sobre la ceja de montaña entre un rango altitudinal de 3 300 – 3 900 m s.n.m., se combina con el paisaje y permite la conexión con otras áreas naturales de forma natural, además no presenta evidencia de actividades antrópicas	
Variable	Indicador
Altitud	El modelo de referencia para este ecosistema, debe ubicarse sobre los 3 300 m s.n.m. hasta los 3 900 m s.n.m. para ser considerado como arbustal siempreverde y herbazal del páramo en la provincia de Tungurahua.
Fragmentación	El parche tomado como modelo de referencia, tiene un índice de forma cercano a 1, siendo formas redondas y compactas. Estas formas protegen más eficiente los recursos dentro del fragmento (Echeverry y Rodríguez, 2006).
Factores de degradación	¿El modelo de referencia es utilizado para pastoreo? ¿El modelo de referencia ha sufrido cambios en el uso del suelo? ¿El modelo de referencia ha sido sometido a quemas o incendios?
Disturbios naturales	El modelo de referencia ha sido parte de eventos climáticos como sequías, actividades volcánicas, heladas, granizadas, tormentas. Es importante considerar estos eventos, debido a que pueden ocasionar daños en la vegetación y alteraciones en el ciclo hidrológico (MAE, 2015).
Disturbios humanos	El modelo de referencia debe presentar menos del 10 % de afectación por actividades antrópicas sobre el total de la superficie (Coppus et al., 2001). El modelo de referencia no debe presentar especies como <i>Trifolium reprens o Rumex acetosella</i> , son especies indicadoras de zonas con pastoreo intensivo (Coppus et al., 2001).
Prácticas agropecuarias	El arbustal y herbazal de páramo no presenta prácticas agropecuarias, para ser considerado como modelo de referencia.
Barreras a la regeneración natural	¿Existe control y manejo de incendios? (Caranqui, 2017). ¿Existe control y manejo de pastoreo intensivo? (Caranqui, 2017). ¿Existe control y manejo de plantaciones de especies exóticas? (Caranqui, 2017).
Componente:	
Biótico	
Criterio: El modelo de referencia del arbustal siempreverde y herbazal del páramo, presenta abundantes arbustos y hierbas distribuido en parches hasta de 3 m de alto. Su estructura en conjunto con la composición florística y la interacción con el medio permiten servicios de aprovisionamiento, regulación, cultural y de soporte.	
Variable	Indicador
Composición florística	En el modelo de referencia existe la presencia de especies de especies como: <i>Diplostephium rupestre</i> , <i>Escallonia myrtilloides</i> , <i>Hesperomeles obtusifolia</i> , <i>Miconia salicifolia</i> , <i>Monnina obtusifolia</i> , <i>Ribes andicola</i> , <i>Vaccinium</i>

	<p><i>floribundum</i>, <i>Tristerix longebracteatus</i>, especies de áreas con un buen estado de conservación de la provincia de Tungurahua (Trópicos, 2024).</p> <p>El modelo de referencia está dominado por arbustos erectos y esclerófilos de los géneros <i>Valeriana</i>, <i>Gynoxys</i>, <i>Diplostephium</i>, <i>Pentacalia</i>, <i>Monticalia</i>, <i>Chuquiraga</i>, <i>Berberis</i>, <i>Hypericum</i>, <i>Gnaphalium</i>, <i>Lupinus</i>, <i>Loricaria</i>, <i>Calceolaria</i> y <i>Hesperomeles</i> (Beltrán et al., 2009).</p> <p>En el modelo de referencia existe la presencia de especies indicadoras de un buen estado de salud del suelo de los géneros <i>Blechnum</i>, <i>Chusquea</i>, <i>Elaphoglossum</i>, <i>Gaultheria</i>, <i>Gynoxis</i>, <i>Jamesonia</i>, <i>Puya</i>, <i>Diplostephium</i> y <i>Uncinia</i> (Coppus et al., 2001).</p> <p>En el modelo de referencia no debe presentar especies de los géneros <i>Lycopodium clavatum</i>, <i>Halenia minima</i>, <i>Hypochaeris sonchoides</i> (Coppus et al., 2001), estas especies son indicadoras de suelos con un bajo estado de salud.</p> <p>En el modelo de referencia existe la presencia de especies de los géneros <i>Diplostephium</i>, <i>Gynoxis</i>, <i>Hesperomeles</i> y <i>Monticalia</i> (Coppus et al., 2001), estas especies son indicadoras de sitios que no han sufrido incendios.</p> <p>El modelo de referencia se distribuye en arbustos postrados, cojines, almohadillas, hierbas amacolladas o en penachos (Beltrán et al., 2009).</p>
Estructura vegetal	<p>El modelo de referencia contiene arbustos con una altura máxima de 3 m y pajonales amacollados de 1,2 m (MAE, 2013).</p> <p>El bosque modelo contiene 83,88 tC/ha de carbono en la biomasa aérea en el estrato herbáceo y 158,50 tC/ha para el estrato arbóreo (Gualpa et al., 2021)</p> <p>El bosque modelo almacena 0,89 tC/ha de carbono en la necromasa (materia orgánica muerta) del estrato herbáceo y 7,40 tC/ha en el estrato arbóreo (Gualpa et al., 2021)</p>
Diversidad de Fauna	<p>En el modelo de referencia existe la presencia de especies como especies como <i>Osornophryne antisana</i>, <i>Gastrotheca pseustes</i>, <i>Pristimantis donnelsoni</i>, <i>Pristimantis modipeplus</i>, <i>Stenocercus cadlei</i>, <i>Microryzomys minutus</i>, <i>Phyllotis haggardi</i>, <i>Thomasomys paramorum</i>, <i>Zonotrichia capensis</i> (Bioweb, 2024).</p>
Rasgos funcionales	<p>Las especies vegetales del bosque modelo, presentan rasgos funcionales reproductivos (de dispersión, polinización, sistema sexual o tipo diáspora), como adaptación a las perturbaciones sean antrópicas o naturales. Bajo el concepto de un ecosistema resiliente (Alcázar y Ramírez, 2011).</p>
Funciones ecológicas	<p>El modelo de referencia es capaz de recoger, filtrar y distribuir el agua hacia las partes bajas (Mena, 2011).</p>
Mecanismos de adaptación	<p>En el modelo de referencia se evidencia el crecimiento de especies de almohadillas, las mismas que crecen juntas para proteger los tejidos jóvenes (Mena, 2011).</p>

Componente:

Edáfico

Criterio: El modelo de referencia del arbustal siempreverde y herbazal del páramo, presenta óptimas condiciones edáficas que permiten el desarrollo de sus funciones y servicios.

Variable	Indicador
Cobertura del suelo	El modelo de referencia tiene entre el 71 % al 83 % del suelo cubierto por hierbas nativas y entre 17 % al 29 % de arbustos nativos (Toalombo-Quiquintuña et al., 2022).
Carbono en suelo	El bosque modelo contiene ~ 111,84 tC/ha con una de profundidad de 0,20 m, en un estrato herbáceo y 122,45 tC/ha para el estrato arbóreo (Gualpa et al., 2021)

Componente:

Climático

Criterio: El modelo de referencia del arbustal siempreverde y herbazal del páramo, se desarrolla bajo condiciones climáticas óptimas, caracterizadas por un temperatura moderada y niveles adecuados de precipitación.

Variable	Indicador
Temperatura	El modelo de referencia debe mantener una temperatura promedio anual entre -6 a 10 °C (Hofstede et al., 2023).
Precipitación	El modelo de referencia presenta una precipitación promedio anual entre 250 mm hasta 2500 mm (Toalombo-Quiquintuña et al., 2022).
Componente: Social	
Criterio: El modelo de referencia para el arbustal y herbazal del páramo está regulado por normas de conservación que promueve la gestión y el uso de los recursos de forma sostenible.	
Variable	Indicador
Institución	¿El modelo de referencia para el arbustal y herbazal de páramo modelo está bajo una normativa de jure o de facto de conservación?
Participación comunitaria	¿Existe mecanismos de gestión para la sostenibilidad del arbustal y herbazal de páramo?
	¿El modelo de referencia está bajo una normativa de jure o de facto que regula el uso y acceso a los recursos del arbustal y herbazal de páramo?

6.3.3. Modelo de referencia para el herbazal de páramo

El modelo de referencia para el bosque siempreverde del páramo consta de 41 indicadores, que abarcan tanto aspectos cuantitativos como cualitativos, dentro de 23 variables. A continuación, se detallada cada una.

Tabla 10. Criterios e indicadores para seleccionar modelos de referencia para el ecosistema herbazal del páramo.

Componente: Paisaje	
Criterio: El modelo de referencia para el herbazal del páramo se encuentra entre los 3 300-4 500 m s.n.m. El mismo presenta nula o baja presencia de actividades antrópicas.	
Variable	Indicador
Altitud	El modelo de referencia para este ecosistema debe ubicarse sobre los 3 300 m s.n.m. hasta los 4 500 m s.n.m. para ser considerado como herbazal del páramo en la provincia de Tungurahua.
Procesos dinámicos	El herbazal de páramo modelo tiene un índice de vegetación mejorado (EVI), mayor o igual a 0,28. Mientras más cercano sea a 1, la vegetación tendrá mejor densidad y salud (Horna-Duran et al., 2022).
Fragmentación	El parche tomado como modelo de referencia, tiene un índice de forma cercano a 1, siendo formas redondas y compactas. Estas formas protegen eficientemente los recursos dentro del fragmento (Echeverry y Rodríguez, 2006).
Factores de degradación	¿El herbazal de páramo modelo es utilizado para pastoreo?
	¿El herbazal de páramo modelo ha sufrido cambios en el uso del suelo?
	¿El herbazal de páramo modelo ha sido sometido a quemas o incendios?
Disturbios naturales	¿El herbazal de páramo modelo ha sido parte de eventos climáticos como sequías, actividades volcánicas, heladas, granizadas, tormentas? Es importante considerar estos eventos, debido a que pueden ocasionar daños en la vegetación y alteraciones en el ciclo hidrológico (MAE, 2015).
	La afectación por actividades antrópicas no afecta más del 10 % de la superficie total del herbazal de páramo para ser considerado como modelo de referencia (Coppus et al., 2001).
Disturbios humanos	El herbazal de páramo modelo presenta poca o nula presencia de <i>Lachemilla orbiculata</i> , <i>Trifolium reprens</i> o <i>Rumex acetosella</i> . Especies indicadoras de sobrepastoreo (Coppus et al., 2001).
	El modelo de herbazal de páramo no se observa la presencia el desarrollo de prácticas agropecuarias

Barreras a la regeneración natural	¿Existe control y manejo de incendios? (Caranqui, 2017).
	¿Existe control y manejo de pastoreo intensivo? (Caranqui, 2017).
	¿Existe control y manejo de plantaciones de especies exóticas? (Caranqui, 2017).

Componente:
Biótico

Criterio: El modelo de referencia del herbazal del páramo, está dominado por especies herbáceas en combinación de arbustos aislados con alturas mayores a 0,50 m. La estructura en conjunto con la composición florística y la interacción con el medio permiten servicios de aprovisionamiento, regulación, cultural y de soporte.

Variable	Indicador
Composición florística	El modelo para el herbazal de páramo presenta gran abundancia de poáceas como <i>Calamagrostis intermedia</i> , <i>Calamagrostis recta</i> , <i>Stipa ichu</i> y <i>Agrostis breviculmis</i> (Beltrán et al., 2009).
	El modelo para el herbazal de páramo tiene la presencia de las especies <i>Calamagrostis intermedia</i> , <i>Werneria pygmaea</i> , <i>Stellaria serpyllifolia</i> , <i>Clinopodium nubigenum</i> , <i>Eryngium humile</i> en el 75 % del área (Vistin et al., 2020).
	El modelo para el herbazal de páramo tiene una diversidad mayor a 3,31 (Hugo, 2020).
	El modelo para el herbazal de páramo tiene la presencia de los géneros <i>Blechnum</i> , <i>Chusquea</i> , <i>Elaphoglossum</i> , <i>Gaultheria</i> , <i>Gynoxis</i> , <i>Jamesonia</i> , <i>Puya</i> , <i>Diplostephium</i> y <i>Uncinia</i> (Coppus et al., 2001), indicadoras de un buen estado de salud del ecosistema.
	El modelo para el herbazal de páramo no debe tener la presencia las especies <i>Lycopodium clavatum</i> , <i>Halenia minima</i> , <i>Hypochaeris sonchoides</i> indicadoras de suelos con un bajo estado de salud (Coppus et al., 2001).
	El modelo de referencia presenta un índice de diversidad de Simpson mayor o igual a 0,90. Para considerarse un área altamente diversa con bajo impacto antrópico (Romo-Rojas y Romo, 2022).
	En el modelo de referencia existe la presencia de especies de los géneros <i>Diplostephium</i> , <i>Gynoxis</i> , <i>Hesperomeles</i> y <i>Monticalia</i> (Coppus et al., 2001), estas especies son indicadoras de sitios que no han sufrido incendios.
Estructura vegetal	El modelo para el herbazal de páramo contiene 25 tC/ha de carbono almacenado en la biomasa aérea (Terán-Valdez et al., 2019).
	El modelo para el herbazal de páramo contiene una productividad entre 5 a 10 tC/ha por año (Terán-Valdez et al., 2019)
	El modelo para el herbazal de páramo contiene una biomasa subterránea igual o mayor a 3,6 tC/ha (Suárez Robalino et al., 2023).
Diversidad de Fauna	El modelo para el herbazal de páramo presenta especies como: <i>Pristimantis donnelsoni</i> , <i>Pristimantis modipeplus</i> , <i>Pristimantis teslai</i> , <i>Stenocercus cadlei</i> , <i>Neomicroxus latebricola</i> , <i>Phyllotis haggardi</i> , <i>Thomasomys paramorum</i> , <i>Sylvilagus andinus</i> , <i>Zonotrichia capensis</i> (Bioweb, 2024).
Mecanismos de adaptación	El modelo para el herbazal de páramo presenta especies vegetales con nictinastia (Suárez Robalino et al., 2023).

