



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES
RENOVABLES

EVALUACIÓN DE CAMBIOS DE LOS PATRONES ESPACIALES DEL
PÁRAMO DE LA CUENCA MEDIA ALTA DEL RÍO MIRA:
IMPLICACIONES PARA SU CONSERVACIÓN

TRABAJO DE TITULACIÓN PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERA
EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

AUTORA:
TAPIA CASTILLO KAREN LIZETH

DIRECTOR:
Ing. Paúl Arias, MSc

Ibarra – Ecuador
Octubre 2020



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES
RENOVABLES

"EVALUACIÓN DE CAMBIOS DE LOS PATRONES ESPACIALES DEL
PÁRAMO DE LA CUENCA MEDIA ALTA DEL RÍO MIRA:
IMPLICACIONES PARA SU CONSERVACIÓN"

Trabajo de titulación revisada por el Comité Asesor, previa a la obtención del
Título de:

INGENIERAS EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

Ing. Paúl Arias MSc.

DIRECTOR

FIRMA

Ing. Lucía Vásquez MSc.

ASESORA

FIRMA

Ing. Oscar Rosales MSc.

ASESOR

FIRMA



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA
AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA
UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA.

En cumplimiento con el art.144 de la ley de educación superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el repositorio digital institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD	1003855721		
APELLIDOS Y NOMBRES	TAPIA CASTILLO KAREN LIZETH		
DIRECCIÓN:	Av. El Retorno		
EMAIL:	kltapiac@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	Ninguno	TELÉFONO MÓVIL:	0967647296

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	EVALUACIÓN DE CAMBIOS DE LOS PATRONES ESPACIALES DEL PÁRAMO DE LA CUENCA MEDIA ALTA DEL RÍO MIRA: IMPLICACIONES PARA SU CONSERVACIÓN
AUTORES:	TAPIA CASTILLO KAREN LIZETH
FECHA:	05 DE OCTUBRE DE 2020
PROGRAMA:	PREGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniera en Recursos Naturales Renovables
DIRECTOR:	MSc. PAÚL ARIAS

CONSTANCIAS

Los autores manifiestan que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que son los titulares de los derechos patrimoniales, por lo que asumen la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrán en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 05 días del mes de octubre de 2020.

LA AUTORA:



TAPIA CASTILLO KAREN LIZETH

1003855721

ÍNDICE DE CONTENIDO

Contenido	
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
CAPÍTULO I	13
1.1 Revisión de antecedentes.....	13
1.2 Problema de investigación y justificación	20
1.3. Objetivos.....	22
1.3.1 Objetivo general.....	22
1.3.2 Objetivo específicos	22
1.4 Pregunta directriz de la investigación	22
CAPÍTULO II	23
2.1 Marco teórico referencial	23
2.1.1 Ecología del paisaje.....	23
2.1.2 Cambio de uso de suelo.....	26
2.1.3 Fragmentación.....	27
2.1.4 Páramo	28
2.1.5 Conservación	29
2.1.6 Restauración.....	30
2.1.7 Análisis multitemporal	31
2.2 Marco legal.....	31
2.2.1 Constitución de la República del Ecuador.....	32
2.2.2 Tratados y Convenios Internacionales	33
2.2.3 Leyes Orgánicas	34
2.2.4 Acuerdo Ministerial N°028	36
CAPÍTULO III	37
3.1 Descripción del área de estudio	37
3.1.1 Ubicación del área de estudio	37
3.1.2 Hidrología.....	39
3.1.3 Geomorfología.....	39
3.1.4 Relieve.....	41
3.1.5 Clima	41

3.1.6 Suelo	42
3.1.7 Flora	42
3.2. Métodos	43
3.2.1 Fase 1: Determinación de la dinámica del uso de suelo antrópico	45
3.2.2 Fase 2: Análisis de los impactos de cambio de uso de suelo en los patrones espaciales.....	47
3.2.3 Fase 3: Estrategias de restauración	50
3.3 Materiales y equipos	52
CAPÍTULO IV	53
4.1 Dinámica del uso de suelo antrópico de la cuenca media alta del río Mira	53
4.1.1 Cambios en el uso del suelo y cobertura vegetal	53
4.1.2 Aumento y disminución de coberturas vegetales.....	57
4.1.3 Validación de la clasificación supervisada mediante el índice kappa	58
4.2 Análisis de los impactos del cambio de uso del suelo en los patrones espaciales del ecosistema páramo a través de índices de paisaje	59
4.2.1 Variación en el tamaño de parches.....	59
4.3 Estrategias de conservación y restauración para el ecosistema páramo	64
4.3.1 Escenario de referencia del páramo de la cuenca media alta del río Mira ...	64
4.3.2. Propuesta de Conservación del ecosistema páramo de la cuenca del río Mira	65
4.3.3 Propuesta de restauración del ecosistema páramo de la cuenca del río Mira	68
CAPITULO V	77
5.1 Conclusiones.....	77
5.2 Recomendaciones	78
REFERENCIAS.....	79

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Coordenadas UTM zona 17 sur de la cuenca del río Mira	37
Tabla 2. Superficie por clasificación taxonómica por orden.....	42
Tabla 3. Imágenes satelitales de sensores remotos	45
Tabla 4. Interpretación de los valores del Índice Kappa.....	46
Tabla 5. Matriz de confusión, cálculo del Índice Kappa.....	58
Tabla 6. Índices de paisaje calculados a nivel de clase.....	48
Tabla 7. Índices de paisaje	48
Tabla 8. Materiales y equipos.....	52
Tabla 9. Cambios en la cobertura vegetal de la cuenca del río Mira entre 1996 y 2017.....	55
Tabla 10. Índices de paisaje para páramo nativo en la cuenca media alta del río Mira en los años 1996, 2007 y 2017.....	61
Tabla 11. Escenarios de referencia del páramo de la cuenca media alta del río Mira.....	65
Tabla 12. Técnicas y acciones de restauración ecológica para el páramo de la cuenca del río Mira	68
Tabla 13. Especies de plantas potenciales para la restauración.....	71
Tabla 14. Técnicas y acciones de restauración ecológica para el páramo de la cuenca del río Mira	72
Tabla 15. Acciones para la evaluación y monitoreo de restauración del páramo en la cuenca del río Mira	75

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la cuenca del Río Mira	38
Figura 2. Esquema metodológico de la investigación	44
Figura 3. Variación temporal y espacial de las coberturas del suelo en la cuenca del río Mira para los años: 1991, 2000, y 2017.....	54
Figura 4. Porcentajes de aumento y pérdida de cobertura vegetal en la cuenca media alta del río Mira.	58
Figura 5. Variación temporal del tamaño de parche de páramo en la cuenca media alta del río Mira	60
Figura 6. Cambios temporales en el índice de agregación.....	63
Figura 7. Sitios potenciales para la conservación en el páramo de la cuenca media alta del río Mira	67
Figura 8. Sitios potenciales para la restauración ecológica en el páramo de la cuenca media alta del río Mira	71

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, quien como guía estuvo presente en el caminar de mi vida, bendiciéndome y dándome fuerzas para continuar con mis metas trazadas.

A la Universidad Técnica del Norte, en especial a la Carrera de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables por abrirme las puertas a la educación superior, mi agradecimiento especial al Blgo. James Rodríguez, PhD, director del proyecto donde se desarrolló esta investigación, por su guía y apoyo incondicional, así como también a al Ing. Paúl Arias director del trabajo de investigación y a mis asesores MSc. Oscar Rosales y MSc. Lucía Vásquez, por estar prestos a compartir su conocimiento en el proceso de elaboración y redacción de este documento de investigación.

Por último, agradezco a mis familiares y amigos con quienes compartimos momentos y experiencias inolvidables.

Karen Tapia

DEDIATORIA

A Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera , por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y felicidad.

A mis padres Iveth y Estuardo por apoyarme en todo momento, por los valores que me han inculcado, y por haberme dado la oportunidad de tener una excelente educación en el transcurso de mi vida . Sobre todo

A mis hermanos Adonis y Sebastian por ser parte importante de mi vida y llenar mis días de alegría y amor; a mis tios Luis y Viviana por ser un ejemplo de desarrollo profesional.

Karen Tapia

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES
RENOVABLES

EVALUACIÓN DE CAMBIOS DE LOS PATRONES ESPACIALES DEL
PÁRAMO DE LA CUENCA MEDIA ALTA DEL RÍO MIRA:
IMPLICACIONES PARA SU CONSERVACIÓN

Trabajo de titulación

Nombre del estudiante: Tapia Castillo Karen Lizeth

RESUMEN

Ecuador es considerado uno de los países con mayor biodiversidad del planeta. En done, el ecosistema páramo se considera como un reservorio natural de agua. Este ha sido afectado por el cambio de uso de suelo y el uso inadecuado de los recursos naturales. Por este motivo, es necesario desarrollar estudios que permitan conocer su estado de fragmentación con la finalidad de proponer estrategias de restauración y conservación. El presente estudio evaluó la influencia del cambio de uso del suelo en la dinámica de los patrones espaciales del ecosistema páramo en la cuenca media alta del río Mira entre 1996 y 2017. Se realizó un análisis multitemporal de los cambios de uso del suelo empleando imágenes satelitales Landsat de los años 1996, 2007 y 2017. En cada año de estudio se calcularon los siguientes índices de paisaje: área total, número de parches, densidad de parche, índice de proximidad media, índice de agregación, distancia mínima, índice de parche más grande, relación media perímetro-área, longitud de borde total y área núcleo total mediante el uso del software Fragtats 4.2. El ecosistema páramo registró una pérdida de 10 801.98 ha durante todo el periodo de estudio. En el año 2017, se registraron pequeños parches de hábitat de este ecosistema (>100 ha). También se registró una importante fragmentación, la cual se evidenció en el incremento del número de parches de 818 a 1079 entre 1996 y 2017. De acuerdo con lo anterior, este estudio propone estrategias de restauración y conservación a escala de paisaje y local, con el fin de mantener el ecosistema páramo para futuras generaciones.

Palabras clave: análisis multitemporal, fragmentación, índices de paisaje, paisajes cambiantes, restauración.

ABSTRACT

Ecuador is considered one of the countries with the greatest biodiversity on the planet. Where the paramo ecosystem is considered as a natural water reservoir which has been affected by the change in land use, livestock activities and the inappropriate use of natural resources. For this reason, it is necessary to develop studies to know its fragmentation status and propose restoration and conservation strategies. The present study evaluated the influence of land use change in the dynamics of the spatial patterns of the moorland ecosystem in the upper middle Mira River basin between 1996 and 2017. A multitemporal analysis of land use changes was performed using satellite images Landsat of 1996, 2007 and 2017, where a supervised classification of 8 coverages was carried out. Landscape indices were applied in each year of study: total area, number of patches, patch density, average proximity index, aggregation index, minimum distance, largest patch index, average perimeter-area ratio, total edge length , and total core area, using Fragtats 4.2 software. The moor ecosystem registered a total loss of 10 801.98 ha of original coverage. In 2017, small patches of ecosystem habitat (> 100 ha) were recorded. Also, there was an important fragmentation, evidenced in the increase in the number of patches, from 818 to 1079 between 1996 and 2017. In accordance with previous results, this study proposes restoration and conservation strategies in order to maintain the natural ecosystem for future generations.

Key words: multitemporal analysis, fragmentation, landscape indexes, restoration.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Revisión de antecedentes

El planeta atraviesa por una serie de cambios ambientales, que han sido ocasionados por la inconsciencia del hombre (Crespo et al., 2014). En este sentido, se han provocado cambios ambientales globales en el clima, uso de suelo con la dinámica de los ecosistemas, considerándose estas las principales causas de pérdida y degradación de la biodiversidad (Rodríguez, 2014). Los cambios ecológicos y socioeconómicos suscitados durante los últimos años han generado cambios a diferentes escalas espacio temporales, que alteran la estructura, composición y funcionalidad del paisaje de manera alarmante (Rodríguez, 2009).

La biodiversidad es definida como un conjunto de la riqueza, abundancia de genes, especies y ecosistemas (López, Gonzáles, Díaz, Castro y García, 2007). La pérdida de biodiversidad produce cambios en el suministro de servicios ecosistémicos (Millennium Ecosystem Assesment, 2005). La diversidad biológica no se encuentra distribuida de manera homogénea en todo el planeta, en las áreas continentales hay más especies que en las regiones insulares. El Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente PNUMA (2015), ha considerado a 12 países que poseen una riqueza biológica destacada, a los cuales se los ha denominado países megadiversos que en su conjunto representan el 10% de toda la superficie terrestre, albergan alrededor del 70% de las especies a nivel global.

El hotspot de los Andes Tropicales está conformado por la Cordillera de los Andes de Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia y las porciones tropicales septentrionales de Argentina y Chile es uno de los 35 hotspot de biodiversidad del planeta, cuenta con una riqueza incomparable de especies endémicas, presentando alrededor de la sexta parte de flora a nivel mundial (Bota, Cox, Jiménez, Lasso y Tognelli, 2016). Estudios publicados en NatureServe y EcoDesicion (2015), mencionan que en el hotspot de los Andes Tropicales existe una gran variedad de fauna silvestre con 981 especies de anfibios, 1 724 especies de aves, 570 especies

de mamíferos, ocupando el segundo lugar en cuanto a diversidad de reptiles con 610 especies y muchas de estas se encuentran en peligro de extinción.

Sin embargo, los puntos calientes de biodiversidad de los Andes son las áreas más frágiles de trópico, con una gran parte de ecosistemas modificados (Bare, 2014). Los fértiles valles interandinos de Colombia y Ecuador son los más afectados por las labores humanas como la agricultura y urbanización (Herzog et al., 2012). Los siete países de los Andes le han hecho frente a la problemática ambiental a través de una mejor planificación de sus entidades gubernamentales y la gestión ambiental a partir del siglo XXI. También se han incorporado nuevos ministerios y se ha obtenido apoyo económico para la protección y conservación de los recursos. La sociedad de los Andes fue reconocida por ejecutar proyectos exitosos de conservación y desarrollo sostenible, actualmente es conocida como líder ambiental (Bellarte et al., 2014).

Ecuador, entendido como un mosaico de espacios naturales, comprende 91 ecosistemas identificados, de los cuales se registran 65 ecosistemas boscosos, 14 herbáceos y 12 arbustivos ricos en especies endémicas de flora, por lo que los ecosistemas de bosque siempre verde montano del sur de la Cordillera Oriental de los Andes poseen 335 especies de flora y el ecosistema herbazal del páramo cuenta con 273 especies en categorías de amenaza según la UICN (Ministerio del Ambiente, 2015). Estos paisajes han experimentado fuertes cambios por procesos agrícolas, el aumento de la población y la deforestación (Rodríguez, 2009). En los últimos años el nivel anual de deforestación es de 47 497 hectáreas, siendo éste el agente más relevante de amenaza para la preservación y conservación del ambiente (Orozco, 2015).

Recientemente en el Ecuador se han considerado de forma prioritaria normativas rigurosas con relación a los estudios de impacto ambiental con la finalidad de que la planificación y conservación ambiental tenga un alcance más significativo (Flores, 2012). En este contexto, la cuenca del río Mira ha sido intervenida en el transcurso de los años por su potencial agrícola y ganadero, lo que ha derivado en

un excesivo uso agrícola del suelo y asentamientos de comunidades campesinas. También, es importante destacar que la información de la cuenca media alta del río Mira es escasa en estudios sobre el cambio global que impactan la biodiversidad y como estos influyen en la provisión de los servicios ecosistémicos (Schneiders, Van Daele, Van Landuyt y Reeth, 2012).

El estudio realizado por Rodríguez, Oyazún y Morales (2018) relacionado al cambio de uso del suelo (CUS), se enfocó en la evaluación de los impactos del CUS en los patrones espaciales de la biodiversidad del hábitat de los bosques nativos y la acción de estos en el suministro de los servicios ecosistémicos, en los bosques templados chilenos. Estudio en el cual se determinó que la pérdida de la provisión de los servicios ecosistémicos se puede explicar por la interacción entre la pérdida del área, aumento en el número de parches de bosque y la pérdida de biodiversidad. Además, este estudio sugiere que las estrategias de planificación de conservación consideren la configuración actual del paisaje, complementada con la planificación del uso de tierra (Rodríguez et al., 2018).

El paisaje puede ser apreciado como un mosaico heterogéneo de los distintos usos de tierra (actividades agrícolas, forestales, de protección del suelo, de suministro, distribución de agua y conservación de biodiversidad) que se extienden a lo largo de un territorio (Echeverría, Bolados, Rodríguez y Aguayo, 2014). El paisaje se puede caracterizar en base a tres atributos, el patrón espacial que está constituido por la composición y configuración del paisaje, el segundo son procesos o funciones del paisaje y el tercero guarda relación con los cambios de procesos ecológicos (Rodríguez et al., 2018). Los planteamientos sobre el paisaje se enfocan como elementos intrínsecos para las estrategias sostenibles en el ámbito rural del uso de la tierra y subsistencia (FAO, 2012).

El estudio realizado por Sobogal y McGuire (2015), indica que las principales causas de la degradación del paisaje varían en función de los territorios, lo que origina la necesidad de asegurar la sostenibilidad y duración de un proyecto de restauración de paisaje forestal, es esencial tomar en cuenta los acontecimientos

pasados y las condiciones biofísicas predichas, en especial la temperatura, disponibilidad de agua, rendimientos potenciales y también las actividades antrópicas. A pesar de su importancia la implementación de esta metodología es muy reciente, lo cual, pone una limitación a este conocimiento tan necesario (Steinhoff, 2013). Calvo-Alvarado (2009) señala que pocos países latinoamericanos cuentan con estudios detallados y frecuentes sobre la dinámica de su cobertura forestal.

Según Vila, Vargas, Llaúsas y Ribas (2006) la ecología del paisaje “Es una perspectiva científica transdisciplinaria, consolidada y reconocida, que intenta comprender y ayudar a resolver algunos de los principales retos ambientales contemporáneos en la conservación del patrimonio cultural y natural”. Las imágenes de percepción remota procesadas con la tecnología de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) constituyen una importante herramienta de trabajo en la investigación de ecología del paisaje, se utilizan para desarrollar una aproximación al estudio y diagnóstico ecológico de un área afectada por la intervención antrópica (Manrubio, 2004).

Los patrones espaciales del paisaje se encuentran en constante cambio, debido a que son el producto de la interacción dinámica entre la naturaleza y saberes ancestrales (Bender, Boehmer, Jen y Shumacher, 2005). El paisaje es una entidad dinámica expuesta a fuerzas internas y externas, que producen cambios de tamaños, forma o distribución de sus elementos, este es un proceso complejo que ocurre a diferentes escalas temporales y espaciales (Grant, 2016). Su dinámica está sujeta a diferentes factores como la frecuencia, amplitud y extensión de las perturbaciones y cambios a través del paisaje (Morláns, 2005). Los estudios realizados sobre los cambios del paisaje han determinado que el cambio del uso del suelo es la razón principal del cambio ambiental mundial (Rodríguez, 2014).