Componente:
Edáfico

Criterio: El modelo de referencia del herbazal del páramo, presenta óptimas condiciones edáficas que permiten el desarrollo de sus funciones y servicios.

Variable	Indicador
Propiedades físicas, químicas y biológicas	El modelo para el herbazal de páramo presenta suelos con texturas franco arenoso, con una estructura granular y pedregosidad < 5 %, y humedad ~61,03 % (Hugo, 2020).

	El modelo para el herbazal de páramo presenta suelos no intervenidos o levemente intervenidos, con características visibles como color muy oscuro, con una textura franca a franco limoso, y un pH ácido (Sánchez et al., 2015).
	El modelo para el herbazal de páramo presenta una densidad aparente entre 0,859 a 0,94 g/cm ³ (Coppus et al., 2001).
	El modelo para el herbazal de páramo presenta suelos con pH ácido entre 4,5 a 5,5 de acidez (PDOT Santiago de Pillaro, 2020).
Pendiente	El modelo para el herbazal de páramo presenta pendientes en la parte más baja entre 8 a 28 %, superando los 3 900 m s.n.m. sobre pasan del 50 % (PDOT Santiago de Pillaro, 2020).
Cobertura del suelo	El modelo para el herbazal de páramo no debe presentar gran cantidad de líquenes. Estas plantas son indicadoras de suelos degradados. El modelo para el herbazal de páramo presenta gran cantidad de plantas vasculares y hojarasca (Terán-Valdez et al., 2019) como indicador de un buen estado de salud del suelo.
Biomasa sobre el suelo (materia orgánica)	El modelo para el herbazal de páramo contiene alrededor del 17 % de materia orgánica dentro de un 1m ³ (Sánchez et al., 2015).
Carbono en suelo	El modelo para el herbazal de páramo almacena carbono entre 790,31 a 1 756,24 Ton C.O./ha en 2 m de profundidad (Sánchez et al., 2015).

Componente:

Climático

Criterio: El modelo de referencia del herbazal del páramo, se desarrolla bajo condiciones climáticas óptimas, caracterizadas por un temperatura moderada y niveles adecuados de precipitación.

Variable	Indicador
Humedad relativa	El modelo para el herbazal de páramo presenta una humedad relativa entre 72 y 92 % (PDOT Santiago de Pillaro, 2020).
Temperatura	Áreas conservadas deben mantener una temperatura promedio acorde a la altitud entre 2800 y 3600 m entre 10 y 13 °C; de 3 600 a 4 200 m entre 0 a 10 °C (Hofstede et al., 2023).
Precipitación	El modelo para el herbazal de páramo presenta una precipitación promedio anual entre 800 a 1000 mm, en un rango de 3 000 a 4 800 m s.n.m., mayores a 4 200 m s.n.m. precipitación > 1200 mm (PDOT Santiago de Pillaro, 2020).
Viento	El modelo para el herbazal de páramo presenta una velocidad del viento entre 6,30 y 17,45 km/h aire ligero y brisa suave, permite un desarrollo de las especies vegetales, provoca muy poca erosión en el suelo (PDOT Santiago de Pillaro, 2020).

Componente:

Social

Criterio: El modelo de referencia para el herbazal del páramo está regulado por normas de conservación que promueve la gestión y el uso de los recursos de forma sostenible.

Variable	Indicador
Institución	¿El modelo de referencia para el herbazal de páramo modelo está bajo una normativa de jure o de facto de conservación?
Participación comunitaria	¿Existe mecanismos de gestión para la sostenibilidad el herbazal de páramo? ¿El modelo de referencia está bajo una normativa de jure o de facto que regula el uso y acceso a los recursos del herbazal de páramo?

6.3.4. Modelo de referencia para el herbazal y arbustal subnival del páramo

El modelo de referencia para el herbazal y arbustal subnival del páramo consta de 32 indicadores, que abarcan tanto aspectos cuantitativos como cualitativos, dentro de 23 variables. A continuación, se detallada cada una.

Tabla 11. Criterios e indicadores para seleccionar modelos de referencia para el ecosistema herbazal y arbustal subnival del páramo.

Componente: Paisaje	
Criterio: El modelo de referencia del herbazal y arbustal subnival del páramo está ubicado sobre la ceja de montaña entre un rango altitudinal de 4 100 – 4 900 m s.n.m., se combina con el paisaje y permiten la conexión con otras áreas naturales de forma natural, sin actividades antrópicas	
Variable	Indicador
Altitud	El modelo de referencia para este ecosistema debe ubicarse sobre los 4 100 m s.n.m. hasta los 4 900 m s.n.m. para ser considerado como herbazal y arbustal subnival del páramo.
Procesos dinámicos	El modelo de referencia para el herbazal y arbustal subnival del páramo tiene un índice de vegetación mejorado (EVI), mayor o igual a 0,28. Mientras más cercano sea a 1, la vegetación tendrá mejor densidad y salud (Horna-Duran et al., 2022).
Fragmentación	El parche tomado como modelo de referencia, tiene un índice de forma cercano a 1, siendo formas redondas y compactas. Estas formas protegen más eficiente los recursos dentro del fragmento (Echeverry y Rodríguez, 2006).
Factores de degradación	¿El modelo de referencia para el herbazal y arbustal subnival del páramo es utilizado para pastoreo?
	¿El modelo de referencia para el herbazal y arbustal subnival del páramo ha sufrido cambios en el uso del suelo?
	¿El modelo de referencia para el herbazal y arbustal subnival del páramo ha sido sometido a quemas o incendios?
Disturbios naturales	¿El modelo de referencia para el herbazal y arbustal subnival del páramo ha sido parte de eventos climáticos como sequías, actividades volcánicas, heladas, granizadas, tormentas? Es importante considerar estos eventos, debido a que pueden ocasionar daños en la vegetación y alteraciones en el ciclo hidrológico (MAE, 2015).
Disturbios humanos	La afectación del modelo de referencia para el herbazal y arbustal subnival del páramo, por actividades antrópicas no afecta más del 10 % de la superficie total (Coppus et al., 2001).
	El modelo de referencia para el herbazal y arbustal subnival del páramo presenta poca o nula presencia de <i>Lachemilla orbiculata</i> . Especie indicadora de sobrepastoreo (Coppus et al., 2001).
Prácticas agropecuarias	El modelo de referencia para el herbazal y arbustal subnival del páramo no se observa el desarrollo de prácticas agropecuarias
Diversidad de hábitats	El modelo de referencia para el herbazal y arbustal subnival del páramo incluye especies de formaciones en arbustos enanos, o amacollados, con géneros como <i>Baccharis</i> , <i>Gynoxys</i> , <i>Brachyotum</i> , <i>Escallonia</i> , <i>Hesperomeles</i> , <i>Miconia</i> , <i>Buddleja</i> , <i>Monnina</i> e <i>Hypericum</i> (Suárez Robalino et al., 2023). Los mismos que sirven como microhábitats, para especies pequeñas de fauna.
Barreras a la regeneración natural	¿Existe control y manejo de incendios? (Caranqui, 2017).
	¿Existe control y manejo de pastoreo intensivo? (Caranqui, 2017).
	¿Existe control y manejo de plantaciones de especies exóticas? (Caranqui, 2017).
Componente: Biótico	
Criterio: El modelo de referencia del arbustal siempreverde y herbazal del páramo, presenta abundantes de hierbas y pocos arbustos distribuidos en parches. Su estructura en conjunto con la composición florística y la interacción con el medio permiten servicios de aprovisionamiento, regulación, cultural y de soporte.	
Variable	Indicador
Composición florística	El modelo de referencia para el herbazal y arbustal subnival del páramo presenta especies como especies como <i>Calamagrostis intermedia</i> , <i>Chuquiraga jussieui</i> ,

	<i>Diplostephium rupestre, Lachemilla nivalis, Luzula racemosa, Poa cucullata Valeriana microphylla, Xenophyllum humile Xenophyllum rigidum, Azorella aretioides, Plantago rigida</i> (Trópicos, 2024).
	El modelo de referencia para el herbazal y arbustal subnival del páramo presenta un índice de diversidad de Simpson mayo o igual a 0,90. Para considerarse un área altamente diversa con bajo impacto antrópico (Romo-Rojas y Romo, 2022).
Estructura vegetal	El modelo de referencia para el herbazal y arbustal subnival del páramo tiene una gran diversidad de formas de vida (líquenes, musgos, hierbas, almohadillas, arbustos rasantes (MAATE, 2023).
Diversidad de Fauna	El modelo de referencia para el herbazal y arbustal subnival del páramo se observa la presencia de especies como especies como <i>Pristimantis teslai, Stenocercus cadlei, Phyllotis haggardi</i> . De forma particular <i>Thomasomys paramorum</i> y <i>Zonotrichia capensis</i> (4500 - 4200), y <i>Sylvilagus andinus</i> (> 4 200) (Bioweb, 2024).
Biomasa subterránea	El modelo de referencia para el herbazal y arbustal subnival del páramo tiene suelos de pajonales, almacenan no menos de 3,6 Mg de biomasa subterránea por ha (Suárez Robalino et al., 2023).
Mecanismos de adaptación	El modelo de referencia para el herbazal y arbustal subnival del páramo presenta de especies vegetales con nictinastia (Suárez Robalino et al., 2023).

Componente:

Edáfico

Criterio: El modelo de referencia del herbazal y arbustal subnival del páramo, presenta suelos ligeramente ácidos con gran cantidad de materia orgánica situados en áreas planas con poca pendiente, sin evidencia de alteraciones antrópicas o naturales recientes.

Variable	Indicador
Propiedades físicas, químicas y biológicas	El modelo de referencia para el herbazal y arbustal subnival del páramo tiene suelos bien conservados con colores oscuros, pardo oscuro en los 40 cm superiores y negros hacia abajo. La textura franco arenosa, con pH ácidos (Coppus et al., 2001).
	El modelo de referencia para el herbazal y arbustal subnival del páramo presenta suelos andosoles, ligeramente ácidos de 6,0 a 6,5 (PDOT Ambato, 2023).
	El suelo del modelo de referencia para el herbazal y arbustal subnival del páramo tiene una densidad aparente ente 0,39 - 0,67 g/cm ³ (Coppus et al., 2001).
Pendiente	El suelo del modelo de referencia para el herbazal y arbustal subnival del páramo tiende a ser plano con pendientes menos al 3 % (Coppus et al., 2001).
Cobertura del suelo	El suelo del modelo de referencia para el herbazal y arbustal subnival del páramo debe estar cubierto al 100 % por especies de almohadillas, musgos, arbustos rasantes, hierbas, etc. (Coppus et al., 2001).
Biomasa sobre el suelo (materia orgánica)	Los suelos del modelo de referencia para el herbazal y arbustal subnival del páramo presentan un horizonte A de 30 a 50 cm. Materia orgánica en un 28 % de un m ³ (Coppus et al., 2001).
Carbono en suelo	El suelo del modelo de referencia para el herbazal y arbustal subnival del páramo almacena carbono entre 409,8 Ton C.O./ha a 1707,5 Ton C.O./ha en 2 m de profundidad (Coppus et al., 2001).

Componente:

Climático

Criterio: El modelo de referencia del herbazal y arbustal subnival del páramo, se desarrolla bajo condiciones climáticas óptimas, caracterizadas por un temperaturas adecuadas y niveles adecuados de precipitación, para el equilibrio del ecosistema.

Variable	Indicador
Temperatura	El modelo de referencia para el herbazal y arbustal subnival del páramo debe mantener una temperatura promedio de entre -6 °C a 18°C (Hofstede et al., 2023).

Precipitación	El modelo para el arbustal y herbazal subnival del páramo presenta una precipitación promedio anual de 416 mm, en un rango de 4 100 a 4500 m s.n.m., mayores a 4 200 m s.n.m. hasta los 4 900 m s.n.m. la precipitación varía entre 286 mm a 348 mm por año (MAE, 2013).
---------------	--

Componente:
Social

Criterio: El modelo de referencia para el arbustal y herbazal subnival está regulado por normas de conservación que promueve la gestión y el uso de los recursos de forma sostenible.

Variable	Indicador
Institución	¿El modelo de referencia para el herbazal y arbustal subnival modelo está bajo una normativa de jure o de facto de conservación?
Participación comunitaria	¿Existe mecanismos de gestión para la sostenibilidad del modelo de referencia para el herbazal y arbustal subnival del páramo?
	¿El modelo de referencia para el herbazal y arbustal subnival del páramo está bajo una normativa de jure o de facto que regula el uso y acceso a los recursos del herbazal y arbustal subnival?

6.3.5. Modelo de referencia para sistemas agrosilvícolas

El modelo de referencia para sistemas agrosilvícolas consta de 36 indicadores, que abarcan tanto aspectos cuantitativos como cualitativos, dentro de 23 variables. A continuación, se detallada cada una.

Tabla 12. Criterios e indicadores para seleccionar modelos de referencia sistemas agrosilvícolas

Componente: Paisaje	
Criterio: Los modelos de referencia para sistemas agrosilvícolas son parte del paisaje, permitiendo la conexión con otras áreas naturales. Además, favorecen la conservación de la biodiversidad, recursos naturales y mejora la calidad de vida de las comunidades.	
Variable	Indicador
Topografía	El sistema agrosilvícola se ubica en áreas topográficas planas o en terrazas (Altieri y Hecht, 1999).
Altitud	El sistema agrosilvícola se desarrolla a una altura máxima de 3 000 m s.n.m
Fragmentación	El sistema agrosilvícola posee una superficie mínima a 0,5 ha de la superficie total. Bajo el concepto de área mínima de un bosque (FAO, 2010).
	El sistema agrosilvícola forma parte de la conectividad del paisaje por medio de cercas vivas con el uso de especies nativas arbóreas o arbustivas como <i>Alnus acuminata</i> , <i>Buddleja incana</i> , <i>Polylepis racemosa</i> , <i>Myrcianthes rhopaloides</i> , <i>Cedrela montana</i> , <i>Oreopanax ecuadorensis</i> , <i>Morella pubescens</i> , <i>Vallea stipularis</i> (Caranqui, 2017).
	El sistema agrosilvícola permite la conexión con otras áreas naturales, siendo parte de los corredores biológicos
Disturbios naturales	El sistema agrosilvícola implica una afectación entre el 10 y 40 % del total de la superficie del paisaje (Coppus et al., 2001). Es decir, el uso de suelo para prácticas agrosilvícolas no ocupa mayor área al 40 % del total del paisaje.
Disturbios humanos	El sistema agrosilvícola no utiliza prácticas de quemas para limpieza del terreno (Céspedes y Vargas, 2021).
Prácticas agropecuarias	El sistema agrosilvícola intercambia o rota los cultivos, con el uso de franjas o intercalados (Céspedes y Vargas, 2021).
	El sistema agrosilvícola utiliza mulch, abonos orgánicos, humos o biofertilizantes en cada siembra o rotación de cultivo (Céspedes y Vargas, 2021).
	El sistema agrosilvícola utiliza insecticidas microbianos y/o botánicos (Nicholls et al., 2015).

	El sistema agrosilvícola gestiona el control biológico de plagas por medio la diversificación vegetal (árboles, arbustos, cultivos) (Altieri y Hecht, 1999).
	El sistema agrosilvícola emplea prácticas de conservación del suelo y del agua mediante el uso de mulch y de protección contra el viento (Altieri y Hecht, 1999).
	El sistema agrosilvícola emplea prácticas de reciclaje de los recursos, por ejemplo, el uso de hojas de podas de los árboles, estiércol, subproductos de los cultivos para elaboración de compostaje (Céspedes y Vargas, 2021).

Componente:

Biótico

Criterio: Los modelos de referencia para sistemas agrosilvícolas se caracterizan por una composición y estructura diseñadas para promover la biodiversidad e integra los diferentes estratos vegetales con cultivos rotativos. Este modelo optimiza la producción agrícola y fortalece los procesos ecológicos asegurando la funcionalidad y resiliencia del paisaje.

Variable	Indicador
Composición florística	El sistema agrosilvícola cuenta con diferentes especies características de ecosistemas altoandinos como <i>Alnus acuminata</i> (parte más baja), <i>Buddleja incana</i> , <i>Polylepis racemosa</i> , <i>Hesperomeles ferruginea</i> , <i>Baccharis floribunda</i> , <i>Lupinus pubescens</i> , <i>Myrsine dependens</i> , <i>Oreopanax ecuadorensis</i> , <i>Symplocos fimbriata</i> , <i>Viburnum triphyllum</i> , y <i>Weinmannia pinnata</i> . El sistema agrosilvícola utiliza la rotación y asociación de cultivos con especies medicinales, aromáticas y florales como <i>Brugmansia sanguinea</i> , <i>Chuquiraga jussieui</i> , <i>Croton wagneri</i> , <i>Solanum crinitipes</i> , <i>Mentha piperita</i> , <i>Thymus vulgaris</i> , <i>Mentha aquatica</i> , <i>Cymbopogon citratus</i> , <i>Lippia citradora</i> , <i>Ruda graveolens</i> , <i>Melissa officinalis</i> (Mena, 2011). El sistema agrosilvícola tiene una densidad de especies arbóreas entre 25 a 500 indv/ha, con especies nativas como <i>Alnus acuminata</i> (parte más baja), <i>Buddleja incana</i> , <i>Polylepis racemosa</i> , <i>Myrcianthes rhopaloides</i> , <i>Cedrela montana</i> , <i>Oreopanax ecuadorensis</i> , <i>Morella pubescens</i> , <i>Vallea stipularis</i> (Caranqui, 2017) pueden estar ubicados como cercas vivas o cortinas rompevientos.
Estructura vegetal	El sistema agrosilvícola cuenta con cercas vivas o linderos con un espaciado entre 2 a 6 m (INFOR (Chile), 2008). Las especies arbóreas utilizadas en el sistema agrosilvícola tienen una altura mayor a 5 m y arbustos a 0.50 m (MAE, 2013).
Diversidad de Fauna	En el sistema agrosilvícola se observa una diversidad de especies de fauna características de ecosistemas altoandinos de la sierra centro; catalogadas como: muy móviles (aves), <i>Cinclodes albidiventris</i> , <i>Phalcoboenus carunculatus</i> , <i>Conirostrum binghami</i> , <i>Xenodacnis parina</i> , moderadamente móviles (mamíferos/anfibios) <i>Sylvilagus andinus</i> , <i>Conepatus semistriatus</i> , <i>Gastrotheca</i> , <i>Lynchius</i> , <i>Niceforonia</i> y <i>Pristimantis</i> , y poco móviles (insectos) <i>Eucallia</i> , <i>Pseudoxyeila</i> , <i>Drosophila</i> e <i>himenópteros</i> (González, 2011; Zapata et al., 2023).
Rasgos funcionales	En el sistema agrosilvícola existe la presencia de rasgos funcionales como estrategias de dispersión de semillas, profundidad de raíces (Alonso, 2011).
Procesos ecológicos	El sistema agrosilvícola es capaz de brindar procesos ecológicos como sucesión natural, ciclo de agua, ciclo del carbono y flujos de energía (Alonso, 2011).
Funciones ecológicas	En el sistema agrosilvícola es capaz de realizar funciones ecológicas como polinización, descomposición de materia orgánica o ciclado de nutrientes (Alonso, 2011).

Componente:

Edáfico

Criterio: Los modelos de referencia para sistemas agrosilvícolas deben garantizar una estructura del suelo capaz de soportar el desarrollo de actividades productivas sostenibles, sin comprometer las funciones y procesos edafológicos.

Variable	Indicador
Propiedades físicas, químicas y biológicas	El suelo del sistema agrosilvícola debe tener una profundidad al menos de 0,60 m (Abril-Herrera et al., 2023).
	El sistema agrosilvícola debe tener un valor medio alto en materia orgánica que va desde el 2 % y/o más del 4 % (Quintana, 1983).
	Suelos con un pH entre 6,5 a 7 (Bais et al., 2006).
Pendiente	El sistema agrosilvícola se encuentra establecido en zonas con una pendiente entre 6 ° a 10 ° inclinada (Mazón et al., 2017).
Altitud suelo	El sistema agrosilvícola no debe sobre pasar los 3 600 m s.n.m.
Temperatura del suelo	El suelo del sistema agrosilvícola debe mantener una temperatura mínima de 5 °C para la germinación de plantas en condiciones frías (León et al., 2018).
Cobertura del suelo	El sistema agrosilvícola debe incluir labranza de conservación, es decir, el 30 % de los residuos vegetales cubren el suelo (Sandoval Estrada et al., 2003).
Degradación del suelo	En el sistema agrosilvícola existe la relación simbiótica de las bacterias <i>Rhizobium</i> y <i>Bradyrhizobium</i> con especies leguminosas. Estas bacterias mejoran la salud y aumenta la productividad del suelo. Además, reduce el uso de fertilizantes en los cultivos (León et al., 2018).

Componente:

Climático

Criterio: El modelo de referencia del sistema agrosilvícola, se desarrolla bajo condiciones climáticas óptimas, caracterizadas por un temperatura moderada y niveles adecuados de precipitación que garanticen la producción agrícola.

Variable	Indicador
Temperatura	El sistema agrosilvícola presenta una temperatura mínima entre 8 °C a 13 °C y temperaturas máximas entre 20 °C a 25 °C, dependiendo de cada tipo de cultivo (Basantes, 2015).
Precipitación	El sistema agrosilvícola presenta una precipitación entre 350 mm a 1000 mm, dependiendo de cada tipo de cultivo (Basantes, 2015).
Viento	Velocidad del viento del sistema agrosilvícola debe estar entre 6,30 y 17,45 km/h aire ligero y brisa suave, permite un desarrollo de las especies vegetales y provoca muy poca erosión en el suelo (PDOT Santiago de Píllaro, 2020).

Componente:

Social

Criterio: Los modelos de referencia para sistemas agrosilvícolas fomentan la participación comunitaria en la gestión de los recursos naturales del paisaje, en combinación de medios de vida sostenibles.

Variable	Indicador
Institución	¿La institución garantiza espacios de comercialización justa para la producción de una agricultura sostenible?
	¿La institución brinda espacio de capacitación y/o aprendizaje para una producción sostenible?
Participación comunitaria	¿El productor implementa una producción agrícola utilizando sistemas de producción con tecnología limpia?

6.3.6. Modelo de referencia para sistemas silvopastoriles

El modelo de referencia para sistemas silvopastoriles consta de 33 indicadores, que abarcan tanto aspectos cuantitativos como cualitativos, dentro de 22 variables. A continuación, se detallada cada una.

Tabla 13. Criterios e indicadores para seleccionar modelos de referencia sistemas silvopastoriles.

Componente:

Paisaje

Criterio: Los modelos de referencia para sistemas silvopastoriles son parte del paisaje, permitiendo la conexión con otras áreas naturales. Favorecen la conservación de la biodiversidad, recursos naturales y mejora la calidad de vida de las comunidades.

Variable	Indicador
Topografía	El sistema silvopastoril se desarrolla en lugares planos a colinosos con pendientes entre 0 % a 30 % para ganado vacuno, en cambio para la producción de alpaca entre 0 % hasta el 68 % de pendiente (Mamani et al., 2013).
Forma	El área del sistema silvícola debe tener una forma cuadrada, con un área mínima de 1 ha para mayor eficiencia (Mamani et al., 2013).
Acceso al agua	El ganado vacuno de leche no debe desplazarse a más de 150 a 180 m. para beber agua (Mamani et al., 2013).
Fragmentación	El sistema silvícola facilita la conectividad del paisaje con la inserción de arbustos o árboles como biocorredores (Alonso, 2011).
Disturbios humanos	En el sistema silvopastoril implica una afectación entre el 10 y 40 % del total de la superficie (Coppus et al., 2001). Es decir, el uso de suelo para prácticas silvícolas no ocupa mayor área al 40 % del total del paisaje.
Prácticas agropecuarias	El sistema silvopastoril tiene una capacidad de carga de 14 unidades bovinas por ha, en áreas de pajonal (Camacho, 2013). En cambio, para la crianza de alpacas el sistema silvopastoril tiene una capacidad de carga de 1,4 alpacas por ha, y hasta 6 individuos por ha en potreros (Briones et al., 2000).
	En el sistema silvopastoril realiza prácticas sobre reciclaje de los recursos, por ejemplo, el uso de hojas de podas de los árboles, subproductos de los cultivos, rastrojo para elaboración de alimentos para animales menores (Céspedes y Vargas, 2021).
Diversidad de hábitats	En el sistema silvopastoril emplea la rotación de pastoreo en un intervalo entre 40 a 60 días (Montagnini et al., 2015).
	En el sistema silvopastoril brinda diversos hábitats por medio del uso de árboles y arbustos en diferentes técnicas (Alonso, 2011).

Componente:

Biótico

Criterio: Los modelos de referencia para sistemas silvopastoriles se caracterizan por una composición y estructura diseñada para promover la biodiversidad, se integra los diferentes estratos vegetales con árboles, arbustos y pasturas. Este modelo optimiza las actividades ganaderas y fortalece los procesos ecológicos asegurando la funcionalidad y resiliencia del paisaje.