En el estudio realizado por Petitpas (2010), logró una comprensión y aplicación exitosa de una metodología para estudiar cambios en el paisaje, el cual consideró el período 1983-2007 en un paisaje del valle precordillera en la región de la Araucanía,

donde se encontraron cambios tanto en la composición como en la configuración espacial del paisaje de uso y cobertura del suelo. También, se obtuvo un cambio positivo en la clase de vegetación nativa, ya que, presentó un aumento de superficie y disminución en el número de fragmentos. Además, hubo un aumento de plantaciones forestales y zonas urbanas, reflejando un cambio socioeconómico en el paisaje, el cambio de uso de suelo estuvo asociado a un cambio en la utilización de bienes y servicios que otorga el paisaje.

La integridad ecológica del paisaje se concibe como una línea de referencia e información sobre el estado actual y nivel de conservación de los ecosistemas (Zamora et al., 2014). De acuerdo con Restrepo (2008), el término en sí abarca la unidad, totalidad y valor de los ecosistemas con la consideración o no de la influencia humana. En el estudio de marco conceptual y analítico para estimar la integridad ecológica a escala de paisaje, se considera la integridad espacial por medio de métricas como la conectividad, parches y áreas de uso humano que determina la fragmentación de ecosistemas presentes en el territorio, por otra parte, las zonas de uso agrícola permiten aplicar estrategias para la planificación territorial y conservación.

La dinámica del paisaje depende de la variación de los distintos usos y coberturas del suelo como de su tasa de cambio, relacionados con la variación de los patrones del paisaje, implementados con métricas para representar a la dinámica y evolución del paisaje (Peña-Cortés et al., 2006). En estudio realizado por González (2015), manifiesta que el paisaje vinculado al río Pisuerga ha sufrido una serie de transformaciones entre los años 1956 y 2006, que han producido alteraciones en el sistema natural, tejido productivo, red de asentamientos naturales y la disminución de biodiversidad, obteniendo como resultado la determinación de los efectos actuales y posibles tendencias de cambio en el futuro que permiten la toma de decisiones en el marco de planificación ecológica y conservación.

Las métricas son instrumentos utilizados para el análisis, estudio, evaluación, estructura, composición, funcionalidad y cambios espaciales del paisaje (Marrubio,

2004). Las métricas están sujetas a variables independientes por lo que permiten realizar una clasificación multivariada combinándose con tecnologías como SIG, también permiten determinar la caracterización de procesos y porcentajes de alteración de pérdida de paisajes megadiversos. Sin embargo, la variedad de número de métricas disponibles dificulta la identificación exacta de problemas espaciales ecológicos (Aguilera, 2010).

El estudio desarrollado por Botequilla y Aguilera (2012) presentó el análisis de la selección de un conjunto de métricas obtenidas de la ocupación del suelo durante los períodos 1985, 2000, 2006, para su clasificación se utilizó medidas aritméticas, sumas de correlaciones y software como FRAGSTATS que emplean las categorías como input y se eliminó las métricas con comportamiento anómalo para analizar y evaluar la dinámica y pérdida de biodiversidad de la región el Algarve de Portugal, determinando que existe un asilamiento, deterioro de la capacidad y regeneración de bordes, lo que ha incrementado los cambios del paisaje que general procesos de fragmentación, alteraciones en la flujos ecológicos y acumulación de alteraciones suscitadas en los últimos años en el norte de la región.

Bajo este contexto, Lozano, Gómez y Valderrama (2011) proponen la aplicación de estos índices para evaluar el grado de fragmentación: número de parches, densidad de parches, forma y conectividad. Para ello, entre los estudios más destacados se registra el realizado en la ciudad de Taizhou, China, enfocados en los bosques y las tierras en barbecho, donde se demostró que el aumento en los índices seleccionados, y la disminución sustancial del tamaño de los parches indicaron que estas tierras han estado experimentando una mayor fragmentación (Qi, Ye, Zhang y Yu, 2013).

Los suelos son la base esencial para la vida en nuestro planeta, pero el uso indiscriminado del recurso suelo de los humanos está llegando a límites alarmantes (FAO y GTIS, 2015). El aumento de la demanda de alimento, fibra, agua y vivienda a más de seis millones de personas, han modificado las condiciones edáficas naturales (Echeverría et al., 2014). El cambio, uso e intensificación del suelo modifican los patrones espaciales (composición y configuración espacial) del

paisaje llegando a causar la pérdida y fragmentación de hábitat siendo estas las mayores amenazas del paisaje forestal (Rodríguez et al., 2018).

El desarrollo de investigaciones asociadas con los cambios de uso ocurridos en las cubiertas terrestres y usos de suelo de un determinado espacio geográfico y en una dimensión temporal, necesita de la manipulación de distintos Sistemas de Información Geográfica para la obtención de mapas de uso de suelo y vegetación, pues a partir de ellos los especialistas, autoridades responsables del uso y manejo de los recursos naturales, establecen e implementan políticas, leyes orientadas al aprovechamiento y conservación (Bender et al., 2005).

La investigación ejecutada por Camacho et al. (2015) mostró un análisis de los cambios de cobertura y uso de suelo ocurridos entre los años 1989 – 2009 en la zona de transición mexicana de montaña, mediante la interpretación de imágenes satelitales landsat, con la ayuda de la aplicación de algoritmo máxima verosímil permitieron la construcción de mapas temáticos de uso de suelo y vegetación. A partir de la sobreposición de los mapas se elaboró una matriz de cambios que comprende la superficie de las coberturas y usos de suelo para cada año y con esto se determinó las tasas de cambio. Los resultados evidenciaron que la cobertura de bosque disminuyó y fueron ocupados por cuerpos de agua, agropecuario, asentamientos humanos y agricultura tecnificada controlada.

El páramo es un ecosistema natural relacionado con la presencia y desarrollo de la cadena montañosa en cuanto a la biogeografía que da lugar a la evolución y riqueza de especies endémicas de flora, animales y paisajes (Beltrán et al., 2010). Este ecosistema es vulnerable al cambio de uso de suelo siendo su potencial productivo e hídrico limitado (Hofstede y Mena, 2006). En Ecuador la mayoría de la población se beneficia directa o indirectamente del buen estado de conservación del páramo, destacando la importancia ecológica, económica y social que aporta este ecosistema al país. La investigación realizada por Buytaert, Célleri, De Bièvre y Cisneros (2010) indica que las características espaciales y la hidrología superficial como

elementos extraordinarios del páramo y como la alta demanda de actividades antrópicas que lo han puesto en estado de vulnerabilidad y amenaza.

Quichimbo et al. (2012), realizó un estudio sobre el cambio de la cobertura vegetal y el uso de suelo en la microcuenca localizada en los páramos de Quimsacocha al Sur de Ecuador, en el cual se analizó ocho capas de coberturas de polígonos de diferentes usos de suelo (almohadillas, bosque montano alto, bosque de pino, bosque de polylepis, cultivos y pajonal quemando) distribuidos en siete sitios, definidos por muestreo en transectos, se evaluaron las propiedades y características del suelo. Se determinó que los cambios de cobertura vegetal se dieron principalmente en suelos andisoles, debido a las actividades antrópicas. También se evidenció un cambio notable en las propiedades químicas del suelo del páramo.

1.2 Problema de investigación y justificación

A nivel local las actividades realizadas por el hombre han ido modificando los hábitats naturales por el cambio de uso de suelo, actividades ganaderas y el uso inadecuado de los recursos naturales. Los usos desmedidos de estas actividades en las últimas décadas han modificado la fisiología del suelo, la estructura y composición del paisaje, generando preocupación por entidades mundiales, nacionales y locales por generar soluciones a estos impactos (FAO, 1996).

El páramo de la cuenca media alta del río Mira presenta un progresivo crecimiento poblacional, de tal manera que la antropización es permanente y total debido al cambio de uso de suelo, convirtiéndose este el principal generador de la pérdida de cobertura vegetal, biodiversidad y servicios ecosistémicos (Quichimbo et al., 2012). Además de la fragmentación de hábitats y amenazas a especies vegetales lo que conlleva a cambios de la configuración espacial de paisaje.

Los cambios de la composición de paisaje y la falta de conocimientos de las personas sobre las consecuencias de sus actividades en el entorno han generado la necesidad de analizar, aumentar información, dar a conocer la importancia sobre los cambios del paisaje y plantear parámetros estratégicos para reducir este impacto,

con la finalidad de conservar la biodiversidad, bienes y servicios que nos proporciona la naturaleza (Gobiernos Autónomo Descentralizado de la Provincia de Carchi, 2015).

En las últimas décadas el cambio y la intensificación del uso de suelo modifican los patrones espaciales (composición y configuración espacial) del paisaje forestal, como área total, la densidad y la riqueza de parches de hábitat. Durante ese período gran parte de tierras agrícolas fueron convertidas de bosques primarios a bosques intervenidos. El río Mira se incluye en el hotspot de los Andes Tropicales que ha sido identificado como una de las zonas más importantes del mundo para la conservación de su diversidad biológica y a las fuertes presiones que enfrenta (Bare, 2014).

A pesar de los avances de la ciencia y tecnología que ha alcanzado la humanidad en los últimos años, el ser humano no ha podido entender completamente en funcionamiento de los sistemas naturales, ya que la información es escasa en estudios que promueven una mejor comprensión sobre como los impulsores del cambio global alteran a la biodiversidad y como estos cambios influyen en la provisión de los servicios ecosistémicos.

Por tal motivo, es fundamental incrementar el conocimiento de la interrelación entre el ambiente y el ser humano, entender que actividades o comportamientos están afectando el equilibrio de la naturaleza para aprender la forma en la cual la sociedad actual y futura deben relacionarse con el entorno para planificar estrategias para su conservación, para la toma de decisiones y políticas. El presente estudio forma parte del macroproyecto “Planificación para la sustentabilidad ambiental del territorio de la cuenca del río Mira, Ecuador” dirigido por el PhD. James Rodríguez Echeverry.

1.3. Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Evaluar la influencia del cambio de uso del suelo en la dinámica de los patrones espaciales del ecosistema páramo en la cuenca media alta del río Mira entre 1996, 2007 y 2017, a fin de proponer estrategias para su conservación.

1.3.2 Objetivo específicos

- ✓ Determinar la dinámica del uso del suelo antrópico mediante análisis multitemporal.
- ✓ Analizar los impactos del cambio de uso del suelo en los patrones espaciales del ecosistema páramo a través de índices de paisaje.
- ✓ Proponer estrategias de restauración y conservación para el ecosistema páramo en base a sus patrones espaciales actuales.

1.4 Pregunta directriz de la investigación

¿Cuáles son los cambios de los patrones espaciales del ecosistema páramo en la cuenca media alta del río Mira en los últimos 21 años?

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Marco teórico referencial

2.1.1 Ecología del paisaje

La ecología del paisaje nace en estrecha vinculación con la geografía y vive un desarrollo espectacular a partir de la segunda mitad del siglo XX. En la actualidad, es una perspectiva científica transdisciplinaria, consolidada y reconocida, que intenta comprender y ayudar a resolver algunos de los principales retos ambientales contemporáneos en la conservación del patrimonio natural y cultural (Vila et al., 2006).

La Ecología del Paisaje, basada en el modelo parche-corredor-matriz del paisaje, es una de las disciplinas más desarrolladas en los últimos años, estudiando las características espaciales de los paisajes, los cambios de su estructura y la relación de dichos cambios con los procesos que tienen lugar en el territorio (Dramstad, Sundli, Fjellstad y Fry, 2006). De esta forma, esta disciplina aporta un marco contextual adecuado para el estudio de las alteraciones en las estructuras espaciales de los paisajes consecuencia de los procesos territoriales (Turner, 2005). Una de las herramientas de mayor popularidad e interés de esta disciplina son las denominadas métricas desarrolladas en el ámbito de la Ecología del Paisaje (McGarigal, Cushman, Neel y Ene, 2002).

2.1.1.1 Paisaje

Desde hace medio siglo el concepto de paisaje se ha convertido en un motivo particular de investigación en la geografía moderna. El término ciencia del paisaje apareció por primera vez en 1884 para desiertos absolutos o lugares de influencia glacial, de los cuales interesaban exclusivamente los procesos físicos; de esta manera el paisaje geográfico puede ser definido como «una parte de la superficie terrestre con una unidad de espacio que, por su imagen exterior y por la actuación conjunta de sus fenómenos, al igual que las relaciones de posiciones interiores y

exteriores, tiene un carácter específico, y que se distingue de otros por fronteras geográficas y naturales (Troll, 2003).

2.1.1.2 Estructura del paisaje

La Ecología del Paisaje adopta un modelo estructural formado por tres tipos de elementos básicos (Forman y Godron, 1986). *La matriz* constituye el elemento espacial dominante y englobante en el que se insertan el resto de los elementos paisajísticos. Los parches son aquellos elementos espaciales no lineales insertos en la matriz, con características propias y bien diferenciadas de la misma. Por último, *los corredores* son los elementos lineales, que pueden aparecer en el paisaje aislados o bien conectando otros elementos (parches) entre sí.

La representación de la estructura del paisaje depende de los objetivos de estudio y de la escala espacial de análisis, motivo por el cual la estructura del mismo sector del espacio geográfico puede ser representada de diferentes maneras; así, al considerar las especies como sujetos relacionados con la estructura del paisaje, es preciso integrar el concepto de hábitat, que corresponde con aquel área que reúne las condiciones y recursos necesarios para ser ocupada por un organismo dado, donde desarrolla su vida y se reproduce (Hall, Krausman y Morrison, 1997).

2.1.1.3 Patrones espaciales

El patrón es el arreglo espacial o temporal de la variable que se estudia. Si se trata de la vegetación, es el arreglo espacial de los individuos de una especie (Kershaw y Looney, 1985); otros autores lo definen como la heterogeneidad espacial o, más generalmente, como el arreglo en el espacio o el tiempo aplicable a objetos y relaciones (Orlacci, 1988). Para un ecólogo regional, el patrón es el arreglo espacial de los elementos de un paisaje o el arreglo espacial de los paisajes en una región.

El patrón observado depende de la escala de análisis (tamaño de la unidad de muestreo y superficie muestreada), en relación a la escala del patrón. Es importante explicitar la escala, tanto de análisis como de representación. Para ello es necesario

definir el concepto de escala, sus componentes y los términos asociados (Matteucci, 1998).

2.1.1.4 Métricas de paisaje

Las medidas de paisaje son algoritmos que cuantifican las características espaciales del mosaico de parches que conforman el paisaje, las cuales pueden ser agrupadas en dos categorías generales: medidas que cuantifican la composición del paisaje sin hacer referencias a sus atributos espaciales, y medidas que cuantifican la configuración espacial del paisaje (Pauchard, Aguayo y Alaback, 2006).

Tomando como base el modelo parche-corredor-matriz (Forman, 1986), la ecología del paisaje ha centrado su atención en el estudio de los diferentes tipos de parches que componen un paisaje, sus tamaños y formas; la presencia de corredores y su conectividad, la distribución espacial de dichos corredores y teselas, etc. Muchas de estas características espaciales de forma, tamaño, distribución, etc., pueden ser cuantificadas mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica (Bosque y García, 2000) y de un conjunto de métricas o índices de la ecología del paisaje que pueden ser definidos como un conjunto de medidas cuantitativas agregadas derivadas del análisis digital de mapas temáticos (Turner, 2005).

Estas métricas pueden aportar información, por ejemplo, de la proporción que existe de un determinado uso en un paisaje, la forma o elongación de las teselas de cada uso, o los tamaños medios de cada tesela. Esta información consiste únicamente en un conjunto de valores numéricos (una parte de ellos con un rango de variación definido), que por sí solos, es decir, en términos absolutos, no tienen un valor determinante. No obstante, y desde el punto de vista de su valor comparativo, los resultados de dichos índices pueden aportar una información muy valiosa acerca de la evolución y cambios que tienen lugar en un paisaje determinado, o a la hora de comparar diferentes paisajes.

2.1.1.5 Elementos del paisaje en el marco del modelo parche - corredor – matriz

En este modelo se identifican tres tipos de elementos que componen un paisaje (Forman, 1995): (i) los parches son áreas no lineales relativamente homogénea que difieren de sus alrededores, (ii) los corredores son elementos lineales que difieren del terreno adyacente en ambos lados, y (iii) la matriz sería el elemento dominante y conectado en un paisaje y/o con mayor control sobre la dinámica del paisaje. En este sentido el concepto de mosaico también es importante en un paisaje como un área determinada del territorio donde se encuentra un patrón de parches, corredores y matriz. Algunos autores diferencian el mosaico como el conjunto de parches y la red como el conjunto de corredores en un paisaje (Burel y Baudry, 2001).

2.1.2 Cambio de uso de suelo

A nivel mundial, regional y local existen diversos factores que influyen en el cambio del uso del suelo, factores: ambientales, demográficos, económicos y socioculturales, que en su conjunto llegan a provocar un deterioro ambiental y pérdida de la diversidad biológica (Bocco, Mendoza y Maser, 2001). Las investigaciones de los procesos de cambio de uso del suelo (identificación y análisis de los factores e impactos en los ecosistemas), incluyen además de la caracterización y diagnóstico de las diversas cubiertas (naturales y artificiales), usos del suelo que comprenden un determinado territorio (Turner y Meyer, 1994).

Los estudios de cambio de uso de suelo y vegetación son el referente para conocer las trayectorias de distintos procesos asociados con la deforestación, degradación y perturbación de los bosques, erosión y desertificación del suelo, pérdida de la biodiversidad (Lambin et al., 2001), entre otros. Estos procesos de transformación o cambio que experimentan las coberturas vegetales y usos del suelo de un determinado territorio o región, son considerados en muchos países como una de las principales causas que coadyuvan al deterioro ambiental, por ello están ubicados en el centro de la investigación ambiental (Nájera et al., 2010).

El desarrollo de investigaciones asociadas con los cambios ocurridos en las cubiertas terrestres y usos del suelo de un determinado espacio geográfico y en una

dimensión temporal, requiere, principalmente, del uso y manipulación de distintos insumos cartográficos, sobre todo, de mapas de uso de suelo y vegetación, pues es a partir de estos que los especialistas en el área, así como las autoridades responsables del uso y manejo de los recursos naturales, establecen e implementan políticas orientadas al aprovechamiento y conservación de estos (Millington y Alexander, 2000).

2.1.3 Fragmentación

La pérdida y fragmentación del hábitat está considerada como una de las causas principales de la actual crisis de biodiversidad; los procesos responsables de esta pérdida son múltiples y difíciles de separar (pérdida regional de hábitat, insularización causada por la reducción y el aislamiento progresivo de los fragmentos de hábitat, efectos de borde, entre otros) (Santos y Tellería, 2006). Esto significa que una población que vive en un hábitat original se ve reducida a un tamaño más pequeño, lo que a su vez significa que son divididos en poblaciones múltiples (Morláns, 2005).

La fragmentación de los hábitats se ha estudiado desde los años 60 bajo dos fundamentos teóricos: la teoría biogeográfica de islas y la teoría de metapoblaciones (Levins, 1969). La teoría de islas estudia la influencia del aislamiento (distancia a otros fragmentos o hábitats) y el tamaño de los fragmentos en la riqueza y composición de especies, considerando la colonización y extinción como procesos fundamentales. El término metapoblación fue introducido por Levins (1969) para describir poblaciones compuestas por subpoblaciones, y enfatiza el concepto de conectividad y el intercambio entre poblaciones espacialmente separadas (Hanski, 1999). Este concepto ha sido utilizado en modelos de gestión y de conservación de especies amenazadas.

En este contexto, se asume que la fragmentación siempre está asociada a los efectos negativos derivados de las acciones antrópicas que conllevan a una modificación intensa del territorio y que se traduce en una pérdida importante de hábitats naturales, en la disminución e incluso en la extinción de especies. Las principales

causas de la fragmentación son la expansión urbanística, los procesos de industrialización, la agricultura y silvicultura intensivas, y los fenómenos de expansión de las infraestructuras viarias. La ampliación de las redes de carreteras y de ferrocarriles son una de las causas de la fragmentación, no tanto por la pérdida de superficie neta sino por la ruptura en el funcionamiento del conjunto del territorio (Simberloff, 1998).

2.1.4 Páramo

El páramo es un ecosistema natural sobre el límite de bosque cerrado en los Andes del Norte, dominado por pajonales, rosetales, arbustales, humedales y pequeños bosquetes; es un ecosistema de clima frío y presenta fragilidad a los cambios en el uso de la tierra, por lo que su potencial para el uso productivo es muy limitado (Hofstede y Mena, 2006).

Los páramos sudamericanos propiamente dichos se encuentran desde la Sierra Nevada de Santa Marta en Colombia y la Cordillera de Mérida en Venezuela, hasta la depresión de Huancabamba en el Perú (aproximadamente entre los 11° de latitud Norte y los 8° de latitud Sur), y constituyen un componente importante de la biodiversidad de Venezuela, Colombia, Ecuador y Perú (Balslev y Luteyn 1992; Luteyn 1999; Hofstede et al., 2002).

En el Ecuador, el páramo posee una extensión de aproximadamente 1 250 000 ha, es decir alrededor del 6% del territorio nacional (Mena y Medina, 2001), es por ello que el Ecuador es el país que más páramos tiene con respecto a su extensión total. Los páramos están por encima de lo que es o lo que algún día fue el ecosistema de bosques andinos, en la actualidad fuertemente alterado (Coppus et al., 2001).

Utilizando un criterio estructural ecléctico pero útil para clasificarlos (Mena y Medina, 2001), resulta que a más de los pajonales, que representan un 60% de la totalidad de la superficie de páramos del Ecuador, hay:

- ✓ *Páramos de frailejones*, dominados por *Espeletia pycnophylla* en las provincias limítrofes con Colombia y en una población aberrante en el centro del país (Llanganates).
- ✓ *Páramos húmedos hacia la hoya amazónica*, donde los pajonales son remplazados por otras herbáceas como el bambú enano *Neurolepis aristata* y varias formadoras de almohadillas.
- ✓ *Páramos secos sobre arenales*, especialmente alrededor del Chimborazo, donde la paja más común (*Calamagrostis intermedia*) es remplazada en gran parte por *Stipa ichu*.
- ✓ *Superpáramo en las montañas más altas*, donde pocas especies vegetales pueden sobrevivir a las condiciones edáficas y climáticas sobre los 4 200 metros.
- ✓ *Superpáramos azonales en los lahares del Cotopaxi y el Antisana*, con una vegetación en sucesión temprana que, a elevaciones mucho menores, evoca los superpáramos verdaderos.
- ✓ *Páramo arbustivo*, endémico al Parque Nacional Podocarpus en el Sur del país.

2.1.5 Conservación

Los ecosistemas y la biodiversidad que albergan son el soporte vital de la Tierra, su conservación corresponde al uso racional de los recursos naturales; consiste en hacer uso de los recursos de manera responsable y sostenible; La conservación de ecosistemas busca manejar cuidadosamente los recursos ecosistémicos. Supone un manejo científico de las áreas naturales, de tal forma que produzca el mayor beneficio para las actuales generaciones, pero no olvidando que ese beneficio debe quedar disponible para las futuras generaciones. En ese sentido, los principales propósitos de la conservación son mantener los procesos ecológicos y asegurar la diversidad de las especies (Bremer, 2016).

La gran diversidad de acciones implicadas en el uso del páramo, tiene implicaciones fundamentales para la conservación de la diversidad y el manejo y restauración de los páramos actuales. De hecho, las diferentes dinámicas de transformación y

ocupación de los páramos a lo largo de los Andes del Norte, no solo ha sido una fuerza para su degradación, sino también un motor generador de contextos y paisajes culturales diversos (Mujica, 2002); “nuevos ecosistemas” y agroecosistemas vinculados a procesos de evolución de las tecnologías agropecuarias o a la diversificación de los sistemas de vida de los pobladores rurales andinos (Ellis 1998; Bebbington y Perreault 1999).

2.1.6 Restauración

La restauración ecológica, según la Sociedad Internacional para la Restauración Ecológica (SER, 2004), consiste en asistir a la recuperación de ecosistemas que han sido degradados, dañados o destruidos; el objetivo de la restauración ecológica es la conservación y reposición del capital natural, así como la restitución de los servicios ecosistémicos para su disfrute y aprovechamiento por parte de la sociedad. Para que la restauración ecológica sea realmente ecológica debe realizarse desde una aproximación holística, que contemple conocimientos ecológicos científicamente contrastados, criterios socioeconómicos, el contexto cultural en el que se realiza la intervención, e incluso la emoción y la sensibilidad de cada uno de los pobladores y usuarios de los ecosistemas o paisajes a restaurar (Aronson, Milton y Blignaut, 2007).

La restauración ecológica trata de retornar un ecosistema a su trayectoria sucesional por lo tanto, al planificar las técnicas y estrategias de restauración, se debe considerar como punto de partida sus condiciones sin embargo, un ecosistema restaurado no siempre recupera su condición anterior, debido principalmente a las limitaciones y condiciones actuales que pueden direccionar su desarrollo por una trayectoria diferente (SER 2004).

Aronson et al. (2010) consideran que la restauración ecológica genera muchos beneficios directos, tales como la protección de cuencas, tratamiento de residuos, las utilidades de la productividad secundaria para las personas, secuestro de carbono para mitigar el cambio climático, etc. También puede conducir a mejoras en el suministro y calidad de los servicios ecosistémicos para la sociedad, perceptibles

en el corto plazo y a nivel local. La mejora de la calidad de vida de las personas a través de la generación de fuentes de trabajo, son también una consideración importante.

2.1.7 Análisis multitemporal

A pesar de que hay diversas estrategias para verificar las variaciones del uso de suelo, el análisis multitemporal es una de las herramientas mejor calificadas para medir a largo plazo este proceso (Chuvieco, 2008). El análisis multitemporal es un proceso cronológico de análisis digital de dos o más imágenes satelitales de una misma área y que al ser contrastadas permite identificar cambios acerca del uso de los suelos, su dinámica y de este modo, determinar las ganancias o pérdida de cobertura del suelo en un tiempo dado.

La teledetección espacial permite la disponibilidad de imágenes satelitales, las cuales pueden ser analizadas usando Sistemas de Información Geográfica (SIG) para establecer de manera automatizada los cambios ocurridos en el territorio en un amplio período de tiempo. La aplicación de técnicas de teledetección en conjunción con SIG para la identificación, estudio y análisis de los cambios de estas coberturas de suelo ha supuesto un importante avance en cuanto al detalle y extracción de clases espectrales e informacionales en un determinado área de estudio.

2.2 Marco legal

En el presente estudio se ha considerado la legislación vigente que regula la conservación, manejo y uso sustentable de los recursos naturales. En este sentido, como se menciona en la carta magna de la República del Ecuador, suscrito en el Art. 424, La Constitución es la norma superior y predomina sobre cualquier otra norma del orden jurídico. Es así como en el Art. 425, basándose en la pirámide de Kelsen, la constitución va a ser la primera norma en ser considerada, siguiendo con los tratados y convenios internacionales, y en última instancia con los demás actos y decisiones de los poderes públicos.

2.2.1 Constitución de la República del Ecuador

En Ecuador a partir del año 2008, la Constitución reconoce los derechos de la naturaleza y se crean instancias que cuiden intereses en temas ambientales, en este contexto se presentan artículos sobre la protección, conservación y restauración del ambiente, los cuales se muestran a continuación (Constitución de la República del Ecuador, 2008):

El Art. 14 y 66 inciso 27, habla sobre establecer derechos de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, así como la preservación de espacios públicos y la recuperación de espacios naturales de interés público, y el derecho a la restauración de los ecosistemas para garantizar la salud, por medio de mecanismos efectivos de prevención y control de la contaminación ambiental como se menciona en el Art. 72 y 397 inciso 2.

En el Art. 395, se establecen principios ambientales relacionados a la biodiversidad, recursos naturales y desarrollo sostenible, siendo importante tan solo mencionar, que el Estado garantizará que se conserve la biodiversidad y la capacidad de regeneración natural de los diversos ecosistemas.

De acuerdo con el Art. 400 se declara de interés público la conservación de biodiversidad y todos sus componentes y menciona que el estado ejercerá su soberanía sobre la biodiversidad cuya administración y gestión se realizará con responsabilidad intergeneracional, mientras que con respecto al Art. 406 menciona que el Estado regulará la conservación, manejo y uso sustentable, recuperación y limitaciones de los ecosistemas frágiles y amenazados, entre estos el ecosistema páramo.

2.2.2 Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021. Toda una vida

El Plan Nacional de Desarrollo se enmarca en la constitución en los Art. 280 y 293 mencionando que es un instrumento que se sujetará a las políticas, programas y proyectos públicos; la programación y ejecución del presupuesto del estado en donde su formulación y ejecución se sujetará al plan nacional vigente, el cual se

enfoca en tres ejes y cada uno con tres objetivos específicos (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, 2017).

El Eje 1 (Derechos para todos durante toda una vida), en su objetivo 3 habla de garantizar los derechos de la naturaleza para las actuales y futuras generaciones en donde vendría inmerso el presente estudio. Dentro de sus políticas en la 3.4 se opta por promover buenas prácticas que ayuden a la reducción de la contaminación, la conservación, mitigación y adaptación a los efectos del cambio climático e impulsar las mismas en el ámbito global. Por otra parte, en las metas a ser alcanzadas para el 2021 en función del eje y objetivo mencionados, se pretende mantener el 16% de territorio nacional bajo conservación o manejo ambiental.

2.2.3 Tratados y Convenios Internacionales

2.2.3.1 Convenio sobre la Diversidad Biológica

El Convenio sobre la Diversidad Biológica fue suscrito por el Ecuador en 1992 y ratificado en febrero de 1993. Constituye el instrumento internacional más completo para la conservación y uso sustentable de la biodiversidad, por lo tanto, es considerado dentro del presente trabajo de estudio. El Ecuador, como país signatario de este Convenio, busca concretar sus tres objetivos: conservar la diversidad biológica, usar sustentablemente los recursos biológicos, y asegurar la distribución justa y equitativa de los beneficios derivados del uso de los recursos genéticos (Organización de las Naciones Unidas, 1992).

En su Artículo 8, el CDB estipula que cada parte Contratante, en la medida de lo posible y según proceda: cuando sea necesario, elaborará directrices para la selección, el establecimiento y la ordenación de áreas protegidas o áreas donde haya que tomar medidas especiales para conservar la diversidad biológica, y además reglamentará o administrará los recursos biológicos importantes para la conservación de la diversidad biológica, para rehabilitar y restaurar ecosistemas degradados.

2.2.4 Leyes Orgánicas

2.2.4.1 Código Orgánico Ambiental

Tiene como fin garantizar a las personas a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, así como proteger los derechos de la naturaleza, cuyo cumplimiento es obligatorio por parte de todos los entes públicos, privados o naturales, en consecuencia, los principios a considerar en el presente estudio son los siguientes (Código Orgánico del Ambiente, 2017):

De acuerdo con el Art. 3 numeral 4, 7, 8 y 9, se menciona que este código tiene como fin: establecer, implementar e incentivar mecanismos e instrumentos para la restauración de los ecosistemas, servicios ambientales y recursos naturales; a través de la prevención, minimización, control, generación de información ambiental y participación de las personas y entidades públicas y privadas frente a los impactos ambientales.

En el Art. 5 sobre derechos de la población a vivir en un ambiente sano, en el numeral 2 se menciona el manejo sostenible de los ecosistemas, con especial atención a los ecosistemas frágiles y amenazados tales como páramos, humedales, bosques nublados, bosques tropicales secos y húmedos, manglares y ecosistemas marinos costeros.

Con respecto al Art. 102 señala que en la elaboración de los planes e instrumentos de conservación y manejo del páramo se podrán establecer y reconocer áreas voluntarias de conservación comunitaria y privada, así como zonas de amortiguamiento, y promover el establecimiento de actividades productivas sostenibles, ecoturísticas, de restauración, control, vigilancia y monitoreo. En correspondencia el Art. 118 se refiere a la restauración de ecosistemas y menciona la priorización de la regeneración natural cuando sea posible técnica, económica y socialmente.

2.2.3.2 Ley Orgánica de tierras rurales y territorios ancestrales del Ecuador

Tiene por objeto normar el uso y acceso a la propiedad de la tierra rural, el derecho a la propiedad de la misma que deberá cumplir la función social y la función ambiental (Ley Orgánica de tierras rurales y territorios ancestrales del Ecuador, 2016):

En concordancia con el tema del trabajo de titulación se toma en cuenta el artículo Art. 50 el cual manifiesta que se limita el avance de la frontera agrícola en ecosistemas frágiles y amenazados, como páramos, y específicamente señala que no se permite el avance de la frontera agrícola en los páramos no intervenidos que se encuentren sobre los 3300 metros de altitud sobre el nivel del mar, al norte del paralelo tres latitud sur, y sobre los 2700 metros de altitud, al sur de dicho paralelo; y en general, en áreas naturales protegidas y particularmente en los territorios con alta biodiversidad o que generen servicios ambientales y además prohíbe el cambio de uso de las tierras rurales destinadas a la conservación de recursos naturales renovables.

2.2.3.3 Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua

Esta ley tiene como fin garantizar el derecho humano al agua, así como regular y controlar la conservación, restauración de los recursos hídricos, la gestión integral y la recuperación en sus distintas fases para garantizar los derechos de la naturaleza establecidos en la Constitución (Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua, 2014).

En su Art. 64, manifiesta que la naturaleza en la conservación del agua como soporte esencial para todas las formas de vida posee derechos como son la protección de fuentes, zonas de captación, regulación, recarga, afloramiento y cauces naturales de agua, en particular, ecosistemas como los páramos y humedales. Además, se establece el derecho a la restauración y recuperación de los ecosistemas debido a los desequilibrios ocasionados por la contaminación de aguas y la erosión de suelos.

2.2.5 Acuerdo Ministerial N°028

Esta normativa se presenta para sustituir el Libro VI del texto unificado de legislación secundaria del Ministerio del Ambiente, que tiene como fin establecer los procedimientos y regulaciones a las actividades públicas y privadas en materia de calidad ambiental (Acuerdo Ministerial N°028, 2015).

En el capítulo IX concerniente a la producción limpia, consumo sustentable y buenas prácticas ambientales, en el Art. 251 de las estrategias de producción y consumo sustentable, la Autoridad Ambiental Nacional impulsará al país hacia una biosociedad, que deberá producir y consumir un ambiente limpio en el marco de la sostenibilidad, consiste de la realidad local ambiental y de los procesos ambientales a los que se enfrenta, que busca desarrollar las mejores prácticas a nivel industrial, productivo y de consumo para preservar los recursos naturales, fomentar un mercado verde nacional, reducir la contaminación ambiental, paliar los efectos del cambio climático, la desertificación y la pérdida de biodiversidad.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Descripción del área de estudio

La cuenca del río Mira se encuentra ubicada al noroeste del Ecuador dentro de las provincias de Imbabura y Carchi (Lloré y Rodríguez, 2005).

3.1.1 Ubicación del área de estudio

La cuenca del río Mira es una cuenca binacional ubicada entre Ecuador y Colombia, esta se encuentra entre las provincias de Carchi e Imbabura y esta formada por una superficie de 5 598 km², donde la cobertura páramo ocupa 536.4 km² del área total (Figura 1). Los límites son: al Norte las cuencas del río San Juan y río Carchi, al Sur la cuenca del río Guayllabamba, al Este la Cordillera Oriental de los Andes y al Oeste la Cordillera Occidental. La cuenca se encuentra dentro de un rango altitudinal de 500 – 4800 m s.n.m. y se localiza entre las siguientes coordenadas UTM (Tabla 1).

Tabla 1. Coordenadas UTM zona 17 sur de la cuenca del río Mira

PUNTO	COORDENADA X	COORDENADA Y	ALTITUD (msnm)
NORTE	840343	10080660	3900
SUR	814943	10015890	3400
ESTE	859816	10052932	3400
OESTE	786791	10066267	2900

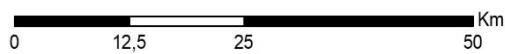


Figura 1. Ubicación de la cuenca del Río Mira

3.1.2 Hidrología

Los principales drenajes hídricos de la cuenca media alta del río Mira son: el río Chota que drena en dirección este-oeste. Está conformado por los ríos Mataquí y Apaquí, en el cauce fluyen los ríos El Ángel que ocupa el extremo occidental de la zona interandina, el río Lita y el río Ambi que atraviesa el oeste del cerro Imbabura, en el noroeste de la cuenca existe el río San Juan que forma parte del límite entre Ecuador y Colombia (Altamirano, 2013).

El río Mira es uno de los más importantes del país, a este río confluyen los ríos Apaquí, El Ángel, Mataquí, Ambi, Chota y Lita. El rango de elevaciones se encuentra entre los 530 m s.n.m. en límite inferior, hasta los 4000 m.s.n.m. en las divisorias de agua, en la cuenca se destacan algunas elevaciones como, Cotacachi, Imbabura y Cubilche. En la cuenca del drenaje existen varios cuerpos de agua como: Lago San Pablo, Lagunas de Yahuarcocha, Cuicocha, Mojanda, Piñan y Puruanta entre las más grandes.

3.1.3 Geomorfología

El área de estudio presenta relieves moderados con pendientes menores al 5% con altitudes de 1400 m s.n.m, relieves montañosos con pendientes de 70% y relieves escarpados con pendientes mayores al 70%, debido a las estribaciones de la cordillera Occidental. Las elevaciones indican una morfología de aspecto irregular con pendientes mayores a 35° en las direcciones norte. Sin embargo, se observa un mosaico de paisajes con geformas planas e inclinadas por la disposición de las laderas, depósitos volcánicos, suelos arenosos y las altitudes varían entre 2600 y 840 m s.n.m. (Chulde, 2014).

Desde el punto de vista geomorfológico en la cuenca del río Mira se pueden destacar 3 zonas principales (INAMHI, 2005):

Zona interandina: comprendida entre las cordilleras Real y Occidental. En cuanto a su geología se observa que a causa de la intensa actividad volcánica, los sedimentos que recibe la zona interandina, son cenizas, cangahuas, lavas

andesíticas, las tillitas y morreras existentes son productos de las glaciaciones acaecidas en la zona. Los sedimentos acarreados por los ríos desde las partes altas, fueron depositadas en las partes bajas formando amplios valles.