Variable	Indicador
Composición florística	En un rango de 3 000 a 3 500 m s.n.m. el sistema silvopastoril puede utilizar especies herbáceas de pasturas naturales como <i>Holcus lanatus</i> y <i>Anthoxanthum odoratum</i> en combinación de avena forrajera, trébol blanco, trébol rojo que ayudan a la conservación de suelos. Para la parte más alta comprendida entre 3 600 a 4 000 m s.n.m. <i>Stipa ichu</i> , <i>Festuca</i> sp., <i>Poa</i> sp., <i>Calamagrostis</i> , <i>Alchemilia orbiculata</i> , <i>Hipericum laricifolium</i> , <i>Vaccinium mortinia</i> , <i>Lupinus</i> sp., <i>Chuquiragua insignis</i> , <i>Valeriana</i> sp., <i>Buddleja incana</i> , <i>Polylepis racemosa</i> , <i>Buddleja coriácea</i> , <i>Baccharis latifolia</i> (León et al., 2018).
	En el sistema silvopastoril emplea mezclas forrajeras usando del 70 al 75% de gramíneas, del 25 a 30% de leguminosas y el 2 a 3% de especies adventicias (León et al., 2018).
Estructura vegetal	La estructura del sistema silvopastoril se puede dar por medio de árboles y/o arbustos de forma dispersa, en hileras o barreras vivas (INFOR (Chile), 2008).
	Los árboles utilizados en el sistema silvopastoril deben tener una altura mínima de 2,5 m para no ser dañados por los animales (INFOR (Chile), 2008). En el sistema silvopastoril utiliza cercas vivas con una separación entre 2 a 6 m o cortinas de viento entre 1 a 1,5 m (Barrantes et al., 2013).

	El suelo del sistema silvopastoril debe contar con una densidad de mínima de 200 a 250 árboles/ha, (en caso de extracción de madera aumentar la densidad) con un distanciamiento entre 3 a 6 m entre cada árbol (INFOR (Chile), 2008).
	En el sistema silvopastoril las especies árboles deben tener al menos un 35 % o 40 % de cobertura de copa, para beneficios edáficos (INFOR (Chile), 2008).
Diversidad de Fauna	En el sistema silvopastoril se observa la presencia del orden <i>Calémbola</i> muestra una buena calidad del suelo además proporciona mayor fertilidad y estabilidad nutricional biológica al ecosistema (Cabrera, 2012). En el sistema silvopastoril se observa la diversidad de especies de fauna características de ecosistemas altoandinos de la sierra centro catalogadas como: muy móviles (aves), <i>Cinclodes albidiventris</i> , <i>Phalcoboenus carunculatus</i> , <i>Conirostrum binghami</i> , <i>Xenodacnis</i> parina, moderadamente móviles (mamíferos/anfibios) <i>Sylvilagus andinus</i> , <i>Conepatus semistriatus</i> , <i>Gastrotheca</i> , <i>Lynchi</i> , <i>Niceforonia</i> y <i>Pristimantis</i> , y poco móviles (insectos) <i>Eucallia</i> , <i>Pseudoxycheila</i> , <i>Drosophila</i> e <i>himenópteros</i> (González, 2011; Zapata et al., 2023).
Rasgos funcionales	En el sistema silvopastoril existe la presencia de rasgos funcionales como estrategias de dispersión de semillas, profundidad de raíces (Alonso, 2011).
Procesos ecológicos	El sistema silvopastoril es capaz de brindar procesos ecológicos como sucesión natural, ciclo de agua, ciclo del carbono y flujos de energía (Alonso, 2011).
Funciones ecológicas	El sistema silvopastoril es capaz de realizar funciones ecológicas como polinización, descomposición de materia orgánica o ciclado de nutrientes (Alonso, 2011).

Componente:

Edáfico

Criterio: Los modelos de referencia para sistemas silvopastoriles mantiene actividades pecuarias sin comprometer las funciones y procesos edafológicos.

Variable	Indicador
Propiedades físicas, químicas y biológicas	El suelo del sistema silvopastoril presenta una densidad menor a 1,2 g/cm ³ (Abril-Herrera et al., 2023).
	El sistema silvopastoril se desarrolla en áreas con pendientes entre 5 a 15 % (León et al., 2018).
	El sistema silvopastoril no debe sobre pasar los 3 600 m s.n.m.
Cobertura del suelo	El sistema silvopastoril mantiene una cobertura del 100 % del área.
Carbono en suelo	El sistema silvopastoril es capaz de almacenar carbono almacenado entre 62,33 a 283 tC/ha (Abril-Herrera et al., 2023).
Degradación del suelo	En el sistema silvopastoril existe relación simbiótica de las bacterias <i>Rhizobium</i> y <i>Bradyrhizobium</i> con especies leguminosas. Esta bacteria mejora la salud, aumenta la productividad y reduce el uso de fertilizantes en los cultivos (León et al., 2018).

Componente:

Climático

Criterio: El modelo de referencia del sistema silvopastoril, se desarrolla bajo condiciones climáticas optimas, caracterizadas por un temperatura moderada y niveles adecuados de precipitación que garanticen la producción pecuaria en paisajes altoandinos.

Variable	Indicador
Temperatura	El sistema silvopastoril presenta una temperatura ambiental promedio entre 20 °C a 24 °C (Aráuz et al., 2009). Temperaturas mayores comprometen la producción de leche.
Viento	El sistema silvopastoril presenta una velocidad máxima de 3 a 20 km/h (Mamani et al., 2013).

Humedad relativa	El sistema silvopastoril presenta una humedad relativa entre 50 % a 62 % (Mamani et al., 2013).
------------------	---

Componente:
Social

Criterio: Los modelos de referencia para sistemas silvopastoriles fomentan la participación comunitaria en la gestión de los recursos naturales del paisaje, en combinación de medios de vida sostenibles.

Variable	Indicador
Institución	¿La institución garantiza espacios de comercialización justa para la producción de una pecuaria?
	¿La institución brinda espacio de capacitación y/o aprendizaje para una producción sostenible?
Participación comunitaria	¿El productor implementa una producción pecuaria utilizando sistemas de producción con tecnología limpia?

7. Discusión

7.1. Desafíos metodológicos y análisis de publicaciones para la conceptualización de modelos de referencia en la restauración de paisajes altoandinos en la Sierra centro de Ecuador (SCE)

7.1.1. Implicaciones metodológicas de la investigación

El punto principal para construir un modelo de referencia para la restauración de paisajes altoandinos en la Sierra centro del Ecuador, es la calidad de información del cual se abastece el modelo. White y Walker, (2008) mencionan que es una tarea desafiante y depende de la escala, temporalidad y la interacción espacial de la naturaleza. Para ello, se requiere de varias fuentes de información. Una comprensión integral del área de estudio es esencial para contextualizar el modelo de referencia. La descripción detallada del área del área estudio, incluyendo datos sobre la geografía, el clima, la biodiversidad y las actividades humanas, es fundamental para comprender el contexto en el que se lleva a cabo la restauración de paisaje. Así lo resaltan Nelson et al. (2024), la importancia fundamental de evaluar de forma integral el área donde se llevará a cabo una restauración paisajística, incluyendo sus condiciones ecológicas, culturales y socioeconómicas.

Sin embargo, la información en este campo fue muy escasa, y se encontró información mayormente en el área de la restauración ecológica. De esta manera la aplicación de la metodología PRISMA utilizada para la revisión sistemática dentro de la investigación garantizó la transparencia y replicabilidad del proceso de búsqueda, al igual que la selección de estudios por medio del uso del PRISMA flow-chart. Barquero (2022) destaca que la metodología PRISMA y sus diversas herramientas aumentan significativamente la validez de los resultados de la investigación gracias a su riguroso control de calidad y su flexibilidad para adaptarse a diferentes temas. Esta metodología busca evitar o minimizar en lo posible el sesgo de información, garantizando una evaluación más precisa y objetiva.

Otra limitante, para la construcción de estos modelos, no se encontró modelos de referencia que se hayan aplicado para la restauración en paisajes altoandinos, y aún más en la Sierra centro del Ecuador. Por falta de información, se empleó el uso de criterios e indicadores que permite definir, evaluar y dar seguimiento al proceso de investigación. De acuerdo a los criterios SMART, mencionan que se debe cumplir con ciertas características, como: (S) específicos, (M) medibles, (A) alcanzables, (R) relevantes, y (T) basado en el tiempo (Janssen, 2024). Es por ello que, para la identificación de modelos de referencia, se empleó el uso de criterios e indicadores, lo que permite la inclusión de elementos como la estructura,

composición, funciones ecológicas, comunidades entre otros siendo un enfoque integral de los principios de la restauración de paisajes forestales.

7.1.2. Vacíos de la revisión sistemática

Los hallazgos en la revisión sistemática relevan un panorama significativo del estado actual de la investigación en la restauración de paisajes forestales, específicamente para ecosistemas altoandinos. Se observó un crecimiento a lo largo de los años, desde 1999 hasta el 2023, con algunos picos de actividad en ciertos años, durante los cuales se realizaron más investigaciones y otros períodos con menor actividad, lo que refleja el fluctuante interés de la comunidad científica. Esto también se puede aducir a las necesidades y requerimientos de cada país en conjunto con sus políticas de conservación y acciones de restauración del paisaje. Coppus et al. (2019) realizaron una revisión preliminar acerca de los proyectos de RPF llevados a cabo, en los 17 gobiernos de América Latina y el Caribe, que fueron los países que se comprometieron a restaurar cerca de 53 millones de ha, bajo la Iniciativa 20 × 20. En su revisión, se receptaron 97 proyectos de RPF, desde el año 2000, en donde a partir del año 2008 se registró la mayoría de proyectos. Lastimosamente no se registró ningún proyecto realizado en paisajes forestales altoandinos, quedando en evidencia un gran vacío de información sobre estos paisajes.

Los años con mayor número de publicaciones coinciden con la implementación de políticas ambientales globales. Por ejemplo, 2020 coincide con la consolidación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU en el año 2019 y la creciente presión para abordar el cambio climático y sus estrategias de mitigación (FAO, 2020). Estas acciones impulsaron un notable crecimiento en las investigaciones relacionadas, reflejando el compromiso global. Sin embargo, esta tendencia disminuyó drásticamente para el año 2021, esto puede estar relacionado con la emergencia de salud pública del COVID-19. La pandemia contribuyó a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), contaminación acústica, agua entre otros debido al confinamiento en todo el mundo, pero al mismo tiempo implicó una caída en las actividades de restauración (Rume y Didar-UI, 2020). A pesar de, los diferentes efectos positivos y negativos en los años siguientes 2022 y 2023 nuevamente aumentó el interés por mejorar las condiciones de vida y resiliencia del entorno, considerando la restauración del paisaje y el ecoturismo una estrategia potencial de sostenibilidad ambiental.

En cuanto a la distribución de las publicaciones en revistas especializadas ofrece información valiosa sobre los temas y enfoques preferidos por los investigadores en restauración tanto ecológica como de paisaje. Se observó, un gran número de estudios en revistas como *Forests and Restoration Ecology (SER)*. Además, la presencia de revistas como

Biología Tropical, Plant Ecology y Diversity. Sin embargo, es importante señalar que, a pesar de la cobertura temática, existe un gran vacío en el caso puntual de estudios relacionados a modelos de restauración para paisajes altoandinos y aún más, estudios que hablen sobre la interacción de comunidades y ecosistemas altoandinos.

La distribución geográfica de las publicaciones revela patrones interesantes en cuanto a la concentración de la investigación en ciertos países, como Colombia, Ecuador y Venezuela. Estos hallazgos están estrechamente relacionados con la presencia de paisajes altoandinos en sus territorios, esto gracias a que la Cordillera de los Andes atraviesa dichos países. Sin olvidar los diferentes instrumentos que han desarrollado en cada país, gracias a los acuerdos internacionales y el interés de la comunidad, ha llevado a que cada país a realizar investigaciones sobre estrategias de restauración para los diferentes paisajes forestales, con el objetivo de mejorar su gestión, aprovechamiento y conservación (González et al., 2017). A diferencia de los países Brasil, España, Estados Unidos, Northern Ghana y Sudáfrica, que presentar información relacionada a los paisajes forestales, estos no son directamente relacionados a los paisajes altoandinos, debido a su ubicación geográfica.

En Ecuador, González et al. (2017) mencionan que apenas se registró información relevante acerca de la restauración ecológica entre los años 1979 a 2010, en donde a partir del año 2007, se registró un mayor incremento en los estudios. Cabe aclarar, que dichos estudios son relacionados a la restauración ecológica, pues el término y enfoque de restauración de paisajes forestales en Ecuador empezó incluirse en la última década.

De acuerdo con Mazón et al. (2017), la implementación del Plan Nacional de Restauración Forestal del año 2014 – 2017, menciona un enfoque integral del paisaje, tomando en cuenta mejorar la calidad de vida de los habitantes y no solo la mejora del ecosistema de forma aislada. Sin embargo, no fue sino hasta el año 2023, cuando se presentó el Plan de Restauración de Paisaje (PNRP), como parte de la implementación del Plan Nacional de Restauración Forestal 2019 -2030. Este plan, crucial para las metas ambientales, destaca la inclusión de los ecosistemas altoandinos como parte de las estrategias de recuperación, rehabilitación, y restauración de los paisajes (MAE, 2019).