Depresión Geomorfológica del Chota: Causado por los movimientos epirogénicos del cuaternario (pleistoceno) en el callejón interandino se formó el “Valle del Chota”, se encuentra atravesado por una falla geológica, por la que corre el río chota, el que en su trayectoria, desde su nacimiento en la estribación occidental de la cordillera Real hasta el Juncal ha profundizado su cauce, formando un valle de etapa juvenil amplio. En el cauce del río se encuentran afloramientos de las rocas más antiguas.

Estribaciones de la cordillera Occidental: Entre el litoral y la zona interandina se desarrolla una zona de transición que se extiende hacia la costa hasta los 1000m de altura, es una zona irregular con pendientes medias a altas, recubierta con rocas volcánicas resistentes en su base, pero fracturadas exteriormente. La cuenca media alta del río Mira pertenece a un valle interandino con pendientes moderadas, pronunciadas, pie de monte y relieves ondulados, planos y vertientes externas. La cuenca se extiende de 1500 hasta 4600 m s.n.m. con una precipitación que oscila entre 300 a 3500 mm anuales, en cuanto a la temperatura debido a las zonas andinas disminuye según la altitud y varía entre los 6 y 18°C (Auz, 2012).

En la cuenca se encuentran los tipos de formaciones geológicas: depósitos aluviales, coluviales y coluvio aluviales (Burbano, Becerra y Pasquel, 2014); las formaciones geológicas mas predominantes son: San Tadeo, Macuchi, Cayo de la Sierra y Piñon (Tabla 2).

Tabla 2. Formaciones geológicas y litología de la cuenca del río Mira

Formación	Litología	Hectáreas	Hectáreas (%)
San Tadeo	Abanico volcánico, lahares	86 817.4	36
Macuchi	Lavas andesíticas, tobas, volcanoclastos	59 194.5	25
Cayo de la Sierra	Lutitas, cherts, areniscas	73 340.3	31
Piñon	Lavas basálticas, tobas, brechas	20 984.7	8
TOTAL		240 336.9	100

3.1.4 Relieve

En la cuenca del río Mira se identifican dos grupos de relieve piedemonte andino y vertientes exteriores de la cordillera occidental de los andes. También, presenta terrazas aluviales indiferenciadas y formas de origen torrencial. Actualmente existen suelos de tipo montañoso de formación volcánica correspondientes al período cuaternario. Además, presenta depósitos coluviales y coluvio-aluviales con susceptibilidad a deslizamientos en pendientes muy pronunciadas (Burbano, Becerra y Pasquel, 2014).

3.1.5 Clima

Según Ramírez (2017), en la cuenca media alta del río Mira se diferencian cinco subregiones climáticas, las cuales son:

- ✓ Ecuatorial de alta montaña: por la altitud de las montañas predomina el clima páramo con una temperatura de 4° a 8° C y precipitaciones que varía entre los 800 a 2000 mm anuales.
- ✓ Ecuatorial mesotérmico: frecuentemente está presente en valles del callejón interandino, con una temperatura de 12° a 22°C y precipitación de 500 mm anuales.
- ✓ Ecuatorial mesotérmico semi- húmedo: predomina en los valles de la serranía, con una temperatura de 12° a 20°C y precipitaciones de 500 a 2000 mm al año.
- ✓ Megatérmico lluvioso: presenta una temperatura de 25°C y la precipitación varía de 3000 a 6000 mm en algunas zonas.

- ✓ Tropical Megatérmico húmedo: prevalece en la Cordillera Occidental con una temperatura que varía de 20° a 28° C y una precipitación anual entre los 500 a 1500 mm.

Además, la superficie de estudio presenta un clima con un patrón complejo y cambiante debido al sistema orográfico existente. Así, la cuenca presenta una precipitación media de 1 884.00 mm al año, se reconocen 10 subcuencas y 36 microcuena, cada una de estas aporta al caudal de salida en la estación Mira – Lita (H0011) (INAMHI, 2005).

3.1.6 Suelo

De acuerdo con la clasificación taxonómica de la USDA, la cuenca hidrográfica Mira presenta principalmente suelos del orden inceptisol y mollisol. El área ocupada por los suelos incesptisoles representa el 48.79 % de la superficie total, se distribuyen generalmente en la parte occidental de la demarcación, en los cantones de Tulcán, Espejo y San Miguel de Urcuquí; los suelos del orden mollisol, son identificados en la parte oriental de la cuenca hidrográfica Mira y ocupan aproximadamente el 36.98 % del área total (PDOT Imbabura, 2013) (Tabla 3).

Tabla 3. Superficie por clasificación taxonómica por orden

Orden	Superficie (ha)	Superficie (%)
Entisol	61 781.08	12.39
Histosol	403.68	0.08
Inceptisol	243 233.14	48.79
Inceptisol+Entisol	4 697.96	0.94
Mollisol	184 349.43	36.98
No aplicable	4 037.10	0.81

3.1.7 Flora

Según Chulde (2014), el área de estudio posee vegetación de bosque natural de páramo y arbustivo, los cuales predominan frailejones (*Espeletia schultzi*) senecios (*Senecio vulgaris*), chuquiraguas (*Chuquiraga jussieui*), mortiños (*Vaccinium meridionale*) y una amplia gama de especies de orquídeas y helechos, de tal manera

que contribuye al recurso hídrico a pesar de alta tasa de erosión. En la zona alta de la cuenca, correspondiente a páramo, presenta una vegetación andina nativa del lugar, mientras que en la parte media de la cuenca se encuentra especies sueltas y dispersas como son los espinas y flores desérticas y en las zonas bajas existe la presencia de árboles de ceiba y laureles. Sin embargo, la vegetación es escasa debido al asentamiento y desarrollo de la población del lugar.

3.2. Métodos

A continuación se presentan los diferentes aspectos metodológicos considerados para cumplir cada objetivo planteado en la investigación (Figura 2). La metodología consistió en la recopilación de información bibliográfica y cartográfica de Geoportales Gubernamentales (SNI, USGS, INEGI), lo que permitió realizar la sustentación teórica relacionada con el enfoque de la ecología del paisaje, realizar la descripción del área de estudio y seleccionar las imágenes de satélite a utilizar para el análisis multitemporal y cálculo de índices de paisaje.

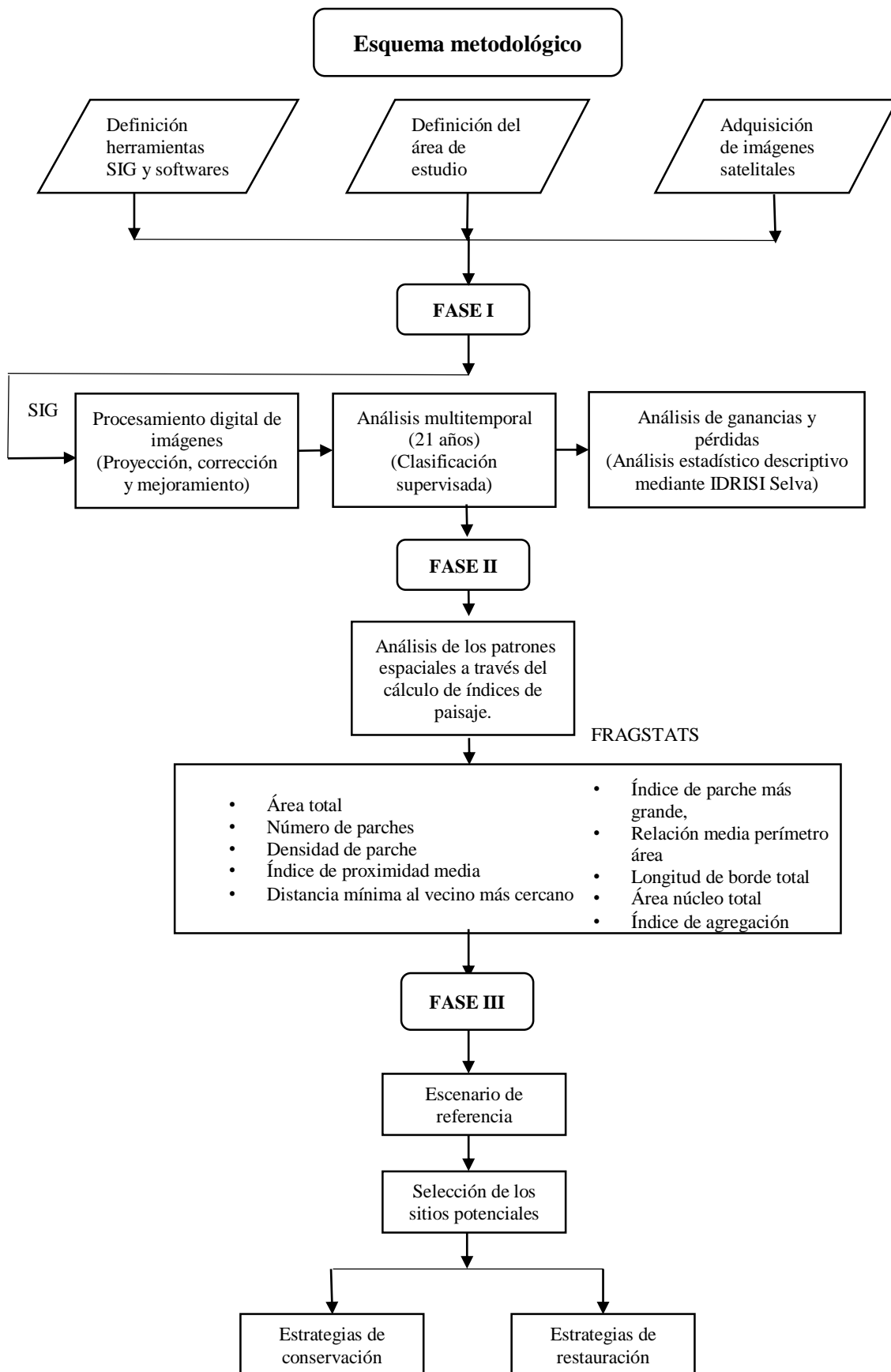


Figura 2. Esquema metodológico de la investigación

Se dividió la cuenca baja del río Mira en base a las cotas de nivel de 200 a 1 500 m s.n.m. Posteriormente se identificó las áreas sin Vegetación, Bosque, Cultivos, Cuerpos de agua, Pastos, Páramo, Vegetación Arbustiva, Zona Urbana.

3.2.1 Fase 1: Determinación de la dinámica del uso de suelo antrópico

3.2.1.1. Obtención de imágenes satelitales

Se realizó la búsqueda de imágenes satelitales a través del Servidor Earth Explorer (<https://earthexplorer.usgs.gov/>) tomando en cuenta características como: porcentaje de nubosidad máximo un 10%, número de bandas espectrales con un mínimo de 4 y resolución espacial de 30 metros (INEGI, 2016). Las imágenes empleadas fueron de los años 1996, 2007 y 2017 obtenidas desde la página web del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS) correspondientes a los satélites Landsat 5 (TM), Landsat 7 (ETM+) y Landsat 8 (OLI/TIRS). Se descargaron seis imágenes satelitales para el preprocesamiento, procesamiento y postprocesamiento (Tabla 4).

Tabla 4. Imágenes satelitales de sensores remotos

PATH ROW	TIPO IMAGEN	CÓDIGO IMAGEN SATELITAL	FECHA (DD/MM/AA)
10-59	Landsat 5	LT05_L1TP_010059_19960724_20170103_01_T1	24/07/1996
	Landsat 7	LE07_L1TP_010059_20070205_20170105_01_T1	05/02/2007
	Landsat 8	LC08_L1TP_010059_20170920_20171012_01_T1	20/09/2017
10-60	Landsat 5	LT05_L1TP_010060_19960724_20170103_01_T1	24/07/1996
	Landsat 7	LE07_L1TP_010060_20070205_20170105_01_T1	05/02/2007
	Landsat 8	LC08_L1TP_010060_20170920_20171012_01_T1	20/09/2017

Fuente: USGS, 2019

La información derivada de las imágenes satelitales proporcionó una visión regional de uso del suelo y cobertura vegetal (Medina y Mejía, 2014). Estas imágenes mostraron los cambios que ocurren en los usos del suelo, coberturas vegetales naturales (Molina y Albarran, 2013).

3.2.1.2 Procesamiento de las imágenes satelitales

El procesamiento digital de las imágenes se ejecutó en dos fases, la primera por medio del software ERDAS versión 2015, donde se realizó el realce radiométrico que consistió en mejorar la imagen por medio de algoritmos del software antes mencionado, esto permitió la interpretación de la cobertura vegetal; realce multiespectral para realizar el análisis de los años 1996, 2007, 2017 y la corrección atmosférica para eliminar el efecto del relieve y las sombras de nubes, a través de la herramienta ATCOR de ERDAS (IGAC, 2013). Finalmente se realizó la clasificación supervisada tomando en cuenta 8 clases: área sin vegetación, bosque, cuerpos de agua, cultivos, pastos, páramo, vegetación arbustiva y zona urbana (Muñoz, Rodríguez y Romero, 2009).

3.2.1.3 Validación de la clasificación supervisada

Se realizó una comparación de las imágenes previamente clasificadas por medio de los píxeles de la imagen y distribución espacial de las categorías de vegetación presentes en el área de estudio. La validación de los resultados de la clasificación de imágenes se obtuvo por medio de la aplicación de la matriz de contingencia que evalúa la exactitud de la clasificación multitemporal (Rodríguez, 2011). También, se calculó el índice Kappa que permitió conocer el grado de significancia de los datos obtenidos en la clasificación supervisada (Tabla 5) (López y Pita, 2001). Cabe mencionar que la escala utilizada en elaboración de la cartografía fue de 1: 50 000.

Tabla 5. Interpretación de los valores del Índice Kappa

Valor de Kappa	Grado de concordancia
< 0	Malo
.001 – 0.20	Bajo
0.21 – 0.40	Aceptable
0.41 – 0.60	Moderado
0.61 – 0.80	Substancial (Buena)
0.81 – 1.00	Casi perfecta (Excelente)

Fuente: (Cerde y Villarroel, 2008)

3.2.1.4 Elaboración de cartografía temática de la cuenca del río Mira

Los valores obtenidos de la clasificación supervisada se procesaron en formato ráster, para luego convertirlos a formato vectorial como *shapefile*. Los datos fueron utilizados para comparar cambios de vegetación a través del software ArcGIS 10.4 y se elaboraron los mapas descriptivos del área de estudio de uso y cobertura del suelo.

3.2.1.5 Dinámica del cambio de la cobertura vegetal y uso de suelo de la cuenca del Río Mira

Posterior a las clasificaciones de las imágenes de 1996, 2007 y 2017, se procedió al análisis estadístico descriptivo, para lo cual se utilizó de la herramienta Land Change Modeler (LCM) para la sustentabilidad ecológica del software IDRISI Selva 17.0; este módulo permitió realizar un análisis de la disminución y aumento de superficie de las ocho categorías de cobertura y uso del suelo. Además, se obtuvo la comparación de los mapas de uso de suelo y cambios en el paisaje de los años de estudio para analizar cambios de disminución y aumento en el transcurso del periodo de tiempo de análisis, mediante tablas y gráficos y se consideró principalmente el ecosistema páramo, donde se analizó el área central y la zona donde se evidenció mayor dinámica de uso de suelo.

3.2.2 Fase 2: Análisis de los impactos de cambio de uso de suelo en los patrones espaciales

A partir de los mapas de cobertura vegetal y uso de suelo generados para cada año de estudio (1996, 2007 y 2017) en la cuenca media alta del río Mira, se realizó el análisis de los patrones espaciales del ecosistema páramo a través del cálculo de índices de paisaje, utilizando el software FRAGSTATS 4.2 (McGarigal et al., 2002). Además, se calcularon índices de paisaje a nivel de parche (tamaño); y de clase, los cuales fueron calculados a cada una de las coberturas del suelo independientemente. Se seleccionaron índices de paisaje comúnmente utilizados en análisis de configuración espacial y fragmentación del paisaje (McGarigal et al., 2002).

A nivel de parche se calculó únicamente el área del parche y a nivel de clase se calculó diez índices de paisaje: 1) área total, 2) número de parches, 3) densidad de parche, 4) índice de proximidad media (calculado sobre un radio de búsqueda de 3000 m), 5) distancia mínima al vecino más cercano, 6) índice de parche más grande, 7) relación media perímetro área, 8) longitud de borde total, 9) área núcleo total (calculado utilizando un borde de 30, 60 y 90 m), y 10) índice de agregación (Tabla 6).

Tabla 6. Índices de paisaje calculados a nivel de clase

Característica	Índice	Símbolo
Composición	Área total	CA
	Número de parches	NP
	Densidad de parche	PD
	Índice del parche más grande	LPI
	Longitud de borde total	TE
	Área núcleo total	TCA
Configuración	Índice de proximidad media	PROX_MD
	Distancia mínima al vecino más cercano	ENN_MN
	Índice de agregación	AI
Forma	Relación media perímetro área	PARA_MD

Fuente: Tomado de Rutledge, (2003)

Para el cálculo de los índices se consideraron todos los parches presentes en el paisaje sin excepciones. Una descripción detallada de cada índice de paisaje se presenta a continuación (Tabla 7).

Tabla 7. Índices de paisaje

Índice	Fórmula	Descripción	Unidades	Rango
Área de parche	$AREA = a_{ij} \left(\frac{1}{10\,000} \right)$ $a_{ij} = \text{área (m}^2\text{) del parche } ij.$	Es igual al área (m ²) del parche, dividido por 10 000.	Hectáreas	ÁREA > 0, sin límite.
Área total	$CA = \sum_{j=1}^a a_{ij} \left(\frac{1}{10\,000} \right)$ $a_{ij} = \text{área (m}^2\text{) del parche } ij.$	Es igual a la suma de las áreas (m ²) de todos los parches del tipo de parche correspondiente, dividida por 10 000.	Hectáreas	CA > 0, sin límite.
Número de Parches	$NP = n_i$ $n_i = \text{número de parches en el paisaje del tipo de parche } i.$	Es igual al número de parches del tipo de parche correspondiente.	Ninguno	NP ≥ 1, sin límite.

Densidad de parche	$PD = \frac{n_i}{A}(10\,000)(100)$ n_i = número de parches en el paisaje del tipo de parche i . A = área total del paisaje (m^2).	Es igual al número de parches del tipo de parche correspondiente dividido por el área total del paisaje (m^2), multiplicado por 10 000 y 100.	Número por 100 hectáreas	PD > 0, restringido por tamaño de celda.
Índice de proximidad	$PROX = \sum_{g=1}^n \frac{a_{ijs}}{h_{ijs}^2}$ a_{ijs} = área (m^2) del parche ijs dentro del vecindario especificado (m) del parche ij . h_{ijs} = distancia (m) entre el parche ijs y el parche focal.	Es la suma del área de parches (m^2) dividida por la distancia de borde a borde cuadrada (m^2) más cerca entre parche y parche focal de todos los parches del tipo de parche en la parte correspondiente especificada (m) de el parche focal.	Ninguno	PROX \geq 0.
Distancia euclidiana más cercana al vecino	$ENN = h_{ij}$ h_{ij} = distancia (m) desde el parche ij hasta el parche vecino más cercano del mismo tipo.	Es igual a la distancia (m) al parche vecino más cercano del mismo tipo, basado en la distancia más corta de borde a borde.	Metros	ENN > 0, sin límite.
Índice del parche más grande	$LPI = \frac{\max_{j=1}^n (a_{ij})}{A}(100)$ a_{ij} = área (m^2) del parche ij . A = área total del paisaje (m^2).	Es igual al área (m^2) del parche más grande del tipo de parche correspondiente dividido por el área total del paisaje (m^2), multiplicado por 100.	Porcentaje	0 < LPI \leq 100
Relación área-perímetro	$PARA = \frac{P_{ij}}{a_{ij}}$ P_{ij} = perímetro (m) del parche ij . a_{ij} = área (m^2) del parche ij .	Medida simple de la complejidad de la forma, pero sin estandarización a una forma euclidiana simple.	Ninguna	PARA > 0, sin límite.
Borde total	$TE = \sum_{k=1}^m e_{ik}$ e_{ik} = longitud total (m) del borde en el paisaje que involucra el tipo de parche i .	Es igual a la suma de las longitudes (m) de todos los segmentos de borde que involucran el tipo de parche correspondiente.	Metros	TE \geq 0, sin límite.
Área del núcleo total	$TCA = \sum_{j=1}^n a_{ij}^c \left(\frac{1}{10,000} \right)$ a_{ij}^c = área central (m^2) del parche ij según la profundidad de borde especificada (m).	Es igual a la suma de las áreas centrales de cada parche (m^2) del tipo de parche correspondiente, dividido por 10,000.	Hectáreas	TCA \geq 0, sin límite
Índice de agregación	$AI = \left[\frac{g_{ii}}{\max_{g_{ii}}} \right] (100)$ g_{ii} = número de adyacencias similares entre píxeles de tipo de parche i . $\max_{g_{ii}}$ = número máximo de adyacencias similares entre píxeles de tipo de parche i .	El índice de agregación se calcula a partir de una matriz de adyacencia, que muestra la frecuencia con la que aparecen diferentes pares de tipos de parche en el mapa.	Porcentaje	0 \leq AI \leq 100

Fuente: Adaptado de McGarigal, Cushman, Neel y Ene, (2002).

Se procedió a calcular los índices del paisaje a nivel de clase para la efectividad de los mapas, los resultados fueron ingresados en formato ráster con el mismo código, a través del software FRAGSTATS 4.2, se utilizó archivos de texto que relacionen

el código de uso de cada clase de cobertura vegetal (Badii y Landeros, 2006). Después, de incorporar los archivos al software se obtuvo como resultado una proyección de los valores insertados.

3.2.3 Fase 3: Estrategias de restauración

En base a los resultados de los objetivos uno y dos, es decir, los cambios en la cobertura terrestre y los patrones espaciales del páramo se aplicaron métodos y técnicas de investigación de campo y documental que permitieron caracterizar, comprender y analizar el estado del ecosistema páramo, de tal manera se propuso estrategias de restauración y uso sustentable para el área de estudio. Esto permitió que los servicios generados por el páramo aporten al bienestar humano y todos sus componentes.

3.2.3.1 Caracterización y selección del escenario de referencia

Para determinar el escenario de referencia, se aplicó una Evaluación Ecológica Rápida (EER) en tres zonas (baja, media y alta), en las cuales se consideró el páramo de pajonal (3600-4200 m s.n.m.), páramo de almohadillas y arbustos (4200-4500 m s.n.m.) y el páramo desértico o súperpáramo (mayor a 4500 m s.n.m. hasta los 4800 m s.n.m.) (Jorgensen y Ulloa, 1994). El método que se aplicó para realizar la EER fue la revisión de información secundaria, dentro de este método, se revisó la información secundaria disponible sobre la estructura, composición y funcionamiento del ecosistema que se va a seleccionar como referencia. Para ello se consideró las siete recomendaciones sugeridas por SER (2004) y Vargas, Reyes, Gómez y Díaz (2010):

- ✓ Descripciones ecológicas y listas de especies de estudios adelantados en la zona
- ✓ Análisis de series de mapas, fotografías y/o imágenes satelitales del área de estudio para determinar la transformación del ecosistema.
- ✓ Relictos de coberturas vegetales del sitio que se ha de restaurar que indiquen la biota y las condiciones físicas anteriores.

- ✓ Descripciones ecológicas y listas de especies de ecosistemas similares e intactos.
- ✓ Versiones históricas, escritas y/u orales de los actores locales sobre los componentes de los ecosistemas, que relacionen la historia de uso del suelo.
- ✓ Evidencias paleo-ecológicas y paleo-hidrológicas.

3.2.3.2 Selección de los sitios potenciales a ser restaurados

Para determinar los sitios potenciales de restauración se consideró el mapa de aumento y pérdida de la cobertura de páramo, identificando como sitios de restauración todas las zonas donde existieron pérdidas de cobertura de páramo entre 1996 y 2017. Además, se aplicó técnicas de investigación de campo y la técnica de observación directa que permitió realizar un análisis valorativo de las zonas de restauración propuestos por Granizo et al. (2006) y la clasificación de vegetación planteada por Sierra (1999).

3.2.3.3 Identificación de plantas aptas para la restauración

La identificación de especies de plantas potenciales para la restauración se realizó a través de la revisión de información disponible acerca de diversidad de especies de los páramos ecuatorianos, especies endémicas, ecología de semillas en los páramos, germinación, dormancia y propagación de semillas y fichas técnicas de diferentes especies de páramo. Una vez recolectada y procesada la información se elaboró una tabla con las especies de plantas seleccionadas que pueden utilizarse para la restauración ecológica.

3.2.3.4 Formulación de estrategias de restauración ecológica del páramo

Frente a los cambios de los patrones espaciales del páramo e identificación de zonas amenazadas se planteó la implementación de estrategias que contribuyan al proceso de restauración y uso sustentable del páramo. Se plantearon estrategias de restauración pasiva y activa con acciones enfocadas en la eliminación de disturbios y tensionantes, la selección y propagación de especies nativas, la recuperación de suelos y la creación de microsítios y matrices de vegetación (Vargas, Díaz, Reyes

y Gómez, 2012). Además, se consideró la evaluación y monitoreo de las estrategias a implementarse en el área de estudio.

El recurso hídrico de la cuenca del río Mira se ha visto afectado por la contaminación de agua, pérdida de vertientes, dificultad para acceder a este recurso y mala distribución del agua. De tal manera que se pretende reducir esta contaminación y minimizar estas presiones a través de la incorporación de estrategias de restauración con la finalidad de contribuir al cuidado del recurso hídrico del páramo referente a la conservación y uso del recurso hídrico (Lozano, Armas y Machado, 2016).

3.3 Materiales y equipos

A continuación, se mencionan los materiales de campo y materiales de oficina que se usaron durante el período de la ejecución del trabajo de titulación (Tabla 8).

Tabla 8. Materiales y equipos

	Materiales de Campo	Materiales de Oficina
Materiales	Cartografía de la zona, SNI (escala 1:50.000)	Software ArcGIS 10.4
	GPS ETREX 30	Software FRAGSTAT 4.0
	Cámara NIKON	Software IDRISI
	Libreta de Campo	Software ERDAS
	Vehículo 4x4	Computador portátil
	Poncho de aguas	Impresora Epson
	Botas de caucho	Flash memory

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Dinámica del uso de suelo antrópico de la cuenca media alta del río Mira

Mediante el método supervisado se obtuvo la clasificación de la cobertura vegetal y uso de suelo de la cuenca media alta del río Mira y su distribución espacial para los años 1996, 2007, y 2017.

4.1.1 Cambios en el uso del suelo y cobertura vegetal

Los resultados evidencian que en los últimos 21 años los páramos han experimentado una pérdida total de 10 801.98 ha de cobertura original. En el primer período (1996-2007) el páramo refleja una pérdida de 7 860.78 ha, disminuyendo de 64 441.98 ha en 1996 a 56 581.20 ha en 2007. Sin embargo, para el siguiente período (2007-2017) la pérdida de cobertura es menor disminuyendo de 56 581.20 ha en 2007 a 53 640.00 ha en 2017 con una diferencia de 2 941.2 ha (Tabla 9). Es decir, este tipo de cobertura existente en 1996 fue reemplazada por otros tipos de cobertura hasta el año 2017 (Figura 3).

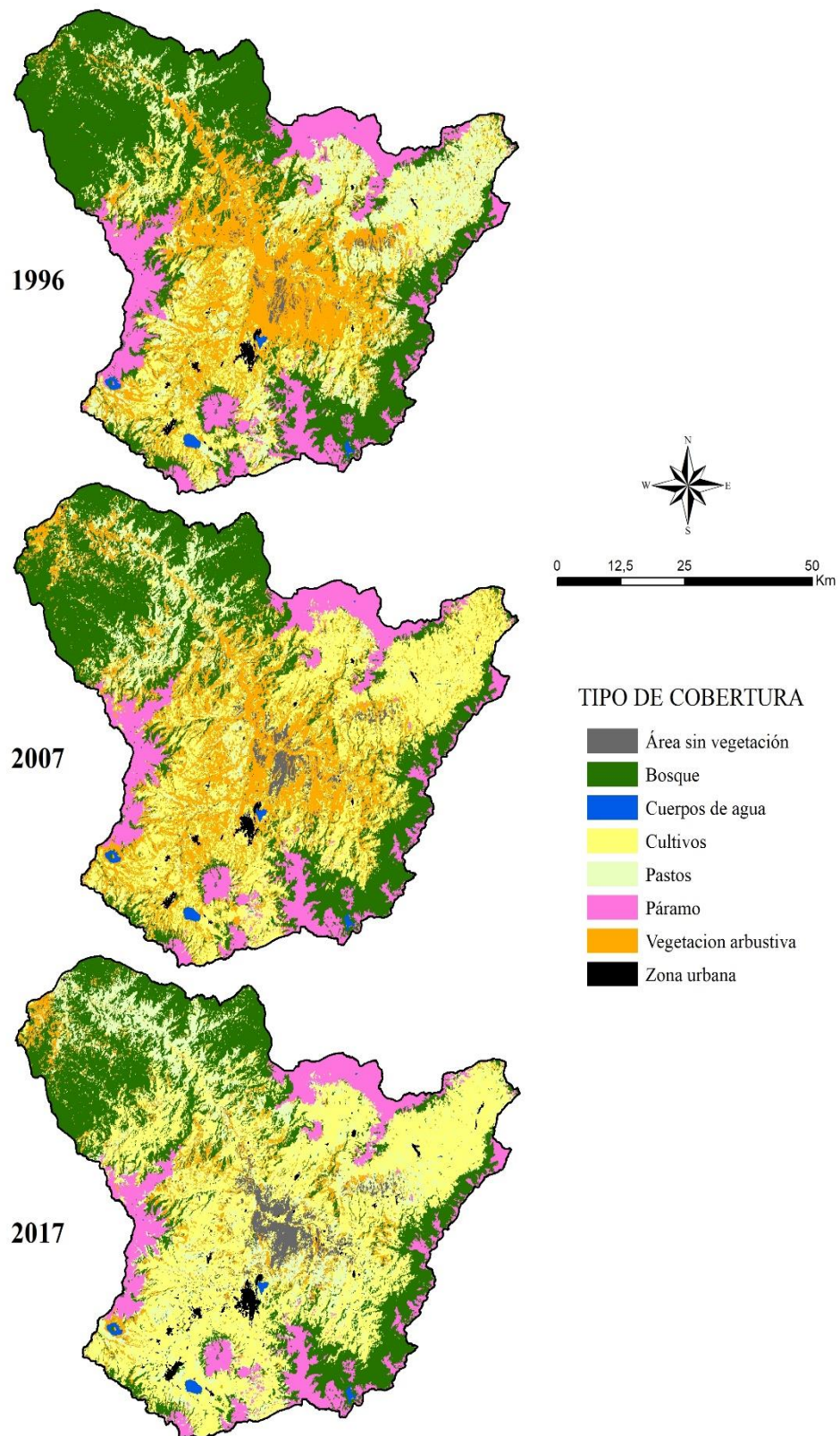


Figura 3. Variación temporal y espacial de las coberturas del suelo en la cuenca del río Mira para los años: 1991, 2000, y 2017.

Los cambios en la cobertura vegetal determinaron que los cultivos aumentaron del 14% de la superficie terrestre en 1996 al 38% en el 2017, manteniéndose como la cobertura dominante en la cuenca. De 1996 a 2017, las áreas sin vegetación mostraron un incremento de 5 060.97 ha en 1996 a 15 431.31 para el 2017. Por el contrario, se evidenció una pérdida de la cobertura de bosque de 167 636.52 ha en 1996 a 131 060.88 ha en el 2017 es decir que existió una reducción del 8%. Mientras que las coberturas de pastos presentaron una reducción de 74 267.10 ha a 32 639.31 ha en el primer intervalo de tiempo y un posterior incremento en el segundo intervalo donde se obtuvo 73 589.31 ha (Tabla 9).

Tabla 9. Cambios en la cobertura vegetal de la cuenca del río Mira entre 1996 y 2017

Tipo de Cobertura	1996		2007		2017	
	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)
Área sin vegetación	5 060.97	1.02	8 34.84	1.67	15 431.31	3.10
Bosque	167 636.52	33.63	145 321.65	29.15	131 060.88	26.29
Cuerpos de agua	1 666.44	0.33	1 647.09	0.33	1 647.09	0.33
Cultivos	68 717.79	13.79	139 929.93	28.07	186 205.77	37.35
Pastos	74 267.10	14.90	32 639.31	6.55	73 589.31	14.76
Páramo	64 441.98	12.93	56 581.20	11.35	53 640.00	10.76
Vegetación arbustiva	114 305.13	22.93	111 589.02	22.39	32 250.06	6.47
Zona urbana	2 385.18	0.48	2 432.07	0.49	4 656.69	0.93
Total	498 481.11	100	498 481.11	100	498 481.11	100

El cambio de uso del suelo durante el primer período 1996 – 2007, se evidenció en el incremento del área de cultivos y pastos, y con disminución en la extensión de páramo y bosque. Para Crissman (2003), el uso agrícola en las zonas de páramo se ha desarrollado desde décadas atrás, lo que ha generado el avance de la frontera agrícola en este ecosistema y por ende incrementando su vulnerabilidad y pérdida. Además, Hofstede et al. (2002) han estimado que la mitad de los páramos en el planeta tienen un bajo estado de conservación y apenas una décima parte de estos está en buen estado de conservación. Estos autores atribuyen este patrón de cambio al incremento de vías de acceso y mayor concentración de población. En la cuenca alta del río Zamora la cobertura de páramo perdió 458 ha (-1.66%) de extensión, mientras que los bosques incrementaron 831 ha (+2.99%) de área sin embargo, las zonas forestales poseen un alto índice de fragmentación y los páramos son propensos a fragmentarse con rapidez (Jiménez, 2019).

Los resultados que se obtuvieron en esta investigación se asemejan a los alcanzados en el cantón Cuenca donde la cobertura natural (páramo, vegetación leñosa y herbácea) presenta una pérdida de 49 066.3 hectáreas, entre el periodo 1991-2001, mientras que la categoría de pastos y cultivos tiene un incremento de 70 639 hectáreas, en este mismo periodo (Pinos, 2016).

Esto evidencia que el cambio de uso del suelo es el principal conductor de cambio del ecosistema páramo. Los cambios en este ecosistema pueden traer consigo diferentes tipos de alteraciones tanto en su composición, estructura y función, las cuales alterarían de manera directa las funciones y servicios ecosistémicos que provee el páramo. Si el cambio de uso de suelo continúa en el paisaje estudiado, es posible que se espere un incremento en la pérdida del ecosistema páramo. Por lo tanto, es necesario realizar acciones de conservación y restauración para este ecosistema.

La pérdida en la extensión de cobertura de páramo en el segundo período (2007 – 2017) fue menor en comparación a la registrada entre 1996 y 2007, pudo deberse a la creación de leyes y proyectos de conservación y protección como el Programa Socio Bosque creado en 2008, con el objetivo principal de conservar bosques y páramos nativos en todo Ecuador (MAE, 2012). El total de áreas bajo conservación de Socio Bosque en las provincias de Carchi e Imbabura fue de 41 381.13 ha en 2017 (Socio Bosque, 2018). Sin embargo, al igual que en el primer período (1996-2007) existió cambio negativo en la cobertura vegetal de bosque y páramo, transformándose en pastos y cultivos.

Los resultados anteriores concuerdan con los datos obtenidos en el estudio de análisis del cambio de clases de cobertura de suelo en la microcuenca del río Pomacocho provincia de Chimborazo (Damián, Rodríguez, Santillán, Recalde y Cargua, 2016), donde en 1991 los páramos alcanzaban un total de 5 890.3 ha y en el 2011 de 5 227.2 ha, reduciéndose un 11.3%, asimismo la categoría bosques en 1991 fue de 74.9 ha, y para 2011 fue de 8.5 ha, perdiendo casi en su totalidad los bosques nativos. Por el contrario, los cultivos en 1991 y 2011 tuvieron un área de

24.7 y 213.2 ha, respectivamente, con un incremento en 20 años de ocho veces. De la misma manera, Paula, A., Zambrano, L y Paula, (2018) analizaron los cambios de la vegetación, en la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo, se registró la disminución en la extensión de páramo de 47 363.35 ha en 1962 a 45 658.2 ha en 2011, y el aumento del área de asentamientos humanos y actividades antrópicas de 140.05 ha en 1962 a 5 064.65 ha en 2011.

De esta forma se corroboran los resultados de la dinámica multitemporal entre los años 1996 y 2017, que reflejan claramente que el cambio en la cobertura vegetal y uso de la tierra es progresivo, el cambio negativo en páramo y bosque aumenta, por el contrario, el uso para cultivos y pastos creció, al igual que la zona urbana.

4.1.2 Aumento y disminución de coberturas vegetales

Se analizó el porcentaje de ganancias y pérdidas de las distintas coberturas vegetales en la cuenca media alta del río Mira en el transcurso de 21 años (1996 – 2017), estos resultados se obtuvieron con la ayuda del módulo LCM de IDRISI el cual determina de una manera rápida los cambios en las coberturas, obteniendo resultados de pérdidas o ganancias, netos en las transiciones especificadas (Eastman, 2012).

En cuanto a los porcentajes de ganancia los cambios son más visibles para la cobertura de cultivos y pastos, con un aumento del 14.94% y 6.26% respectivamente en 21 años. Se observó lo contrario en las coberturas de vegetación arbustiva, bosque y páramo que registraron pérdidas del 10.87%, 4.26% y 1.26% respectivamente en relación con el año de 1996 (Figura 4).