La presente investigación aborda de manera directa varios de los vacíos identificados en la revisión sistemática sobre la restauración de paisajes forestales en los ecosistemas altoandinos. Al centrar el estudio en la conceptualización y elaboración de criterios e indicadores de modelos de referencia específicos para la restauración de paisajes en la Sierra centro de Ecuador, esta investigación proporciona una base metodológica robusta que puede ser aplicada en otros contextos similares.

Además, al incorporar aspectos socioeconómicos y culturales en el análisis, se ofrece una perspectiva integral que no solo mejora la comprensión ecológica, sino también facilita la implementación de estrategias de restauración más efectivas y sostenibles en un contexto de paisaje. Este enfoque holístico no solo llena el vacío de información sobre los paisajes altoandinos, sino que también proporciona herramientas prácticas para la planificación y ejecución de proyectos de restauración, que contribuye a un avance significativo en el campo de la restauración ecológica y paisajística en la región.

7.2. Propuesta de conceptualización de modelos de referencia para Sierra Centro del Ecuador

La conceptualización de modelos de referencia es fundamental para la restauración de paisajes altoandinos por varias razones. Según Pequeño-Ledezma et al. (2016), un marco conceptual ofrece dirección y coherencia a los esfuerzos de restauración, definiendo objetivos y metas claras que facilitan la planificación y ejecución de proyectos. Además, contar con criterios e indicadores además de un concepto permite medir el éxito de la restauración esto es crucial para evaluar el progreso y realizar ajustes necesarios.

La implementación de las estrategias más adecuadas para cada sitio a menudo enfrenta dificultades debido al desconocimiento técnico (Madroñero-Palacios y Muñoz-Guerrero, 2024). Por lo tanto, es esencial proporcionar una adecuada conceptualización para cada área a restaurar, en especial en paisajes altoandinos donde se incluye la participación comunitaria. Sin embargo, existen escasos estudios donde se mencione la restauración de paisajes, gran parte de la literatura científica abarca temas referentes a la restauración ecológica. En un estudio realizado en Colombia, desde 2010 hasta 2023, se identificaron 50 artículos que ofrecen información amplia y relevante a la restauración ecológica (Madroñero-Palacios y Muñoz-Guerrero, 2024). Contrastando con esta investigación, en un análisis que abarcó un período más extenso, desde 1999 hasta 2023, se encontraron 64 estudios. En ninguno de los dos estudios se mencionó la restauración de paisajes como base conceptual; en cambio, el enfoque principal fue la restauración ecológica. Sin embargo, ambos estudios consideraron el modelo de referencia como una parte integral del proceso de restauración.

En este estudio se presenta una base conceptual que permite comprender la interacción de los diferentes ecosistemas naturales y antrópicos con los seres humanos, en especial con los medios de vida. Villalobos (2020), destaca la importancia de enfocar las alternativas de restauración a nivel de paisaje que permita restablecer la integridad ecológica y contribuir al bienestar humano. Gichuki et al. (2019) concuerdan en los diversos beneficios de la

restauración con enfoque de paisaje, definiéndola como el incremento de número de árboles en áreas en las que interactúan diversos usos de la tierra, tales como los paisajes altoandinos.

7.3. Criterios e indicadores para la selección de modelos de referencia para la restauración de paisajes altoandinos

La identificación de modelos de referencia para procesos de restauración es importante considerada la prevalencia y diversidad de indicadores y criterios. De acuerdo a la información analizada, se agrupó y clasificó los diferentes indicadores bajo la denominación de componentes. Entre los componentes más empleados en los estudios, sobresale el componente biótico, el mismo que se mencionó en las 64 publicaciones. Considerando en mayor relevancia la composición florística, y fauna como los principales indicadores que proporcionan información a corto y mediano tiempo de los principales avances del proceso de la restauración. Dentro del componente biótico, también se mencionó en menor proporción indicadores como rasgos funcionales y funciones ecológicas, debido a la dificultad de poder obtener información en un corto plazo.

Según Aguilar-Garavito y Ramírez, (2015) señalan que es importante evaluar las condiciones actuales del sitio a restaurar incluyendo los grupos funcionales de micro y macro organismos como indicadores de perturbación del paisaje. La información recopilada se contrasta con un estudio realizado por Mazón et al. (2019) en ecosistemas altoandinos, donde encontraron que, de 91 artículos analizados, los indicadores más utilizados durante el monitoreo de la restauración después de la vegetación (flora) fueron condiciones físicas, funciones ecológicas y grupos funcionales con 45, 43 y 19 artículos respectivamente. Estos indicadores no fueron empleados precisamente para identificar un modelo de referencia. Sin embargo, Nelson et al. (2024) mencionan que los indicadores utilizados para caracterizar y establecer el modelo de referencia deben ser los mismos que se utilicen para el monitoreo de la restauración, por tal razón es importante incluir los indicadores como rasgos funcionales, grupos funcionales, entre otros para visualizar el cambio a lo largo del tiempo.

En cuanto al componente paisaje, fue mencionado en 54 publicaciones, siendo el segundo más citado después del componente biótico, lo que refleja la importancia del entorno en los estudios de restauración de paisajes. La fragmentación del paisaje destaca como una de las variables más importantes al generar un indicador, basándose en la conectividad e integridad del paisaje. Sin embargo, ninguna de las publicaciones detalló la profundidad el uso específico de cada variable. Aunque el paisaje es crucial, no ha sido considerado con la misma proporción que otros componentes, como el biótico, que sigue siendo el más destacado.

Por ejemplo, en la variable propiedades fisiográficas, no se especifica la profundidad del estudio. La fisiografía es la ciencia que describe las producciones de la naturaleza incluyendo aspectos como agua, clima y los seres vivos, desde un enfoque donde se explica la geoforma del terreno, relieve, y los usos del mismo con base en la interacción de los seres humanos (López et al., 2019). Otra de las variables mencionadas, fue las prácticas agropecuarias, diversidad de hábitats y disturbios tanto naturales como antrópicos.

Otro componente importante, presente en 23 publicaciones fue el componente edáfico. Algunas de las variables que más se citaron fueron las propiedades físicas y químicas como textura, color, pH, materia orgánica. En el proceso de restauración, conocer el suelo y sus características es una de las principales herramientas, en conjunto con la vegetación pues de ello depende el éxito de la restauración (Gómez-Ruiz y Lindig-Cisneros, 2017).

De igual forma lo mencionan Aguilar-Garavito y Ramírez, (2015), el suelo y la vegetación son las principales variables utilizadas en el levantamiento de línea base para los proyectos de restauración, según su estudio encontraron que 24 proyectos de un total de 81 proyectos evaluados tomaron en cuenta el suelo como parte de las variables. Dentro de este mismo estudio se menciona que otra de las variables con mayor presencia fue la parte social (22 proyectos) incluyendo temas, socioeconómicos, servicios ambientales, entre otros. Sin embargo, en los estudios analizados de esta investigación, es el que menos se mencionó, solo se encontró que en 6 de 64 publicaciones incluyeron la parte social enfocada a las necesidades y preferencias de las comunidades.

Por último, el componente climático fue mencionado en 16 publicaciones, donde se abordan variables como la temperatura, humedad relativa, y precipitación. Estos factores son determinantes para conocer las condiciones bajo las cuales se desarrollarán los procesos de restauración. Además, permiten seleccionar el tipo de vegetación que se puede llegar a implementar en el sitio, y tener una pauta del desarrollo de las mismas (Lindig, 2017). sostenibilidad y éxito a largo plazo.

8. Conclusiones

- Los modelos de referencia naturales y antrópicos presentan una estructura integral que abarca múltiples componentes, con distintos criterios e indicadores en aspectos paisajísticos, bióticos, edáficos, climáticos y sociales.
- Se construyó un total de 6 modelos, 4 naturales y 2 antrópicos. Dentro de los modelos de referencia naturales están: Bosque siempreverde del páramo (3 000 – 4 100 m s.n.m.) con 22 variables y 39 indicadores; Arbustal siempreverde y herbazal del páramo (3 300 – 3 900 m s.n.m.) con 19 variables y 32 indicadores; Herbazal de páramo (3 300 – 4 500 m s.n.m.) con 23 variables y 41 indicadores; Herbazal y Arbustal subnival del páramo (4 100 – 4 900 m s.n.m.) con 23 variables y 32 indicadores. Por otra parte, los modelos de referencia antrópicos esta: el sistema agrosilvícola con 23 variables y 36 indicadores y el sistema silvopastoril con 22 variables y 33 indicadores.
- La adaptación de los modelos a las condiciones climáticas y edáficas específicas de los paisajes altoandinos, responden a un vacío de conocimiento. Además, son fundamentales para el diseño de sistemas productivos resilientes y sostenibles.
- Durante la identificación y propuesta de criterios para la selección de modelos de referencia en la restauración de paisajes altoandinos, surgieron diversas limitaciones. Una de las principales dificultades fue la escasez de estudios específicos sobre paisajes altoandinos, lo que redujo la disponibilidad de datos comparativos y modelos precios. Asimismo, la variabilidad en los enfoques metodológicos y la falta de estandarización en la medición de indicadores complicaron la consolidación de criterio uniforme.
- Los criterios propuestos en esta investigación son aplicables y tienen importantes prácticas. Este estudio proporciona una guía clara y contextualizada para la restauración en la Sierra centro de Ecuador, facilitando tanto la identificación y selección de un modelo de referencia. Además, promueve un enfoque integral que integra aspectos ecológicos, socioeconómicos y culturales, esenciales para garantizar la sostenibilidad y éxito a largo plazo de los proyectos de restauración en paisajes altoandinos.

9. Recomendaciones

- Realizar una evaluación previa de los diferentes criterios e indicadores propuestos en cada uno de los modelos tanto de los sistemas naturales como antrópicos, por medio de la participación de expertos. Además, considerar que el comité evaluador sea integrado por profesionales con conocimiento en los distintos componentes, para una evaluación precisa y eficiente.
- Es importante destacar que los criterios e indicadores establecidos para los modelos de sistemas naturales y antrópicos proporcionan una base general aplicable a la provincia de Tungurahua. Sin embargo, se aconseja adaptar estos modelos, para cada sitio donde se vaya a llevar a cabo procesos de restauración. Esto con base a las variaciones en condiciones sociales, ambientales, bióticas entre otros factores que pueden influir en la efectividad de la aplicabilidad del modelo.
- Es importante desarrollar investigación interdisciplinaria que integre conocimientos de agronomía, ecología, ciencias sociales y otras disciplinas relevantes que permitan comprender y mejorar los modelos naturales, pero en especial los modelos antrópicos, con el fin de desarrollar modelos más precisos y adaptables a las condiciones de cada localidad.
- En caso de implementar un modelo de referencia para zonas naturales o antrópicas, es fundamental establecer un programa de monitoreo y evaluación continua para dar seguimiento al modelo y conocer el desempeño y aplicabilidad del mismo.
- Promover y dar continuidad a las diferentes investigaciones en paisajes altoandinos, a la vez de conocer las diferentes estrategias que permitan su restauración paisajística.

10. Bibliografía

- Abril-Herrera, D. A., Mora-Delgado, J. R., y Martínez-Restrepo, G. L. (2023). Almacenamiento de carbono en suelos bajo pasturas de sistemas productivos lecheros altoandinos. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*, 70(3), e106045. <https://doi.org/10.15446/rfmvz.v70n3.106045>
- Aguilar-Garavito, M., y Ramírez, W. (2015). *Monitoreo a procesos de restauración ecológica aplicado a ecosistemas terrestres*.
- Aguirre, N., Torres, J., y Velasco-Linares, P. (2013). *Guía para la restauración en los páramos del Antisana*.
- Aguirre, Z. (2013). *Guía de método para medir la Biodiversidad*.
- Alcázar, C., y Ramírez, W. (2011). El uso de rasgos funcionales en flora como herramienta para establecer prioridades de conservación. En G. Corzo, M. Londoño-Murcia, W. Ramírez, y C. Lasso (Eds.), *Planeación ambiental para la conservación de la biodiversidad en las áreas operativas de Ecopetrol S.A. localizadas en el Magdalena Medio y los Llanos Orientales de Colombia* (Primera Edición, pp. 216–222). Instituto Alexander von Humboldt y Ecopetrol S.A.
- Alomar-Garau, G., y Gómez-Zotano, J. (2022). Del paisaje en la geografía: perspectivas y actividades del Grupo de Paisaje de la Asociación Española de Geografía. *Cuadernos de Geografía de la Universitat de València*, 108–9, 857. <https://doi.org/10.7203/cguv.108-9.24067>
- Alonso, J. (2011). Los sistemas silvopastoriles y su contribución al medio ambiente. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 45(2).
- Altieri, M. A., y Hecht, Susanna. (1999). *Agroecología: bases científicas para una agricultura sustentable*. Nordan.
- Aráuz, D., Briceño, C., Taylor, R., y Russo, R. (2009). Evaluación climática y edafológica de un sistema silvopastoril y una pastura convencional. *ResearchGate*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.35245.59364>
- Aronson, J., Jackson Griffith, J., Silva, E., Duane Williams, D., Balensiefer, M., Rossi, R., Ardinghi, N., Cenni, M., Ugolini, M., y Junqing, L. (2004). *SER International Primer on Ecological Restoration*. <http://www.ser.org/resources/resources-detail-view/ser-international-primer-on-ecological-restoration>
- Atilo, E. (2020). *Los recursos naturales-Degradación de ecosistemas*.
- Bais, H. P., Weir, T. L., Perry, L. G., Gilroy, S., y Vivanco, J. M. (2006). The role of root exudes in rhizosphere interactions with plants and other organisms.