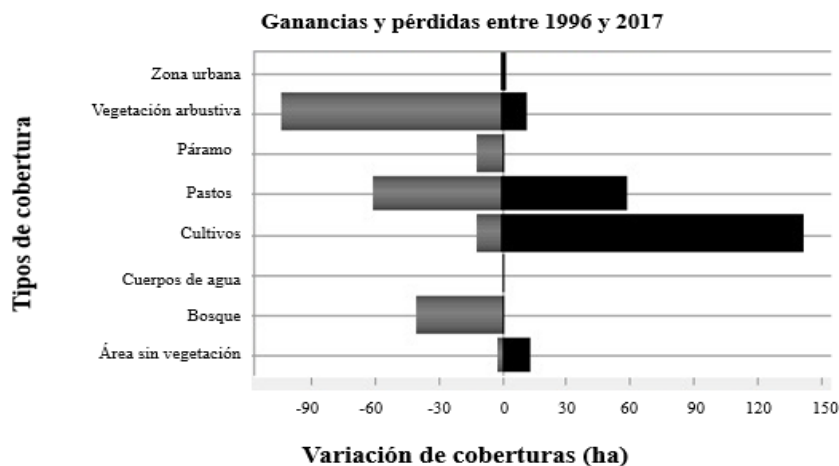


Figura 4. Porcentajes de aumento y pérdida de cobertura vegetal en la cuenca media alta del río Mira.

4.1.3 Validación de la clasificación supervisada mediante el índice kappa

El índice Kappa indica que la clasificación supervisada fue significativa, obteniendo un valor de 0.83, el cual se clasifica en la categoría casi perfecta en la matriz de confusión en representación a lo existente en campo según Cerda y Villarroel (2008), cuyo coeficiente refleja la fuerza de la concordancia entre dos observadores: la predicción del software y el usuario, validando los resultados del análisis multitemporal en los períodos de estudio con una confiabilidad (Tabla 10).

Tabla 10. Matriz de confusión, cálculo del Índice Kappa

	Coberturas y usos de suelo								Clasificación general	Precisión del Productor	
	1	2	3	4	5	6	7	8			
Resultados clasificados	1	39	0	0	3	0	0	0	0	42	92
	2	0	48	0	0	0	0	1	0	49	97
	3	4	0	39	12	1	0	4	0	60	65
	4	1	1	0	34	0	0	2	0	38	89
	5	6	1	11	1	49	3	0	0	71	69
	6	0	1	0	0	0	40	0	0	40	100
	7	0	1	0	0	0	7	43	0	50	86
	8	0	0	0	0	0	0	0	50	50	100
Verdad general	50	50	50	50	50	50	50	50	400		
Precisión del Usuario	78	96	78	68	98	80	86	100			

Acuerdos observados	0,86
Acuerdos esperados	0,12
Índice Kappa	0,83

Nota. Los números corresponden a las coberturas de la siguiente manera: (1) Bosque (2) Vegetación arbustiva (3) Pastos (4) Páramo (5) Cultivos (6) Zona urbana (7) Área sin vegetación (8) Cuerpos de agua.

4.2 Análisis de los impactos del cambio de uso del suelo en los patrones espaciales del ecosistema páramo a través de índices de paisaje

4.2.1 Variación en el tamaño de parches

Uno de los principales efectos de la fragmentación es el aumento en el número de parches pequeños. En la cuenca media alta del río Mira, existieron cambios en la distribución del tamaño de los parches de páramo entre 1996 y 2017. En 1996, el 54% del área del páramo se concentró en parches grandes de entre 10 000 y 20 000 ha, el 12% en parches de entre 1000 y 2000 ha y el 5% eran parches aislados de menos de 100 ha, para el año 2017, este porcentaje aumentó al 6% de la cobertura total. Se evidencia también una reducción en el total de parches de 2000 y 5000 ha del 6.5% a 4.9%. En contraste, se identificó un incremento del 6.62 a 10% en parches de 500 a 1000 ha (Figura 5). Esta predisposición en la disminución del tamaño de los parches se produce por la pérdida de cobertura páramo y se refleja en el apareamiento de parches de hábitat cada vez más pequeños. En este contexto, Turner y Corlett (1996) señalaron que en algunas regiones tropicales los pequeños fragmentos pueden resultar muy valiosos en términos de conservación de la biodiversidad. Sin embargo, esta reducción en el tamaño también puede disminuir la conectividad entre los hábitats, lo que luego reduce o restringe el flujo ecológico, afectando los procesos y servicios del ecosistema (Rodríguez-Echeverry, Echeverría, Oyarzún y Morales, 2017). En consecuencia, la fragmentación en pequeños parches de páramo puede probablemente condicionar el futuro de una gran proporción de especies en el ecosistema. Por lo tanto, la conservación de los grandes remanentes de páramo debería volverse una prioridad con el fin de garantizar la viabilidad de esta mega diversidad.

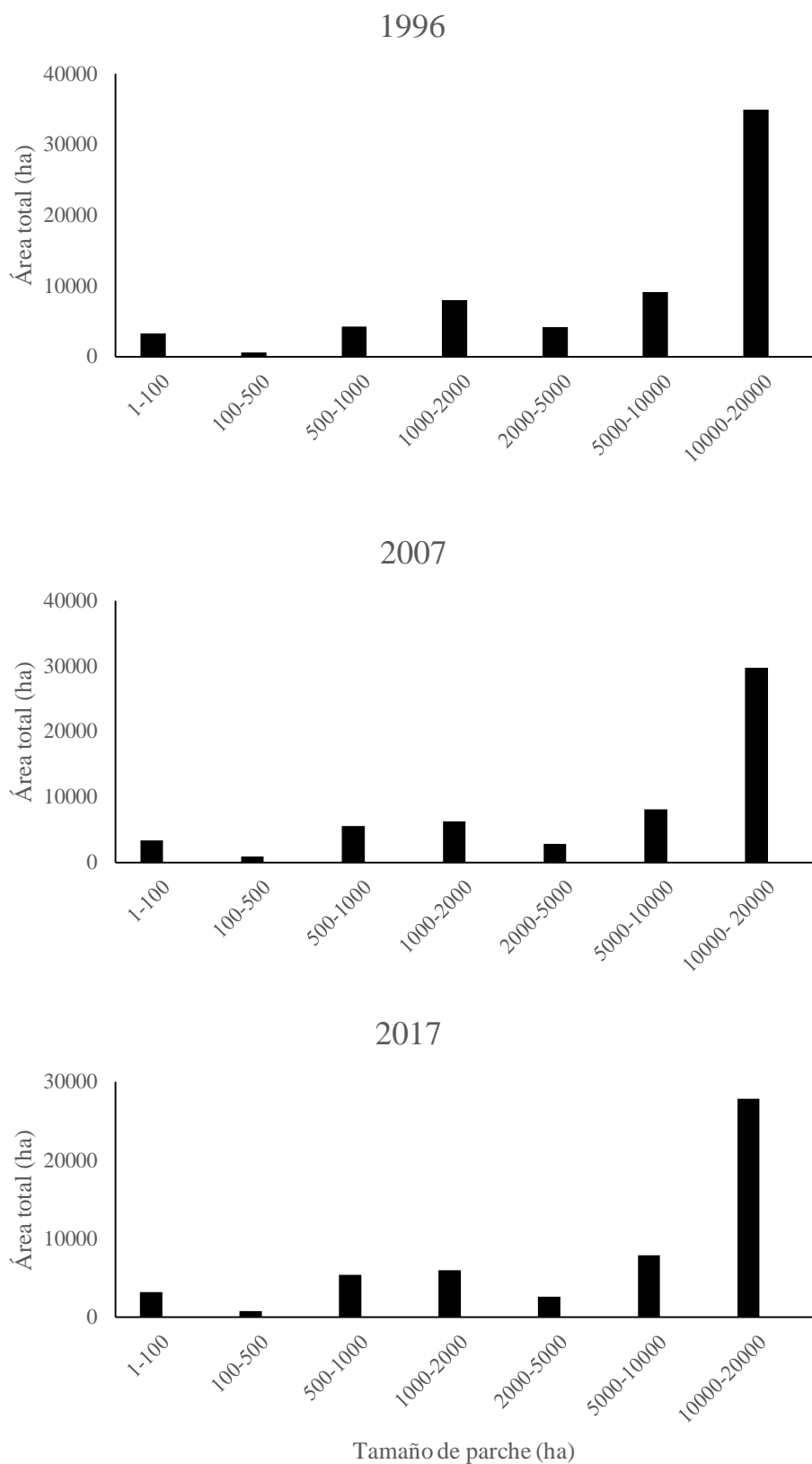


Figura 5. Variación temporal del tamaño de parche de páramo en la cuenca media alta del río Mira

4.2.2 Configuración del patrón espacial del páramo

Entre 1996 y 2017, el área de páramo nativo en la cuenca media alta del río Mira disminuyó 17%. Durante ese período, el páramo se vio afectado principalmente por la fragmentación constante, como se evidencia en el aumento del número de parches de 818 a 1079 y el aumento de la densidad de parches de 0.16 parches en 100 hectáreas en 1996 a 0.21 parches en 100 hectáreas en 2017 (Tabla 11). Este resultado confirma la apreciación de Llambí y Cuesta (2014) de que el páramo actualmente es uno de los ecosistemas más amenazados debido principalmente a la expansión de las zonas de cultivo, las prácticas pecuarias, la minería y la cacería, que han transformado este frágil pero rico paisaje continuo de turberas, arbustos, pastos y rosetas gigantes en un paisaje de pastizales pobres y fragmentados.

Tabla 11. Índices de paisaje para páramo nativo en la cuenca media alta del río Mira en los años 1996, 2007 y 2017.

Índices	1996	2007	2017
Área total (ha)	64 441.98	56 581.2	53 640
Número de Parches	818	971	1 079
Densidad de Parche (<i>n/100 ha</i>)	0.164	0.19	0.2165
Índice de proximidad media	134.61	98.83	89.09
Distancia mínima al vecino más cercano (<i>m</i>)	213.85	201.88	201.28
Índice de parche más grande (%)	3.69	3.11	3.02
Relación media perímetro área	436.70	500	566.67
Longitud de borde total (km)	2 647.62	2 599.17	2 540.01
Área núcleo total (ha)			
30m	58 460.22	50 760.45	47 964.51
60m	53 556.48	46 088.19	43 409.34
90m	48 764.61	41 592.6	39 036.24

Como consecuencia de la fuerte fragmentación el índice de parche más grande disminuyó significativamente, de 3.68 a 3.01, durante todo el período de la investigación. Esta disminución coincide con la disminución de la superficie de páramo total, que muestra los procesos de fragmentación. La relación media perímetro área mostró un incremento de 436.70 a 566.66. Esto demuestra que la forma tenía una tendencia a ser más irregular en parches aislados, de forma semejante a lo que ha ocurrido en otros sistemas montanos amenazados tanto en el sur como en el centro norte de América (Cayuela, Benayas y Echeverría, 2006 y Echeverría et al., 2006).

El índice de proximidad media de parches de páramo disminuyó de 134.60 a 89.09 entre 1996 y 2017, el cambio principal en el índice se registró en el primer intervalo de tiempo disminuyendo de 134.60 en 1996 a 98.83 en 2007. Durante este período, los parches de páramo se separaron espacialmente y fueron menos contiguos en su distribución, ya que la cobertura nativa fue reemplazada por áreas de un tipo diferente de cobertura principalmente cultivos y pastos. Sin embargo, la distancia mínima al vecino más cercano presentó variaciones leves de 213.84 en 1996 a 201.27 en el 2017. Esto sugiere un incremento progresivo en el aislamiento de los remanentes de páramo nativo. Este proceso ha sido descrito también en otros ecosistemas montanos tropicales (Imbernon y Branthomme 2001, Echeverría et al., 2006 y Cayuela et al., 2006). Además, Bierregaard et al, (1992), mostraron que una distancia relativamente corta de 80 m es suficiente para constituir una barrera infranqueable para algunos insectos, anfibios, mamíferos y pájaros nativos de estas formaciones vegetales. Por lo tanto, este efecto de aislamiento puede incrementar el riesgo y afectar a la viabilidad de muchas de estas poblaciones (Aizen y Feinsinger, 1994).

Estas modificaciones del paisaje también se caracterizaron por la presencia de más bordes de parche. No hubo diferencias significativas en la longitud total del borde 2647.62 km; 2 599.17 km entre 1996 y 2007 (Tabla 11). Del mismo modo, no se registraron diferencias significativas en la longitud total del borde 2 599.17 km; 2 540.01 entre 2007 y 2017. Sin embargo, esta ligera disminución de la longitud del borde puede indicar que la forma de los parches de páramo nativo se tornó más regular. con el tiempo, por lo cual es probable que el interior del fragmento mantenga sus condiciones internas y los efectos de la matriz queden restringidos al borde del mismo (Fletcher, 2005).

A este efecto se le suma la reducción del área-núcleo total en las tres distancias de borde. Para la distancia buffer de 30 m, se observó una fuerte disminución de 58 460.22 ha en 1996 a 50 760.45 ha en 2007 y a 47 964.51 ha en 2017. Para las distancias buffer de 60 m y 90 m, las áreas centrales disminuyeron respectivamente de 53 556.48 ha y 48 764.61 ha. en 1996 a 46 088.19 ha y 41 592.6 ha en 2007 y

de 43 409.34 ha y 39 036.24 ha en 2017 (Tabla 10). Esta tendencia también se observó en el páramo herbáceo de la cuenca del Río Zamora, donde el área-núcleo total se redujo considerablemente de 5 029.2 ha a 350.8 ha entre 1976 y 2002 (Torracchi, Tapia, Escudero y de la Cruz, 2013). De igual manera, Echeverría et al. (2006) en los bosques de Río Maule-Cobquecura registraron una disminución en las áreas de 666 ha a 0 ha entre 1975 y 2000, definidas a una distancia de 300 m desde el borde. En el presente estudio esta tendencia en la disminución de área núcleo total podría ocasionar una gran pérdida de calidad del hábitat de los fragmentos y podría tener efectos considerables en algunas especies del páramo nativo.

4.2.2.1 Relación espacial y temporal entre bosques nativos y otros tipos de cobertura terrestre

En 1996, las áreas sin vegetación, bosques, cuerpos de agua, cultivos, páramos, vegetación arbustiva y zona urbana mostraron una agregación significativa de más del 80% (Figura 6). Sin embargo, en 2017 la vegetación arbustiva y bosques presentaron desagregación no significativa debido a que permanecieron dentro del mismo rango. Esto contrasta con la vegetación nativa de páramo y bosque que mostraron la agregación más alta y más significativa del 90% (Figura 6). Las coberturas con porcentajes más altos de agregación indican que esas coberturas correspondieron a vegetación densa y continua, mientras que se puede inferir que los porcentajes más bajos corresponden a vegetación discontinua, dispersa o bordes.

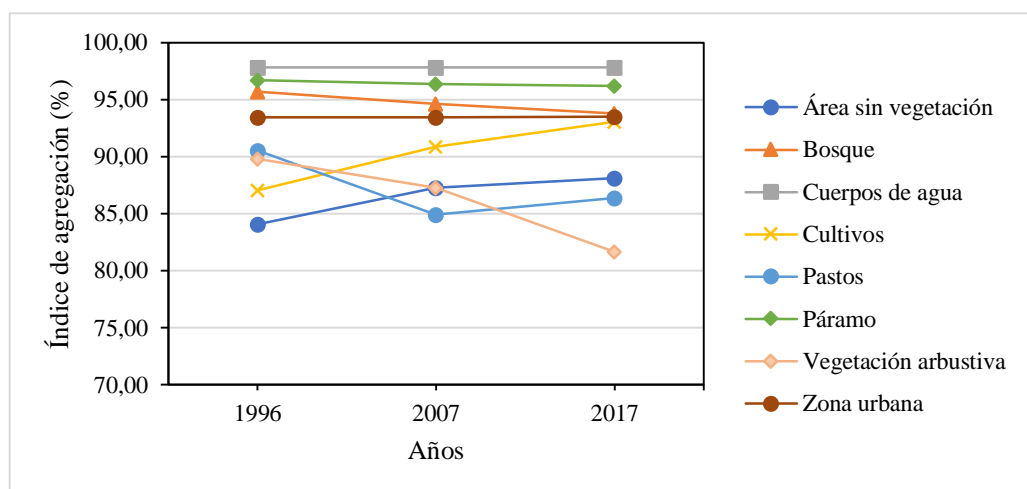


Figura 6. Cambios temporales en el índice de agregación

4.3 Estrategias de conservación y restauración para el ecosistema páramo

El páramo andino es un ecosistema estratégico que provee servicios ambientales de vital importancia que incluyen el suministro de agua, alta capacidad de retención de carbono y una importante biodiversidad endémica (Hofstede et al., 2014). La extensión de páramos en el Ecuador comprende 12 583 km², equivalente al 5% del país; de ellos corresponden a Carchi 27 598 ha que representa el 7.65% de la superficie total de la provincia, e Imbabura con 41 255 ha equivalente a 8.93% del total provincial (Boada y Campaña 2008).

4.3.1 Escenario de referencia del páramo de la cuenca media alta del río Mira

Se identificaron tres zonas de páramo que presentan diferentes estados de conservación, razón por la cual fueron seleccionados como escenarios de referencia. Para su caracterización se aplicó una evaluación ecológica rápida cuya metodología se basó en la revisión de información secundaria sobre tipos de páramos, características biofísicas y biodiversidad, a partir de los cuales se determinaron los siguientes escenarios de referencia para cada zona (Tabla 12).

Tabla 12. Escenarios de referencia del páramo de la cuenca media alta del río Mira

Escenario de referencia	Descripción	
Zona Baja	<p>Altitud: 3 600 a 4 200 m s.n.m.</p> <p>Formaciones vegetales: páramo de almohadillas y páramo de pajonal.</p> <p>Estratos: herbáceo</p> <p>Especies dominantes: <i>Werneria nubigena</i>, <i>Azorella pedunculata</i> y <i>Poa subspicata</i></p> <p>Estado de conservación: condicionado por el pastoreo intensivo (ganado vacuno y ovino) y la quema del pajonal.</p>	
Zona media	<p>Altitud: 4 200 a 4 500 m s.n.m.</p> <p>Formaciones vegetales: páramo de pajonal.</p> <p>Estratos: herbáceo y arbustivo.</p> <p>Especies dominantes: <i>Calamagrostis intermedia</i>, <i>Festuca carchiensis</i>, <i>Stipa leptogluma</i>.</p> <p>Estado de conservación: es mayor con respecto a la zona baja, se puede evidenciar la presencia de especies arbustivas. También estuvo condicionada por el pastoreo intensivo y la quema del pajonal.</p>	
Zona alta	<p>Altitud: mayor a 4 500 m s.n.m.</p> <p>Formaciones vegetales: páramo de pajonal.</p> <p>Estratos: herbáceo y arbustivo.</p> <p>Especies dominantes: <i>Calamagrostis intermedia</i> y <i>Chuquiraga jusseui</i>.</p> <p>Estado de conservación: es el escenario con el mejor estado de conservación, ya que no se observa efectos de disturbios.</p>	

4.3.2. Propuesta de conservación del ecosistema páramo de la cuenca del río Mira

El páramo es un ecosistema frágil de gran importancia ya que se presenta no solo, como un almacenador de agua, sino también como un componente paisajístico, histórico y cultural que alberga una gran biodiversidad. Sin embargo, es un ecosistema que registra pérdida de vegetación y degradación de suelos por quemas

y uso intensivo en la agricultura, además existen obras de infraestructura, carreteras, represas los cuales han causado graves impactos en el ecosistema (Convención de Ramsar y Grupo de Contacto EHAA, 2008).

La conservación del ecosistema páramo corresponde al uso racional de los recursos naturales, es decir, el uso de los recursos de manera responsable y sostenible. Supone un manejo científico de las áreas naturales, de tal forma que produzca el mayor beneficio para las actuales generaciones, pero asegurando que ese beneficio debe quedar disponible para las futuras generaciones (Bremer, 2016). En ese sentido, los principales propósitos de la conservación son mantener los procesos ecológicos y asegurar la diversidad de las especies, por lo tanto, en la presente investigación se plantea la elaboración de una propuesta de conservación del páramo que aún existe en la Cuenca del río Mira.

Objetivo General

Promover la conservación y el uso sostenible de los páramos de la cuenca del río Mira, a través de la implementación de herramientas de manejo del paisaje.

Objetivos específicos

- Identificar los fragmentos prioritarios para la conservación del ecosistema páramo
- Mantener los fragmentos prioritarios para investigación, recreación y educación para la conservación.

4.3.2.1 Sitios potenciales para la conservación del páramo en la cuenca del río Mira

Las áreas potenciales para la conservación de páramo se identificaron a través del mapa de cobertura y uso de suelo para el año 2017, en el cual se identificaron los sitios donde predomina la cobertura de páramo entre los años 1996 y 2017 (Figura 7).

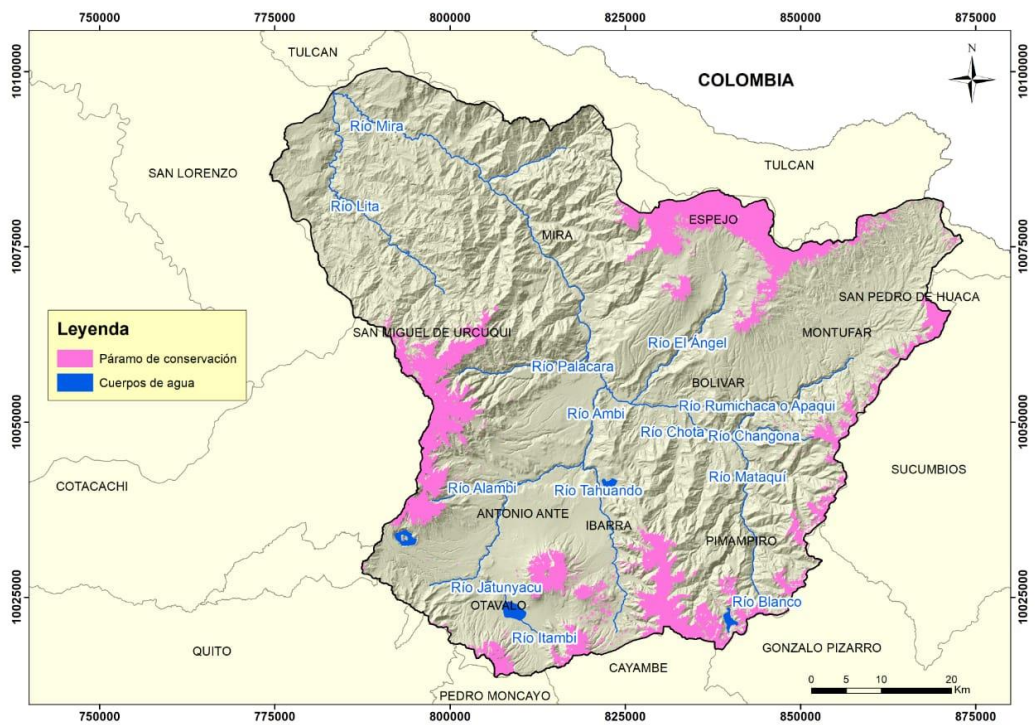


Figura 7. Sitios potenciales para la conservación en el páramo de la cuenca media alta del río Mira

4.3.2.2 Estrategias de conservación para el ecosistema páramo de la cuenca del río Mira.

Los páramos de la cuenca del río Mira tienen un importante valor científico y ecológico por su flora, avifauna endémica y su paisaje único, éste ecosistema es fundamental para la regulación de la hidrología regional y constituye la fuente de agua potable para consumo humano, cumpliendo de esta manera una función hidrológica, como "fabricas" de agua, "esponjas" para su macenamiento o "cuna" del sistema hídrico de los neotrópicos. Para su cuidado y protección se proponen las siguientes estrategias (Tabla 13).

Tabla 13. Técnicas y acciones de restauración ecológica para el páramo de la cuenca del río Mira

Técnica	Acciones
Vegetación nativa en zonas de alta pendiente	Este tipo de formas de las montañas no permiten la agricultura ni la ganadería, por lo cual se conservan parches significativos de vegetación de páramo que actúan como corredores biológicos y favorecen la dispersión y conservación de especies. Las formas del relieve, con altas pendientes en las orillas de los cauces de agua, han servido a través del tiempo como una barrera natural para que los habitantes locales siembren o tengan ganado en estos lugares; esto ha facilitado su conservación
Franjas de vegetación localizadas a los bordes de quebradas	Herramienta de manejo del paisaje esencial, favorece la conectividad biológica del territorio. Los drenajes naturales se distribuyen a lo largo y ancho del paisaje rural y las condiciones del terreno, con hondonadas y pendientes abruptas, facilitan mantener esta vegetación protectora.
Cercas vivas	Cerco de carreteras y caminos: en estas áreas cumplen funciones ambientales, estéticas o de mitigación de impactos como el polvo, la invasión de la privacidad o amenazas a la seguridad.
	Barreras o cortinas rompevientos para viviendas: constituyen una serie de estructuras vivas (bioestructuras) que mitiguen el efecto de los fuertes vientos que se producen en las zonas altoandinas y que afectan a personas y animales, también para contrarrestar el factor desecante sobre huertas y cultivos y, por último, proporcionando fuente de leña, frutos y forrajes.
	Vegetación protectora de tomas de regadío: Las tomas de regadío son canales en tierra por donde se conduce el agua por gravedad para que sea utilizada en riego de praderas y parcelas. La siembra de vegetación en los márgenes de las tomas de regadío tiene como objetivo no permitir que el ganado pase hacia la acequia. Para evitar la erosión se establece vegetación arbustiva y arbórea de bajo porte en las orillas y márgenes.
Corredores biológicos	Cerca viva alrededor de reservorios de agua: limita el paso de personas y ganado mediante siembra de especies arbóreas nativas, también para estabilizar los suelos o mejorar el entorno del reservorio.
Responsables	Con el fin de conectar los relictos de bosques altoandinos y que favorecerá la circulación de especies a lo largo de la cobertura de páramo.
	Comunidades de los páramos, MAE, GADs Imbabura, Charchi y Esmeraldas, Universidad Técnica del Norte.

4.3.3 Propuesta de restauración del ecosistema páramo de la cuenca del río Mira

La cuenca media alta del río Mira está formada por un ecosistema frágil, único en términos de biodiversidad y de gran importancia para la ecología y economía de los Andes, el cual se encuentra permanentemente amenazado, debido a los proyectos de forestación con especies exóticas, ampliación de la frontera agrícola, quemas excesivas, sobre pastoreo y el incremento en la demanda de agua (Ulloa, 2013).

Estas amenazas han contribuido con la fragmentación y destrucción de este ecosistema ocasionando notorios y preocupantes cambios en el ambiente: disminución de la cantidad y calidad de agua, alteración de los regímenes de precipitación y erosión de suelos; todo esto se da dentro de un marco general de pobreza y marginación en el que las alternativas de vida son escasas (Mena-Vásquez y Ortiz, 2003). Además, los nuevos escenarios de cambio climático que se presentan, en particular en zonas altas, tales como el aumento de temperatura y diferentes regímenes de precipitaciones y nubosidad, aumentan la fragilidad de los ecosistemas parámetros andinos (Hofstede et al., 2014).

Frente a este deterioro, surge como alternativa la práctica de técnicas de restauración que evidencian procesos de recuperación de ecosistemas degradados desde varios años atrás. El concepto de restauración en el país, se ha planteado en el libro III del Régimen Forestal del Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria (TULSMA), presentando desde su definición hasta la valoración de la restauración de los servicios ambientales afectados por alguna actividad humana, en este contexto se alude que el valor de la restauración es el costo generado por las actividades necesarias para la recuperación a su estado inicial y la compensación de los servicios ambientales perdidos, de un ecosistema altamente frágil que ha sido dañado.

Mediante la restauración se conserva y protege los recursos naturales, se proporciona condiciones adecuadas para la formación de suelos (nutrientes, humedad y cobertura), llegada y establecimiento de sucesiones vegetales propias (Camacho y Mejía, 2011). Se crea la posibilidad de tener una vegetación semejante para alcanzar una integración paisajística con el entorno logrando la sostenibilidad, equilibrio y eficiencia del ecosistema. La vegetación nativa provee de muchos servicios ambientales como regulación del clima, mantenimiento de la composición atmosférica, secuestro de carbono, producción de oxígeno como también apoyo y retención de la delgada capa de suelos (González, 2007). No obstante, al removerse o sustituirse la cobertura natural por cualquier motivo (cultivos, pastizales y bosques plantados) no solo se está disminuyendo la diversidad biológica, sino que

también el suelo queda vulnerable a la erosión. Adicionalmente, los incendios forestales y los deslaves modifican la estructura y composición de especies, alterando las interacciones ecológicas del sistema.

Ante estas problemáticas la presente investigación plantea la elaboración de una propuesta de restauración con especies nativas, constituyéndose así en una herramienta promisorio para la rehabilitación y restauración de los ecosistemas de páramo degradados en la Cuenca del río Mira, tomando en cuenta que durante los últimos 21 años existió una pérdida de 1 081.98 ha de ésta cobertura.

Meta

Recuperar la cobertura vegetal dominada por especies nativas con el fin de reestablecer los procesos ecológicos y evolutivos de ecosistema de páramo andino en la cuenca del río Mira.

Objetivo general

Recuperar la composición de especies del ecosistema páramo en la cuenca media y alta del río Mira.

Objetivos específicos

- Determinar el área de restauración mediante la evaluación de la pérdida de cobertura vegetal de páramo.
- Establecer un ensayo en los sitios potenciales del ecosistema páramo para la restauración ecológica.
- Evaluar el éxito de restauración mediante atributos ecológicos, supervivencia y crecimiento con frecuencia mensual.

4.3.3.1 Sitios potenciales a ser restaurados en el páramo de la cuenca media alta del río Mira

Las áreas potenciales para la restauración ecológica se identificaron a través del mapa de pérdidas y ganancias de la cobertura páramo, se identificaron los sitios en que se perdió cobertura de páramo entre 1996 y 2017 y se realizó el mapa con los

sitios potenciales a restaurar (Figura 8). Estos sitios se localizan principalmente en la zona baja de acuerdo a los escenarios de referencia.

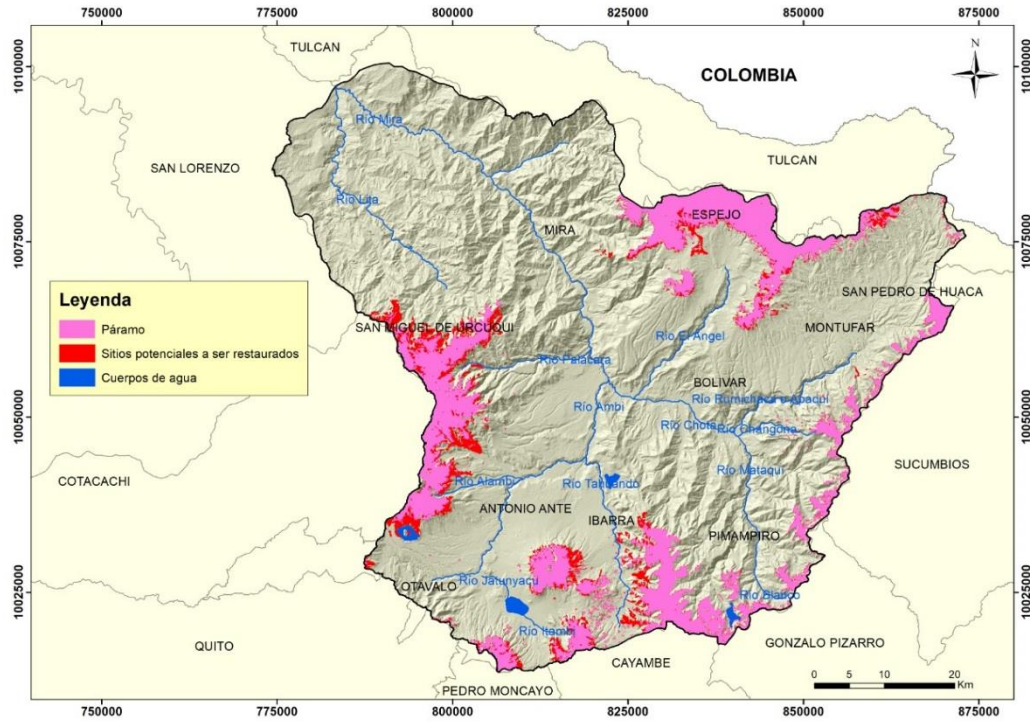


Figura 8. Sitios potenciales para la restauración ecológica en el páramo de la cuenca media alta del río Mira

4.3.3.2 Especies potenciales para la restauración ecológica en el páramo de la cuenca media alta del río Mira

Se seleccionaron un total de 10 especies de páramo considerando que sean plantas propias del páramo que pueda sobrevivir, crecer y reproducirse en el sitio de restauración, además que puedan ayudar a generar condiciones para que otras plantas puedan crecer a su lado, es decir “plantas nodrizas” y “plantas pioneras” (Tabla 14).

Tabla 14. Especies de plantas potenciales para la restauración

Familia	Género y especie	Autor	Nombre común	Hábito
Asteraceae	<i>Espeletia pycnophylla</i>	Cuatree.	Frailejon	Arbusto
Asteraceae	<i>Chuquiraga jussieui</i>	J. F. G m e l .	Chuquirahua	Arbusto
Asteraceae	<i>Werneria pumila</i>	Kunth	Almohadilla	Hierba
Rosaceae	<i>Polylepis sp.</i>		Árbol de papel	Arbusto
Chloranthaceae	<i>Hedyosmum cumbalense</i>	H. Karst.	Holloco	Arbusto

Rosaceae	<i>Lachemilla orbiculata</i>	(Ruiz y Pav.) Rydb.	Orejuelo	Hierba
Clusiaceae	<i>Hypericum laricifolium</i>	Juss.	Romerillo	Arbusto
Asteraceae	<i>Hypochaeris sessiliflora</i>	Kunth	Achicoria	Hierba
Melastomataceae	<i>Brachyotum ledifolium</i>	(Desr.) Triana	Arete de inca	Arbusto
Grossulariaceae	<i>Escallonia myrtilloides</i>	L.f.	Cuaza	Arbusto

Las plantas seleccionadas para la restauración del páramo fueron elegidas por poseer las siguientes características: fácil propagación, capaces de adaptarse a las condiciones de fertilidad del suelo y las características ambientales, de rápido crecimiento y de elevada producción de materia orgánica. Es deseable que presenten módulos fijadores de nitrógeno o micorrizas que compensen los bajos niveles de nitrógeno, fósforo y otros nutrientes de los suelos y que sean capaces de crear núcleos para elementos de flora y fauna, facilitando la recuperación de los microhábitats (Velasco y Cardona, 2007).

4.3.3.3 Estrategias de restauración ecológica para el páramo de la cuenca del río Mira

El objetivo principal de las estrategias detalladas a continuación tienen como finalidad aumentar la calidad de los hábitats para la fauna y la cobertura nativa e incrementar la conectividad de los elementos del paisaje rural, restaurando corredores de hábitats (Tabla 15).

Tabla 15. Técnicas y acciones de restauración ecológica para el páramo de la cuenca del río Mira

Técnica	Acciones	Zona de degradación en la que se aplica		
		Baja	Media	Alta
	Erradicación de pastos invasores: kikuyo (<i>Pennisetum clandestinum</i>), la falsa poa (<i>Holcus lanatus</i>) y yaragua (<i>Melinis minutiflora</i>) facilita la recolonización de las especies nativas, es necesario eliminar de las zonas de restauración los pastos que han colonizado estas áreas por causa del pastoreo y abandono de cultivos.	X	X	

	<p>Creación de refugios artificiales para fauna: con la acumulación de troncos, piedras y algo de vegetación, se pueden formar agrupaciones que sirvan como albergues temporales o sitios de paso para la fauna nativa.</p>	X	X	
	<p>Controlar los impactos del turismo mal dirigido: es importante que las comunidades locales y habitantes de la zona, reconozcan y valoren sus recursos naturales, por lo tanto se espera que las actividades turísticas se desarrollen de forma organizada.</p>	X	X	X
	<p>Utilización de perchas artificiales para aves: (Tripodes de bambú seco). Aumentar la dispersión de semillas en potreros, mediante estructuras en madera con diferentes arreglos, que permiten la llegada de la aves dando lugar a un aumento significativo de la tasa de deposición de semillas.</p>		X	X
	<p>Plantación de especies nativas: consiste en plantar especies nativas de páramo, combinándolas entre ellas, se puede hacer una plantación de hierbas, arbustos y árboles.</p>	X	X	
	<p>Propagación de material vegetal nativo adecuado para el sitio de intervención: a partir del ecosistema de referencia o de las áreas circundantes en buen estado de conservación se recolectan semillas y plántulas de las especies de interés.</p>		X	X
	<p>Creación de viveros locales: en asociación con las comunidades vecinas de las áreas a restaurar puede promoverse la propagación de las diferentes especies utilizadas en las acciones de restauración.</p>	X		
<p>Creación de micrositios y matrices de vegetación</p>	<p>Siembra de especies facilitadoras: Por facilitación se entiende el efecto positivo de una especie o cierto tipo de vegetación sobre el crecimiento, supervivencia y desarrollo de otra(s) especie(s), en comparación con unas condiciones existentes en el ambiente exterior (Tabla 14).</p>	X	X	

	<p>Dispersión de semillas: por medio de la plantación de especies arbustivas y herbáceas nativas atrayentes de animales dispersores y polinizadores. Se utilizan individuos arbustivos o herbáceos adultos, con altura superior a 1m. y que estén dispersando semillas o en floración (Tabla 14).</p>	X	X	X
	<p>Regeneración natural: Se debe utilizar en áreas poco perturbadas, utilizando los servicios de animales asociados a los frutos y/o semillas de la región. Permite la creación de “núcleos” de regeneración que tienen la función de facilitar el establecimiento de nuevas plantas. Esta estrategia se basa en los principios de la sucesión ecológica</p>	X	X	
Recuperación de Suelos	<p>Remoción de la vegetación invasora: para facilitar el proceso de establecimiento de las especies nativas, es necesario remover la vegetación que no es propia del ecosistema para dar espacio a las nativas. No sólo basta remover las partes aéreas ya que, en el caso específico de los páramos, muchas plantas, pueden reproducirse clonalmente, por lo cual hay que eliminar también el sistema radicular hasta donde sea posible, sin remover o alterar mucho el suelo.</p>	X	X	X
	<p>Enmiendas para mejorar las condiciones del suelo: En sitios altamente deteriorados se requiere el enriquecimiento de nutrientes en el suelo, mediante el uso de enmiendas orgánicas y/o químicas. Los fertilizantes químicos poseen una alta capacidad para suplir nutrientes escasos y pueden servir para obtener una cobertura vegetal rápidamente</p>	X	X	X

Empleo de endomicorrizas: Los hongos

formadores de micorrizas (HMVA) dependen de la planta para el suministro de carbono, energía y de un nicho ecológico, a la vez que entregan nutrientes minerales, especialmente los poco móviles como el fósforo, también estimulan la producción de sustancias reguladoras de crecimiento, incrementan la tasa fotosintética, promueven ajustes osmóticos cuando hay sequía, aumentan la fijación de nitrógeno al favorecer a las bacterias simbióticas asociativas, incrementan la resistencia a plagas y la tolerancia a estrés ambiental, contribuyen a mejorar la humedad del suelo y son mediadores de muchas de las acciones e interacciones de la microflora y la microfauna

X X X

Responsables Comunidades de los páramos, MAE, GADs Imbabura, Carchi y Esmeraldas,
Universidad Técnica del Norte.