- <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.57.032905.105159>, 57, 233–266.
<https://doi.org/10.1146/ANNUREV.ARPLANT.57.032905.105159>
- Barquero, W. G. (2022). Analisis de prisma como metodología para revisión sistemática: Una aproximación general. *Saúde em Redes*, 8(sup1), 339–360. <https://doi.org/10.18310/2446-4813.2022v8nsup1p339-360>
- Barrantes, A., Chavarría, A., Sánchez, O., Navarrete, G., y Rivera, A. (2013). *Guía técnica SAF para la implementación de Sistemas Agroforestales (SAF) con árboles forestales maderables*.
- Basantes, E. (2015). *Manejo de cultivos altoandinos en Ecuador* (M. Calvache y V. Abril, Eds.; Primera edición). Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. www.repositorio.espe.edu.ec.
- Bastidas, M. (2015). *Mecanismos de incentivo para la restauración de paisajes degradados*. Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Beltrán, K., Salgado, S., Cuesta, F., León-Yáñez, S., Romoleroux, K., Ortiz, E., Cárdenas, A., y Velástegui, A. (2009). *Distribución Espacial, Sistemas Ecológicos y Caracterización Florística de los Páramos en el Ecuador* (P. Mena, Ed.). EcoCiencia, Proyecto Páramo Andino y Herbario QCA.
- Besseau, P., Graham, S., y Christophersen, T. (2018). *Restoring forests and landscapes: the key to a sustainable future 3 global partnership on forest and landscape restoration restoring forests and landscapes: the key to a sustainable future*. www.unenvironment.org
- Besseau P, Graham S, y Christophersen T (Eds.). (2018). *RESTORING FORESTS AND LANDSCAPES: THE KEY TO A SUSTAINABLE FUTURE 3 GLOBAL PARTNERSHIP ON FOREST AND LANDSCAPE RESTORATION RESTORING FORESTS AND LANDSCAPES: THE KEY TO A SUSTAINABLE FUTURE*. www.unenvironment.org
- Bioweb. (2024, marzo 23). *Bioweb Ecuador*. Reptiles, mamíferos, anfibios y aves del Ecuador.
- Bradshaw, A. (1984). Technology Lecture. Land restoration: now and in the future. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B. Biological Sciences*, 223(1230), 1–23. <https://doi.org/10.1098/RSPB.1984.0079>
- Briones, V., Brusil, C., Delgado, L., Washinton, G., Stachelscheid, E., y Stuart, W. (2000). *Manejo de Páramos y Zonas de Altura*.

- Cabello, J. A., y Navarro, C. (2017). *Ecosistemas de Referencia Modelo de la Región de La Araucanía*.
- Cabrera, G. (2012). *Edaphic macrofauna as biological indicator of the conservation/disturbance status of soil. Results obtained in Cuba* (Vol. 35, Número 4).
- Camacho, M. (2013). *Los páramos ecuatorianos: caracterización y consideraciones para su conservación y aprovechamiento sostenible*.
- Cañas, C. O., De, E., y Salcedo, J. (2020). El concepto de paisaje y la visión de las comunidades indígenas del nordeste amazónico. En *Revista Entorno Geográfico*.
- Caranqui, J. (2017). Árboles y arbustos nativos potenciales para reforestación en la Sierra Central de Ecuador. *Enfoque UTE*, 8(5), 103–109. <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v8n5.184>
- Carvajal, J., Mugmal, Y., Rosales, O., y Layana, E. (2024). Diseño del sistema agroforestal tradicional andino, respetando la diversidad biocultural, en la comunidad Quichua del Manzanal, parroquia Caranqui, cantón Ibarra. *PENTACIENCIAS*, 6(:2806-5794), 366–389.
- Castillo-Rojas, M. (2020). Agroforestería como alternativa de desarrollo sostenible en el territorio indígena de Salitre, zona de amortiguamiento del Parque Internacional la Amistad. *Espiga*, 19, 63–76.
- Céspedes, C., y Vargas, S. (2021). *Agroecología Fundamentos y técnicas de producción, y experiencia en la Región de Los Ríos* (Libro INIA N° 45,). Instituto de Investigaciones Agropecuarias.
- Chazdon, R., y Guariguata, M. R. (2018). Herramientas de apoyo a decisiones para la restauración del paisaje forestal: Estado actual y futuro. En *Herramientas de apoyo a decisiones para la restauración del paisaje forestal: Estado actual y futuro*. Center for International Forestry Research (CIFOR). <https://doi.org/10.17528/cifor/007002>
- Chillagana, W. (2016). *La ley forestal y conservación de áreas naturales y vida silvestre, frente a los derechos de la Naturaleza* [Universidad Regional Autónoma de los Andes “UNIANDES”]. <http://dspace.uniandes.edu.ec/handle/123456789/5286>
- Choi, Y. D. (2004). Theories for ecological restoration in changing environment: Toward “futuristic” restoration. En *Ecological Research* (Vol. 19).
- Chuncho-Morocho, C., y Chuncho, G. (2019). Páramos del Ecuador, importancia y afectaciones: Una revisión. *Bosques Latitud Cero*, 9(2), 71–83.
- Comena, G., Colomina, D., Melero, M., Peiteado, C., y Rodríguez, G. (2021). *Manual de restauración forestal para personas que quieren curar la Naturaleza*.

- Coppus, R., León-Yáñez, S., Endara, L., y Mena-Vásconez, P. (2001). El estado de salud de algunos páramos en el Ecuador: una metodología de campo. *ResearGate*, 9978-04-717-1.
- Coppus, R., Romijn, E., Méndez-Toribio, M., Murcia, C., Thomas, E., Guariguata, M., Herold, M., y Verchot, L. V. (2019). Una clasificación de proyectos de restauración del paisaje forestal en América Latina y el Caribe. En *Una clasificación de proyectos de restauración del paisaje forestal en América Latina y el Caribe*. Center for International Forestry Research (CIFOR). <https://doi.org/10.17528/cifor/007395>
- Cortés-Duque, J., y Sarmiento, C. E. (2013). *Visión socioecosistémica de los páramos y la alta montaña colombiana : memorias del proceso de definición de criterios para la delimitación de páramos* (J. Cortés-Duque, Ed.). s. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Crespo, J. (2020). Paisaje, un concepto geográfico para la educación ecosocial. *Conciencia Social*, 4(10.7203/con-cienciasocial.4.19423), 59–72. <https://doi.org/10.7203/con-cienciasocial.4.19423>
- Cruz, P. (2020). Mundos permeables y espacios peligrosos. Consideraciones acerca de punkus y qaqs en el paisaje altoandino de Potosí, Bolivia. *Museo Chileno de Arte Precolombino*, 11, 35–50.
- Cueva, S. L. (2020). *Los bosques del Ecuador*. <https://www.researchgate.net/publication/344299580>
- Daily, G., Postel, S., y Bawa, K. (2021). *Nature's Services: Societal Dependence On Natural Ecosystems*. <https://www.researchgate.net/publication/37717461>
- Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GIZ. (2021). *Programa Conservación y uso sostenible de ecosistemas de montaña*. www.bmz.de
- Dey, D. C., y Schweitzer, C. J. (2014). Restoration for the Future: Endpoints, Targets, and Indicators of Progress and Success. *Journal of Sustainable Forestry*, 33(SUP1). <https://doi.org/10.1080/10549811.2014.883999>
- Díaz-Granados, M., Navarrete, J., y Suárez, T. (2005). Páramos: Hidrosistemas Sensibles. *Revista de Ingeniería*, 1(22), 64–75. <https://doi.org/https://doi.org/10.16924/revinge.22.8>
- Duarte Nina, Cuesta Francisco, Terán Andrea, Pinto Esteban, Arcos Inty, Solano Alejandro, y Torres Oliver. (2017). *Protocolo para monitoreo de áreas de restauración ecológica en los bosques montanos de la Cordillera Occidental del Ecuador*.

- Dudley, N., Bhagwat, S. A., Harris, J., Maginnis, S., Moreno, J. G., Mueller, G. M., Oldfield, S., y Walters, G. (2018). Measuring progress in status of land under forest landscape restoration using abiotic and biotic indicators. *Restoration Ecology*, 26(1), 5–12. <https://doi.org/10.1111/rec.12632>
- Echeverry, M., y Rodríguez, J. (2006). Análisis de un paisaje fragmentado como herramienta para la conservación de la Biodiversidad en áreas de bosque seco y subhmedo tropical en el municipio de Pererira, Risaralda, Colombia. *Scientia et Technica Año XII, 0122–1701*, 405–410.
- Etter, A. (1991). *Introducción a la ecología del paisaje : Un Marco de Integración para los Levantamientos Ecológicos* (Primera edición).
- FAO. (2010). *Evaluación de los recursos forestales mundiales 2010 términos y definiciones*. www.fao.org/forestry/es
- FAO. (2020). The State of the World's Forests 2020. En *The State of the World's Forests 2020*. FAO and UNEP. <https://doi.org/10.4060/ca8642en>
- FAO. (2021). El estado de los recursos de tierras y aguas del mundo para la alimentación y la agricultura - Sistemas al límite. *FAO*. <https://doi.org/10.4060/CB7654ES>
- Farrell, J., y Altieri, M. (1999). *Sistemas agroforestales*. Nordan.
- Fernando Naranjo. (2019). *Agenda_Tungurahua2019-2021*.
- Gann, G. D., McDonald, T., Walder, B., Aronson, J., Nelson, C. R., Jonson, J., Hallett, J. G., Eisenberg, C., Guariguata, M. R., Liu, J., Hua, F., Echeverría, C., Gonzales, E., Shaw, N., Decler, K., y Dixon, K. W. (2019). International principles and standards for the practice of ecological restoration. Second edition. *Restoration Ecology*, 27(S1), S1–S46. <https://doi.org/10.1111/rec.13035>
- Gann, G., McDonald, T., Walder, B., Aronson, J., Nelson, C. R., Jonson, J., Hallett, J. G., Eisenberg, C., Guariguata, M. R., Liu, J., Hua, F., Echeverría, C., Gonzales, E., Shaw, N., Decler, K., y Dixon, K. W. (2019). International principles and standards for the practice of ecological restoration. Second edition. *Restoration Ecology*, 27(S1), S1–S46. <https://doi.org/10.1111/rec.13035>
- Garcés, D., Medina, E., y Araujo, P. (2018). *Plan de Manejo de Páramos de la Mancomunidad de GADs Municipales del Frente Sur Occidental de la provincia de Tungurahua*.
- García, G., y González, M. (2019). *Ecosistema de referencia, selección de especies clave y diseño de núcleos para restauración activa de áreas degradadas de RFP Vanguardia, Villavicencio*. Universidad Santo Tomás.

- García, V. J., Márquez, C. O., Isenhardt, T. M., Rodríguez, M., Crespo, S. D., y Cifuentes, A. G. (2019). Evaluating the conservation state of the páramo ecosystem: An object-based image analysis and CART algorithm approach for central Ecuador. *Heliyon*, 5(10). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e02701>
- Gatica-Saavedra, P., Echeverría, C., y Nelson, C. R. (2017). Ecological indicators for assessing ecological success of forest restoration: a world review. *Restoration Ecology*, 25(6), 850–857. <https://doi.org/10.1111/rec.12586>
- Gichuki, L., Brouwer, R., Davies, J., Vidal, A., Kuzee, M., Magero, C., Walter, S., Lara, P., Oragbade, C., y Gilbey, B. (2019). Reviving land and restoring landscapes: Policy convergence between forest landscape restoration and land degradation neutrality. *IUCN (International Union for Conservation of Nature) Forest Conservation Programme (FCP) and Global Ecosystem Management Programme (GEMP)*, 1–3. <https://doi.org/https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2019.11.en>
- Gómez-Ruiz, P. A., y Lindig-Cisneros, R. (2017). La restauración ecológica clásica y los retos de la actualidad: La migración asistida como estrategia de adaptación al cambio climático. *Revista de Ciencias Ambientales*, 51(2), 31. <https://doi.org/10.15359/rca.51-2.2>
- González, J., Pambi, V., Uyaguari, E., y Zhiñin, H. (2017). Estado actual de la restauración ecológica en la Región Sur del Ecuador. *CEDAMAZ*, 7(7), 16–25.
- González, V. (2011). Ecological indicators of habitat and biodiversity in a Neotropical landscape: Multitaxonomic perspective. *Revista de Biología Tropical*, 59, 1433–1451. <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-79959322990&origin=inward&txGid=96c3a98b4acef2925ec393c649b27c6b>
- Grupo de Trabajo Científico para el Decenio de las Naciones Unidas sobre la Restauración de los Ecosistemas. (2022). *Restauración de los ecosistemas basada en la ciencia para la década de 2020 y más allá*.
- Gualpa, M., Espinoza, V., y Arcos, D. (2019). Estimación de carbono almacenado en el páramo de la parroquia Pasa, cantón Ambato, Provincia de Tungurahua. En N. Lara, E. Salazar, V. Noboa, y C. Carpio (Eds.), *II Congreso Internacional Bosques y Agroforestería para el siglo XXI* (1era edición, pp. 14–24). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Gualpa, M., Espinoza, V., y Arcos, D. (2021). Estimation of Carbon Content in the Páramo Ecosystem of Pasa Population, Ambato Canton, Tungurahua Province. *ESPOCH*

Congresses: The Ecuadorian Journal of S.T.E.A.M.
<https://doi.org/10.18502/espoch.v1i4.9508>

- Guerrero, O. A., Camargo Mora, M. G., y Idrovo Torres, B. (2022). Caracterización y clasificación geo ecológica y ambiental: humedales altoandinos de la provincia de Loja- Ecuador. *AXIOMA*, 1(26), 19–28. <https://doi.org/10.26621/ra.v1i26.742>
- Haddad, F., Ariza, C., y Malmer, A. (2021). Creación de bosques y sistemas de producción agrosilvopastorales resilientes en las tierras áridas. En *Creación de bosques y sistemas de producción agrosilvopastorales resilientes en las tierras áridas*. FAO. <https://doi.org/10.4060/cb3803es>
- Henao, E. (2020). *Los sistemas agroforestales expuestos como sistemas sostenibles de producción en Colombia* [Programa de Ingeniería Agroforestal]. Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD.
- Hofstede, R., Calles, J., López, V., Polanco, R., Torres, F., Ulloa, J., Vásquez, A., y Cerra, M. (2014). *Los páramos andinos ¿Qué Sabemos? ? Estado de conocimiento sobre el impacto del cambio climático en el ecosistema páramo*. www.uicn.org/sur
- Hofstede, R., y Llambí, L. D. (2020). Plant diversity in Páramo-Neotropical high mountain humid grasslands. En *Encyclopedia of the World's Biomes* (Vols. 1–5, pp. 362–372). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.11858-5>
- Hofstede, R., Mena-Vásquez, P., y Suárez, E. (2023). *Los páramos del Ecuador Pasado, presente y futuro*.
- Hofstede, Robert., Segarra, Pool., Mena V., Patricio., y Proyecto Atlas Mundial de los Páramos. (2003). *Los páramos del mundo*. UICN.
- Horna-Duran, S., Guaiña-Yungán, J., Lara-Vásquez, N., Vaca-Cárdenas, P., y Cushquicullma-Colcha, D. (2022). Tendencias Temporales del Índice Mejorado de la Vegetación (Evi) en tres Ciencias Naturales Artículo de Investigación. *Polo del Conocimiento*, 66, 270–283. <https://doi.org/10.23857/pc.v7i1.3477>
- Hugo, B. (2020). *Estudio comparativo de la captura de carbono en el suelo de dos ecosistemas: Herbazal de páramo y bosque siempreverde de páramo en la reserva de producción de fauna Chimborazo*.
- INFOR (Chile). (2008). *Modelos agroforestales : sistema productivo integrado para una agricultura sustentable*. INFOR, Gobierno de Chile, ministerio de Agricultura.
- Iniciativa 20 x 20. (2014). *Un esfuerzo liderado por los países de Latinoamérica para llevar a la restauración de 20 M ha de tierras degradadas al 2020*.

- Instituto de Investigación Forestal [INFOR]. (2004). Programa: Modelos Agroforestales para un Desarrollo Sustentable de la Agricultura Familiar Campesina. En *Instituto de Investigación Forestal de Chile (INFOR)*.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC]. (2023). *Boletín Técnico N°01-2023-IPC*.
- Keating, P. L. (2007). Fire ecology and conservation in the high tropical Andes: Observations from northern Ecuador. *Journal of Latin American Geography*, 6(1), 43–62. <https://doi.org/10.1353/lag.2007.0003>
- León, R., Bonifaz, N., y Gutiérrez, F. (2018). *Pastos y forrajes del Ecuador Siembra y producción de pasturas* (1era edición). Universidad Politécnica Salesiana.
- López, D., López, L., Fajardo, A. C., y Blanco, E. O. (2019). *Aristides Saavedra Guerrero Análisis Integral del Paisaje Elementos Conceptuales y Metodológicos Estudio de Caso Cuenca del Río Usumacinta*.
- Lozano, P., Armas, A., y Machado, V. (2016, diciembre). Estrategias para la conservación del ecosistema páramo en Pulinguí San Pablo and Chorrera Mirador, Ecuador). *Enfoque UTE*, 7(1390-6542), 55–70. <http://ingenieria.ute.edu.ec/enfoqueute/>
- MAATE. (2023). *La gestión integral de las áreas protegidas es una prioridad para el Ministerio del Ambiente*.
- Madroñero-Palacios, S., y Muñoz-Guerrero, D. (2024). Principios conceptuales de la restauración ecológica Conceptual principles of ecological restoration. *Revista Tecnología en Marcha*, 37(3). <https://doi.org/10.18845/tm.v37i2.6786>
- MAE. (2013). *Sistema de Clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental*.
- MAE. (2022). *Mapa Interactivo Ambiental del Ecuador*. Mapa de Cobertura de la tierra 2022 .
- Maes, J., Liqueste, C., Teller, A., Erhard, M., Paracchini, M. L., Barredo, J. I., Grizzetti, B., Cardoso, A., Somma, F., Petersen, J. E., Meiner, A., Gelabert, E. R., Zal, N., Kristensen, P., Bastrup-Birk, A., Biala, K., Piroddi, C., Egoh, B., Degeorges, P., ... Lavallo, C. (2016). An indicator framework for assessing ecosystem services in support of the EU Biodiversity Strategy to 2020. *Ecosystem Services*, 17, 14–23. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2015.10.023>
- Mamani, G., García, A., y Durand, F. (2013). *Manejo y utilización de praderas naturales en la zona Altoandina*.

- Manterola, C., Astudillo, P., Arias, E., y Claros, N. (2013). Revisiones sistemáticas de la literatura. Qué se debe saber acerca de ellas. *Cirugia Espanola*, 91(3), 149–155. <https://doi.org/10.1016/j.ciresp.2011.07.009>
- Martínez, E. E., y Ontivero, M. del V. (2016). Ecosistema altoandino de importancia biológica, ecológica y socio-económica. *San Juan Ambiental*, 494. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/130447>
- Matteucci, S. (2008). *Ecología de Paisajes: Elementos básicos aplicados a la gestión y manejo de territorios áridos y semiáridos*.
- Mazón, M., Aguirre, N., Echeverría, C., y Aronson, J. (2019). Monitoring attributes for ecological restoration in Latin America and the Caribbean region. En *Restoration Ecology* (Vol. 27, Número 5, pp. 992–999). Blackwell Publishing Inc. <https://doi.org/10.1111/rec.12986>
- Mazón, M., Aguirre, N., y Torres, J. (2017). Evaluación integral de la degradación de un ecosistema de páramo en el Ecuador como base para el establecimiento de un plan de restauración ecológica. *Memorias del Primer Congreso Ecuatoriano de Restauración del Paisaje*.
- Mazón, M., Maita, J., y Aguirre, N. (2017). *Memorias del Primer Congreso Ecuatoriano de Restauración del Paisaje*.
- Medellin-Zabala, D. (2018). Estrategias adaptativas de plantas de páramo y bosque altoandino al cambio climático. En J. Solorza-Bejarano (Ed.), *Ecología y Cambio Climático en Ecosistemas de Alta Montaña en Colombia* (pp. 31–34). Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis.
- Mena, Patricio. (2011). *Páramo: paisaje estudiado, habitado, manejado e institucionalizado*. EcoCiencia.
- Méndez-Toribio, M., Martínez-Garza, C., Ceccon, E., y Guariguata, M. R. (2017). Planes actuales de restauración ecológica en Latinoamérica: Avances y omisiones. *Revista de Ciencias Ambientales*, 51(2), 1. <https://doi.org/10.15359/rca.51-2.1>
- Mendieta, M., y Rocha, L. (2007). *Sistemas agroforestales*.
- Ministerio del Ambiente, A. y T. E. [MAATE]]. (2023). *Anexo 4. Lineamientos para la restauración de Paisajes Altoandinos*.
- Ministerio del Ambiente Agua y Transición Ecológica [MAATE]. (2023). *Plan de Acción Nacional para la Conservación, Restauración y Uso Sostenible de los Páramos 2023-2030*.

- Ministerio del Ambiente del Ecuador [MAE]. (2015). *Quinto Informe Nacional para el Convenio sobre la Diversidad Biológica*.
- Ministerio del Ambiente [MAE]. (2013). *Sistema de Clasificación de Ecosistemas del Ecuador Continental*.
- Ministerio del Ambiente [MAE]. (2019). *Plan Nacional de Restauración Forestal 2019 - 2030*.
- Ministerio del Ambiente, [MAE], y Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, [FAO]]. (2015). *Especies forestales leñosas arbóreas y arbustivas de los bosques montanos del Ecuador*.
- Moiraghi, L. E., y Zárata, H. Z. (2021). *A 10 años del acuerdo de “las 20 metas de Aichi para la diversidad biológica”*. *La humanidad está en peligro*. (A. E. De Bianchetti, Ed.). Moglia Ediciones. www.mogliaediciones.com
- Montagnini, F., Somarriba, E., Murgueitio, E., Fassola, H., y Eibl, B. (2015). *Sistemas agroforestales funciones productivas, socioeconómicas y ambientales*.
- Moreno, B., Muñoz, M., Cuellar, J., Domancic, S., y Villanueva, J. (2018). Revisiones Sistemáticas: definición y nociones básicas. *Revista clínica de periodoncia, implantología y rehabilitación oral*, 11(3), 184–186. <https://doi.org/10.4067/s0719-01072018000300184>
- Muñoz-Jácome, E., Ati-Cutiupala, M. G., Londo-León, G. J., Vaca-Cárdenas, L. M., y Pintag-Pinda, E. (2021). *Estructura y composición de la diversidad florística del Bosque Siempreverde en la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo*. 63(11), 1440–1455. <https://doi.org/10.23857/pc.v6i11.3338>
- Murcia, C., Guariguata, M., Peralvo, M., y Gálmez, V. (2017). La restauración de bosques andinos tropicales: Avances, desafíos y perspectivas del futuro. *Centro para la Investigación Forestal Internacional (CIFOR)*. <https://doi.org/10.17528/cifor/006524>
- Nelson, C., Hallet, J., Romero Montoya, A., Andrade, A., Besaccier, C., Boerger, V., Bouazza, K., Chazdon, R., Cohen-Shacham, E., Danano, D., Diederichsen, A., Fernandez, Y., Gann, G. D., Gonzales, E., Gruca, M., Guariguata, M., Gutierrez, V., Hancock, B., Innecken, P., ... Weidlich, E. (2024). Standards of practice to guide ecosystem restoration. En *Standards of practice to guide ecosystem restoration*. FAO; SER; IUCN; <https://doi.org/10.4060/cc9106en>
- Nelson, C. R., Hallett, J. G., Romero Montoya, A. E., Andrade, A., Besacier, C., Boerger, V., Bouazza, K., Chazdon, R., Cohen-Shacham, E., Danano, D., Diederichsen, A.,

- Fernandez, Y., Gann, G. D., Gonzales, E. K., Gruca, M., Guariguata, M. R., Gutierrez, V., Hancock, B., Innecken, P., ... Weidlich, E. W. A. (2024). Standards of practice to guide ecosystem restoration – A contribution to the United Nations Decade on Ecosystem Restoration 2021-2030. En *Standards of practice to guide ecosystem restoration*. FAO; SER; IUCN; <https://doi.org/10.4060/cc9106en>
- Nicholls, C., Altieri, M., y Vázquez, L. (2015). Agroecología: Principios para la conversión y el rediseño de sistemas agrícolas. *Agroecología*, 10, 61–72.
- Ochoa-Sánchez, A., Suárez, E., Ochoa-Tocachi, B., Calle, T., Fuentes, P., De Bievre, B., Vera, A., y Torres, M. (2021). Buenas prácticas en Conservación y Restauración de Humedales Altoandinos. En o “*Fortalecimiento de capacidades e Intercambio de experiencias de la Iniciativa Regional de Conservación y Uso Sostenible de Humedales Altoandinos en Conservación y Restauración de Humedales*”, código WFF/20/SC/2.
- Organización Internacional de las Maderas Tropicales [ITTO]. (2023). *Restauración del paisaje forestal | ITTO | The International Tropical Timber Organization*. https://www.itto.int/es/sustainable_forest_management/forest_landscape/
- Otavo, S., y Echeverría, C. (2017). Fragmentación progresiva y pérdida de hábitat de bosques naturales en uno de los hotspot mundiales de biodiversidad. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 88(4), 924–935. <https://doi.org/10.1016/J.RMB.2017.10.041>
- PDOT. (2015). Plan de Ordenamiento Territorial Tungurahua [PDOT], 2015. *Municipio Autónomo de Tungurahua*.
- PDOT Ambato. (2023). Actualización Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Ambato 2050. *GAD municipal de Ambato*, 2–498.
- PDOT Santiago de Pillaro. (2020). *Actualización del Plan de Ordenamiento Territorial del cantón Santigado de Pillaro 2020-2032*.
- Pequeño-Ledezma, M., Alanís-Rodríguez, E., Jiménez-Pérez, J., Aguirre-Calderón, O., González-Tagle, M., y Molina-Guerra, V. (2016). Criterios a considerar para desarrollar proyectos de restauración ecológica. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 2334–2501. www.reibci.org
- Pinos-Morocho, D., Morales-Matute, O., y Durán-López, M. E. (2021). Suelos de páramo: Análisis de percepciones de los servicios ecosistémicos y valoración económica del contenido de carbono en la sierra sureste del Ecuador. *Revista de Ciencias Ambientales*, 55(2), 157–179. <https://doi.org/10.15359/rca.55-2.8>

- Plan de Ordenamiento Territorial de Tungurahua [PDOT-Tungurahua]. (2015). *Plan de Ordenamiento Territorial de Tungurahua*.
- Plan de Ordenamiento Territorial [PDOT], 2019-2023. (2023). *PDyOT Tungurahua 2019-2023-Versión 2*.
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo [PNUD]. (2020). *Fondo de Manejo de Páramos y Lucha contra la Pobreza de Tungurahua, Republic of Ecuador. Estudios de Caso de la Iniciativa Ecuatorial*.
- Quispe, A. M., Hinojosa-Ticona, Y., Miranda, H. A., y Sedano, C. A. (2021). Scientific writing series: Systematic review. En *Revista del Cuerpo Medico Hospital Nacional Almanzor Aguinaga Asenjo* (Vol. 14, Número 1, pp. 94–99). Medical Body of the Almanzor Aguinaga Asenjo National Hospital. <https://doi.org/10.35434/rcmhnaaa.2021.141.906>
- Rey Benayas, J. M., Newton, A. C., Diaz, A., y Bullock, J. M. (2009). Enhancement of biodiversity and ecosystem services by ecological restoration: A meta-analysis. *Science*, 325(5944), 1121–1124. <https://doi.org/10.1126/science.1172460>
- Romo-Rojas, M. G., y Romo, E. C. (2022). Degradación de la vegetación de páramo por efecto de la ganadería en el Parque Nacional Llanganates, Ecuador. *Revista Verde de Agroecología e Desarrollo Sustentável*, 17(1), 27–34. <https://doi.org/10.18378/rvads.v17i1.9093>
- Ruiz-Jaen, M. C., y Aide, T. M. (2005). Restoration success: How is it being measured? En *Restoration Ecology* (Vol. 13, Número 3, pp. 569–577). <https://doi.org/10.1111/j.1526-100X.2005.00072.x>
- Rume, T., y Didar-Ul, I. (2020). Environmental effects of COVID-19 pandemic and potential strategies of sustainability. En *Heliyon* (Vol. 6, Número 9). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04965>
- Russo, R. (2020). Restauración funcional de la ecología de paisajes: una revisión reflexiva. *Revista Difusiones*, 19, 65–73. <https://orcid.org/0000-0003-3530-1834>
- Sabogal, C., Besacier, C., y McGuire, D. (2015). Forest and landscape restoration: concepts approaches and challenges for implementation. *Unasylva*, 66(245), 3–10. www.fao.org/
- Sánchez, C., Altamirano, N., Técnico, E., Hinojosa, H., Lasluisa, L., López, E., Acosta, J., Mena, J. C., Käslin, R., Ambiental, A. T., María, C., Hidalgo, A., Mejía, X., Medina, B., Tirado, M., Tirira, D., Calles, J., Escobar, R., Carrera, M., ... Toaza, G. (2015). *Estado actual del ecosistema páramo en tungurahua Asesoría Técnica: Deutsche*

- Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH (Cooperación Alemana para el Desarrollo)-Programa ProCamBío.*
- Sanchún, A., Botero, R., Morera, A., Obando, G., Russo, R., Schoiz, C., y Spinola, M. (2016). *Restauración funcional del paisaje rural: manual de técnicas*. <https://www.researchgate.net/publication/307547614>
- Sandoval Estrada, M., Lau, N. S., Venegas, E. Z., Flores, M. M., Julio, Y., y Montano, J. (2003). El secuestro de carbono en la agricultura y su importancia con el calentamiento global. En *Theoria* (Vol. 12).
- Stanturf, J., Mansourian, S., y Kleine, M. (2017). *Implementando la restauración del paisaje forestal-Una guía para practicantes*.
- Suárez Robalino, E., Encalada, A. C., Chimbolema, S., Jaramillo, R., Sisimac, D., Segovia-Salcedo, C., Caiza, J., Pazmiño, G., Guamán, M., Riveros-Iregui, D., y Hofstede, R. (2023). Capítulo 6 ecología de los páramos del Ecuador: un paisaje altoandino Integrado por múltiples ecosistemas. En R. Hofstede, P. Mena-Vásquez, y E. Suárez Robalino (Eds.), *Los páramos del Ecuador: Pasado, presente y futuro*. Universidad San Francisco de Quito, USFQ.
- Terán-Valdez, A., Pinto, E., Ortiz, E., Salazar, E., y Cuesta, F. (2019a). *Conservación y uso sostenible de los páramos de Tungurahua. Conocer para manejar*.
- Terán-Valdez, A., Pinto, E., Ortiz, E., Salazar, E., y Cuesta, F. (2019b). *Conservación y uso sostenible de los páramos de Tungurahua. Conocer para manejar*.
- Toalombo-Quiquintuña, E., Caranqui-Aldaz, J., Lara-Vásquez, N., y Cushquicullma-Colcha, D. (2022). Los páramos del área protegida Ichubamba yasepan: una aproximación a su estructura, composición y estado de conservación. *Polo del Conocimiento*, 7(2550-682X), 194–208.
- Toledo, V. M. , Torres-García, J. R. , y García-Frapolli, E. (2018). *Indicadores de ecosistemas de referencia para la restauración. Un Manual de restauración de bosques tropicales*.
- Tovar, C., Arnillas, C. A., Cuesta, F., y Buytaert, W. (2013). Diverging responses of tropical Andean biomes under future climate conditions. *PloS one*, 8(5). <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0063634>
- Trópicos. (2024, marzo 23). *Trópicos.org. Missouri Botanical Garden*.
- Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza [UICN]. (2016). *El Desafío de Bonn: Restaurar bosques hectárea por hectárea | IUCN - Congreso Mundial de la*

- Naturaleza*. <https://2016congress.iucn.org/es/news/20160317/el-desafio-de-bonn-restaurar-bosques-hectarea-por-hectarea.html>
- Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza [UICN], y World Resources Institute [WRI]. (2014). *Guía sobre la Metodología de evaluación de oportunidades de restauración (ROAM) Evaluación de las oportunidades de restauración del paisaje forestal a nivel nacional o subnacional*. www.iucn.org/publications
- Uvidia, K., Salazar, L., y Bonilla-Bedoya, S. (2022). Caracterización de fragmentos de bosque montano en un escenario de transición urbana. *CienciAmérica*, 11(2). <https://doi.org/10.33210/ca.v11i2.396>
- Vargas Rojas, R. (2009). *Guía para la descripción de suelos*.
- Vargas-Ríos, O. (2011). Restauración Ecológica: Biodiversidad y Conservación. *Acta biol. Colomb*, 16(2), 221–246.
- Vazquez, M., y Ocampo, K. (2018). Grupos Funcionales del Bosque Altoandino. En J. Solorza-Bejarano (Ed.), *Ecología y Cambio Climático en Ecosistemas de Alta Montaña en Colombia* (pp. 25–27). Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis.
- Velasco, F. (2013). *Paisajes culturales reflexiones conceptuales y metodológicas : memorias del I Encuentro Nacional*. Flasco Andes.
- Villa, P. M., Martins, S. V., Delgado Monsanto, L., de Oliveira Neto, S. N., y Mota Cancio, N. (2015). La agroforestería como estrategia para la recuperación y conservación de reservas de carbono en bosques de la Amazonía. En *Bosque* (Vol. 36, Número 3, pp. 347–356). Universidad Austral de Chile. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002015000300002>
- Villalobos, R. (2020). *Herramientas para el manejo sostenible de bosques secundarios tropicales.*», presentado en *Conceptos de restauración en el Neotrópico actual, 2020*. [[Video recording]. <https://www.youtube.com/watch?v=2t42XJJxW4A>.
- Villasís-Keever, M. Á., Rendón-Macías, M. E., García, H., Miranda-Novales, M. G., y Escamilla-Núñez, A. (2020). Systematic review and meta-analysis as a support tools for research and clinical practice. *Revista Alergia Mexico*, 67(1), 62–72. <https://doi.org/10.29262/ram.v67i1.733>
- Vistin, D. A., Muñoz, E. A., y Ati, G. M. A. C. (2020). Monitoreo del Herbazal del páramo una estrategia de medición del cambio climático en la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo. *Ciencia Digital*, 4(2), 32–47. <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v4i2.1195>

- White, P. S., y Walker, J. L. (2008). *Approximating Nature's Variation: Selecting and Using Reference Information in Restoration Ecology* (Vol. 5, Número 4).
- Wu, J. (2013). Landscape sustainability science: Ecosystem services and human well-being in changing landscapes. *Landscape Ecology*, 28(6), 999–1023. <https://doi.org/10.1007/s10980-013-9894-9>
- WWF. (2019). WWF se une a esfuerzo latinoamericano para restaurar los bosques de la región | Historias | Descubre WWF. En *World Wildlife Fund*. <https://www.worldwildlife.org/descubre-wwf/historias/wwf-se-une-a-esfuerzo-latinoamericano-para-restaurar-los-bosques-de-la-region>
- Zamora Cristales, R., Herrador, D., Cuéllar, N., Díaz, O., Kandel, S., Quezada, J., De Larios, S., Molina, G., Rivera, M., Morán Ramírez, W., Jiménez, A., Flores, E., Franco Chuaire, M., Gallardo Luciana, y Vergara, W. (2001). *Índice de sustentabilidad para la restauración de paisajes. Una herramienta para el monitoreo de los impactos biofísicos y socioeconómicos de la restauración del paisaje*.
- Zapata, G., Paucar-Cabrera, A., Sagredo, Y., Santander, T., y Anaguana-Yancha, F. (2023). La fauna de los páramos ecuatorianos: riqueza, endemismo, adaptaciones y amenazas. En R. Hofstede, P. Mena-Vásquez, y E. Suárez Robalino (Eds.), *os páramos del Ecuador: Pasado, presente y futuro*. Universidad San Francisco de Quito, USFQ.
- Zubelzu, S., y Allende, F. (2015). El concepto de paisaje y sus elementos constituyentes: requisitos para la adecuada gestión del recurso y adaptación de los instrumentos legales en España. *Cuadernos de Geografía, Revista Colombiana de Geografía*, 24(ISSN 0121-215X), 29–42.

11. Anexos

Anexo 1. Formato de entrevista semiestructurada.

Entrevista semiestructurada

Objetivo: Obtener información sobre las principales actividades productivas y no productivas que realiza la comunidad en los cantones de Quero, Mocha, Tisaleo y Cevallos.

1. ¿Cuáles son las actividades productivas que desarrollan en los diferentes cantones?

Actividad productiva	Quero	Mocha	Tisaleo	Cevallos

2. ¿Cuáles son los principales usos de suelo en los diferentes cantones?

Uso de suelo	Quero	Mocha	Tisaleo	Cevallos

3. ¿Cuáles son las áreas de interés a restaurar por parte de la comunidad?

Áreas de interés	Motivo	Quero	Mocha	Tisaleo	Cevallos

Anexo 2. Visita técnica realizada a la Mancomunidad del Frente Sur Occidental.



CERTIFICACIÓN

Loja, (24) de julio de 2024

Licenciada

Yulisa Liset Manzanares Ordóñez

DOCENTE DE INGLÉS

En mi calidad de Licenciada en Pedagogía de Idioma Inglés con capacidades que pueden ser probadas a través de la certificación de conocimiento del idioma, nivel B2, he realizado la traducción del resumen del trabajo de tesis denominado: **“Modelos de referencia para la restauración de paisajes altoandinos en la Sierra centro de Ecuador: conceptualización y criterios e indicadores de selección.”** perteneciente a la estudiante Mayra Alexandra Sánchez Contento con C.I. 1150494621.

Es en cuento puedo certificar en honor a la verdad, facultando a la interesada, estudiante: Mayra Alexandra Sánchez Contento, a hacer uso legal del presente según estime conveniente.

Atentamente,



Yulisa Liset Manzanares Ordóñez

DOCENTE DE INGLÉS

Nro registro Senecyt 1031-2022-2421776