Fuente: Vargas, Díaz, Reyes y Gómez, 2012

4.3.3.4 Evaluación y monitoreo

La restauración de los páramos es un proceso que requiere de mucho tiempo, debido a que los procesos ecosistémicos que se dan entre los factores bióticos y abióticos son mucho más lentos en comparación con otros ecosistemas. Por lo tanto, será necesario evaluar si se están recuperando los principales componentes del ecosistema como las especies clave, suelos y fauna nativa, para lo cual se deben considerar los siguientes aspectos (Tabla 16):

Tabla 16. Acciones para la evaluación y monitoreo de restauración del páramo en la cuenca del río Mira

Suelos	Recuperación de la estructura física y química del suelo. Recuperación del régimen hidrológico del suelo. Recuperación de los Bancos de Semillas de las especies nativas. Presencia de humedad.
Flora y vegetación	Presencia de semillas y plántulas de especies sucesionales tempranas y sucesionales tardías según el tipo de páramo y su flora regional. Aumento de la riqueza de especies típicas de páramo y disminución de especies invasoras. Supervivencia y crecimiento de los individuos de especies trasplantadas.

Aumento de la cobertura de arbolitos de páramo en las riberas de los ríos

	Artropofauna presente en el suelo.
Fauna	Disponibilidad de hábitats para especies locales como pequeños mamíferos. A largo plazo registro de la presencia de especies grandes como venado cola blanca (<i>Odocoileus virginianus</i>) y oso de anteojos (<i>Tremarctos ornatus</i>).
Régimen Hidrológico	Recuperación de la estructura demográfica de especies en peligro Garantizar el equilibrio del balance del régimen hidrológico
Responsables	Comunidades de los páramos, MAE, GADs Imbabura, Carchi y Esmeraldas, Universidad Técnica del Norte.

Fuente: Vargas et al., 2012

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- La dinámica de cambio de la cobertura vegetal se afectó directamente por el uso de la tierra, el análisis multitemporal de las imágenes satelitales permitió conocer la extensión superficial e intensidad de los procesos de degradación del páramo, generando un cambio negativo en su superficie entre los años 1996 – 2017 se redujo de 64 441.98 ha a 53 640.00 ha, en contraste los cultivos se incrementaron 68 717.79 ha a 186 205.77 ha respectivamente, mostrándose como la cobertura dominante en la cuenca.
- Las métricas utilizadas para el análisis de la fragmentación del paisaje, indicaron el aumento de número de parches pequeños, la densidad de parches y la relación media perímetro área, y en contraste la disminución en el área total, índice de proximidad media, distancia media, índice de parche mas grande, longitud de borde y área núcleo total.
- La ubicación de sitios potenciales para la restauración ecológica se localizan en la zona baja de los escenarios de referencia lo que permitió proponer estrategias de conservación y de restauración en la cobertura de páramos que conllevan a aumentar la calidad de los hábitats.
- Se plantearon estrategias de conservación que vinculan a los principales actores del área de páramo en la cuenca media alta del río Mira y que permiten a largo plazo la protección de los servicios ecosistémicos; se concluye que deben establecerse áreas de vegetación nativa en zonas de alta pendiente, franjas de vegetación localizadas a los bordes de quebradas, cercas vivas y corredores biológicos.

- Las estrategias de restauración propuestas en el páramo del área de estudio se enfocan en la eliminación de disturbios y tensionantes, el restablecimiento de la cobertura vegetal y recuperación de suelos para la restauración de los atributos del ecosistema nativo.

5.2 Recomendaciones

- Efectuar programas de capacitación dirigido a las personas inmersas en las áreas de influencia del páramo, con el fin de sensibilizarlas con respecto al papel que cumplen estos ecosistemas como reservorios de agua y centros de biodiversidad de fauna y flora.
- Implementar un sistema de actividades productivas agropecuarias y de actividades ecoturísticas con la finalidad de disminuir la presión sobre el territorio, reduciendo de esta manera el cambio de uso de suelo.
- Implementar un sistema de monitoreo que permitirá canalizar acciones que garanticen la conservación del páramo, que por su fragilidad ha sido sujeto de un acelerado deterioro.
- La participación de las comunidades indígenas y servicios públicos en la gestión de conservación de páramos, es un factor determinante que facilitará la construcción de gobernabilidad local en el territorio altoandino, incorporando en forma gradual al sector privado, minero y turístico.

REFERENCIAS

- Acuerdo Ministerial N°028 (2015). Sustitución del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria. Registro Oficial Edición Especial N°270, Quito, Ecuador, 13 de febrero de 2015.
- Aguilera, F. (2010). Using Landscape matrices to analyze urban spatial patterns in the Metropolitan area of Granada. *Anales de Geografía*, 30(2), 9-29.
- Aizen, M. y Feinsinger, F. (1994). Forest Fragmentation, Pollination, and Plant Reproduction in a Chaco Dry Forest, Argentina. *Ecology*, 75, 330-351.
- Altamirano, M. (2013). *Estudio hidro químico y de calidad del agua superficial en la cuenca del río Mira* (Tesis de Pregrado). Universidad Central del Ecuador, Quito.
- Aronson, J., Milton, S. y Blignaut, J. (2007). *Restoring Natural Capital: Science, Business and Practice*. Washington DC: Island Press.
- Aronson, J., Blignaut, J., Milton, S., Le Maitre, D., Esler, K., Limouzin, A., Fontaine, C., De Wit, M., Murgido, A., Prinsloo, P., Van der Elst, L. y Lederer, N. (2010). Are socioeconomic benefits or restoration adequately quantified? A metanalysis of recent papers (200-2008) in Restoration Ecology and 12 other scientific journals. *Restoration Ecology*, 18 (2), 143-154.
- Auz, A. (2012). *Sostenibilidad Ambiental del Plan de Actuación Especial en situaciones de alerta por eventual sequía y contaminación en la cuenca alta del río Mira en la provincia del Carchi* (Tesis de Pregrado). Universidad San Francisco de Quito, Quito.
- Badii M., y Landeros, J. (2006). Cuantificación de la fragmentación del paisaje y su relación con la Sustentabilidad. *International Journal of Good Conscience*, 2(1), 26-38.
- Balslev, H. y Luteyn, J. (1992). *Paramo: an Andean Ecosystem under Human Influence*. Michigan, Academic Press Inc.
- Bare, M. (2014). Forest Restoration in the Tropical Andes: Active conservation in a Biodiversity Hotspot. *Tropical Resources Bulletin*, 32(2), 5-14.

- Bebbington, A. y Perreault, T. (1999). Social Capital, development, and access to resources in Highland Ecuador. *Economic Geography*, (75), 395-418.
- Bellarte, C., Leclerc, C., Leroy, B., Bakenes, M., Veliz, S., Thyiller, W. y Courchamp, F. (2014). Vulnerability of biodiversity Hotspots to global change. *Global Ecology and Biogeography*, 42, 2-12.
- Beltrán, K., Salgado, S., Cuesta, F., Yáñez, S., Romoleroux, K., Ortiz, E. y Velástegui, A. (2010). *Distribución Espacial, Sistemas lógicos y Caracterización Florística de los Páramos en el Ecuador*. Quito: Ediecuatirial.
- Bender, O., Boehmer, H., Jean, D. y Shumacher, K. (2005). Using GIS to analyze long-term cultural Landscape change in Southern Germany. *Landscape and Urban Planning*, 70, 111-125.
- Bierregaard, R., Lovejoy, T., Kapos, V., Santos, A. y Hutchings, R. (1992). The Biological Dynamics of Tropical Rain-Forest Fragments. *BioScience*, 42, 859-866.
- Boada, C. y Campaña, J. (2008). Composición y diversidad de la flora y la fauna en cuatro localidades en la provincia del Carchi. Un reporte de las evaluaciones ecológicas rápidas. EcoCiencia y GPC. Quito.
- Bocco, G., Mendoza, M. y Masera, O. R. (2001). La dinámica del cambio del uso del suelo en Michoacán. Una propuesta metodológica para el estudio de los procesos de deforestación (parte 1), *Investigaciones Geográficas (Mx)*, 18-38.
- Bosque, J. y García, R. (2000). "El uso de los sistemas de información geográfica en la planificación territorial". *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, 12, 49-67.
- Bota, C., Cox, N., Jiménez, L., Lasso, C., y Tognelli, M. (2016). *Estado de conservación y distribución de la biodiversidad del agua dulce en los Andes Tropicales, USA*.
- Botequilla, A. y Aguilera, F. (2012). Selección de métricas de paisaje mediante análisis de componentes principales para la descripción de los cambios de uso y cobertura de suelo del Algarde, Portugal. *Geofocus*, 12 (2), 122-31.

- Bremer, L. K. (2016). Changes in carbon storage with land management promoted by payment for ecosystem services. *Environmental Conservation*, 43(4), 397-407.
- Burbano, N., Becerra, S. y Pasquel, E. (2014). *Introducción a la hidrológica del Ecuador*. INAMHI. Quito.
- Burel, F y Baudry, J. (2001). *Ecología del paisaje: conceptos, métodos y aplicaciones*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa Libros SA.
- Buytaert, W., Célleri, R., De Bièvre, M., y Cisneros, F. (2010). Hidrología del páramo andino: propiedades, importancia y vulnerabilidad. *Colombia tiene Páramos*, 2, 8-27.
- Calvo-Alvarado, J.(2009). Bosque, cobertura y recursos forestales 2008. Informe Estado de la Nación. Capítulo Armonía con la Naturaleza. XV Informe Estado de la Nación. San José, CR, *El Informe*.
- Camacho, C., y Mejía, A. (2011). *Restauración ecológica del campus de la Institución (7)*. Colombia.
- Camacho, J., Pérez, J., Pineda, N., Cadena, E., Bravo, L. y Sánchez, M. (2015). Coverage/land use change in a portion of the Mountainous Mexican Transition Zone. *Madera y Bosque*, 21(1), 93-112.
- Cayuela, L., Benayas, J. y Echeverría, C. (2006). Clearance and fragmentation of tropical montane forests in the Highlands of Chiapas, Mexico (1975-2000). *Forest Ecology and Management*, 226(3), 208–218.
- Chuvieco, E. (2008). *Teledetección Ambiental. La observación de la tierra desde el espacio* (3 ed.). (Planeta, Ed.) Barcelona, España
- Clewell, A. y Aronson, J. (2013). Principles, Values, and Structure of an Emerging Profession. *Ecological Restoration*.
- Código Orgánico del Ambiente (COA) (2017). Registro Oficial Suplemento 983, Quito, Ecuador, 12 de abril de 2017.
- Convención de Ramsar y Grupo de Contacto EHAA (2008). Estrategia Regional para la Conservación y Uso Sostenible de Humedales Altoandinos. Gobiernos de Ecuador y Chile, CONDESAN y TNC-Chile.
- Congreso de los Estados Unidos Mexicanos. (2000). Ley General de Vida Silvestre. Diario Oficial de la Federación.

- Conrado, R., Galindo, A. y Angulo, A. (2012). *ECOLOGÍA y educación ambiental*. Universidad Autónoma de Sinaloa. México.
- Constitución de la República del Ecuador (20 de octubre de 2008). Registro Oficial, 449. Ciudad Alfaro Asamblea Constituyente.
- Coppus, R., L. Endara, M. Nonhebel, V. Mera, S. León Yáñez, P. Mena Vásconez, J. Wolf y Hofstede. R. (2001). *El estado de salud de algunos páramos del Ecuador: Una metodología de campo*. Quito. 219-240
- Cordero, I. (2013). *Evaluación de la Gestión Territorial de la Cuenca del río Paute, Estrategias y Líneas de Acción para Esperarlas*. Cuenca.
- Crespo, P., Célleri, R., Buytaert, W., Ochoa, B., Cárdenas, I., Iñiguez, V., Borja, P. y Bert De Bièvre. (2014). *Avances en investigación para la conservación de los páramos andinos*, CONDESAN.
- Crissman, Ch. (2003). *La agricultura en los páramos: estrategias para el uso del espacio*. Lima, CONDESAN.
- Damián, D., Rodríguez, M., Santillán, P., Recalde, C y Cargua, F. (2016). Análisis del cambio de clases de cobertura de suelo en la microcuenca del río Pomacocho mediante técnicas de teledetección (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- Dramstad, W., Sundli, M., Fjellstad, W. y Fry, G. (2006). "Relationships between visual landscape preferences and map-based indicators of landscape structure". *Landscape and Urban Planning*, 78, 465–474.
- Eastman, J. (2012). *IDRISI Selva Guía para SIG y Procesamiento de Imágenes*.
- Echeverría, C., Bolados, G., Rodríguez, J., y Aguayo, M. (2014). Ecología del Paisaje Forestal. En Donoso, C., y Lara, A, (Ed), *Ecología Forestal Bases para el Manejo Sustentable y Conservación de los Bosques Nativos de Chile* (pp. 584-604). Chile: UACH.
- Echeverría, C., Coomes, D., Salas, J., Rey-Benayas, J., Lara, A. y Newton, A. (2006). Rapid deforestation and fragmentation of Chilean Temperate Forests. *Biological Conservation*, 130(4), 481–494.
- FAO. (1996). *Nociones ambientales básicas para profesores rurales y extensionistas*. Ecología y Enseñanza Rural. 131.

- FAO. (2012). *Mainstreaming climate-smart agriculture into a broader Landscape approach, Vietnam: Documento de antecedentes para la Segunda Conferencia Mundial sobre Agricultura, Seguridad Alimentaria y Cambio Climático*. Hanoi, 3-7.
- FAO y GTIS. (2015). *Estado Mundial del Recurso Suelo (EMRS) – Resumen Técnico*. Italia: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Grupo Técnico Intergubernamental del Suelo.
- Fletcher, R.J. (2005). Multiple edge effects and their implications in fragmented landscapes. *Journal of Animal Ecology*, 74, 342-352.
- Flores, A. (2012). *Sostenibilidad Ambiental del Plan de Actuación Especial en situaciones de alerta por eventual sequía y contaminación en la cuenca alta del río Mira en la provincia de Carchi* (Tesis de Pregrado). Universidad San Francisco de Quito, Quito.
- Forman, R. y Godron, M. (1986). “Patches and structural components for a Landscape Ecology”, *Bioscience*, 31, 733-739.
- Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Carchi. (2015). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Provincia del Carchi*.
- González, M. (2007). Establecimiento y crecimiento en sus primeras etapas de diez especies arbustivas nativas, en la Microcuenca de Santa Rosa Jáuregui, Querétaro (Tesis de Posgrado). México: Universidad Autónoma de Querétaro.
- González, V. (2015). La dinámica del paisaje del valle del río Pisuerga desde una aproximación transversal (Siglo XX-XXI). *Análisis espacial y representación geográfica*, 7, 2-12.
- Granizo, T., Molin, M., Secaira, E., Herrera, B., Benítez, S., Maldonado, O. (2006). *Manual de planificación para la conservación de áreas PCA*. Quito: TNC y USAID.
- Grant, C. (2016). Principles and methods in Landscape ecology: Towards a science of Landscape. *Austral Ecology*, 33(3), 5-17.
- Hanski, I. 1999. Metapopulation dynamics. *Nature* 396:41-49
- Hall, L., Krausman, P. y Morrison, M. (1997). “The habitat concept and a plea for standard terminology”. *Wildlife Society*, 25, 173-182.

- Herzog, S., Nieto, J., Ohira, M., Poats, S., Rodney, L., Ruíz, D. y Trond, J. (2012), Five tered integrated climaterelated biodiversity vulnerability assessment in the Tropical Andes. *Science Peaks*, 3(7), 8-14.
- 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*. UICN, Quito, Ecuador.
- Hofstede, R., Coppus, R., Mena, P., Segarra, P., Wolf, J. y Sevink, J. (2002). The conservation status of tussock grass paramo in Ecuador. *Ecotropicos*, 15(1): 3-18.
- Hofstede, R. y Mena, P. (2006). Los páramos ecuatorianos. *Botánica Económica de los Andes Centrales*, 91-109.
- Imbernon, J. y Branthomme, A. (2001). Characterization of landscape patterns of deforestation in tropical rain forests. *Int. J. Rem. Sens*, 22(17), 53-65.
- INAMHI. (2005). *Estudio hidrológico del río Mira*. Quito – Ecuador
- INEGI. (2016). Instituto Nacional de Estadística y Geografía Satellites Landsat.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC. (2013). *Descripción y Corrección de Productos Landsat LDCM*. Bogotá, Colombia.
- Jiménez, E. (2019). “*Dinámica y modelamiento futuro de cambios y fragmentación en la cobertura y uso del suelo en la hoya de Loja en el periodo 2001 – 2016*” (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional de Loja, Loja.
- Jorgensen, P. y Ulloa, C. (1994). *Seed plants of the high Andes of Ecuador, a checklist*. *AAU Reports 34*. Department of Systematic Botany, Aarhus University, Aarhus.
- Kershaw, K. y Looney, J. (1985). *Quantitative and dynamic plant ecology*. Victoria, Canada: Edward Arnold.
- Lambin, E., Turner, B., Geist, H., Agbola, S., Angelsen, A., Bruce, j., Coomes, O., Dirzo, R., Fischer, G., Folke, C., George, P., Homewood, K., Imbernon, J., Leemans, R., Li, X., Moran, E., Mortimore, M., Ramakrishnan, P., Richards, J., Skanes, H., Steffen, W., Stone, G., Svedin, U., Veldkamp, Z., Vogel, C y Xu, Y. (2001). The causes of land-use and land-cover change: moving beyond the myths. *Global Environmental Change* 11(4): 261-269

- Levins, R. 1969. Some demographic and genetic consequences of environmental heterogeneity for biological control. *Bulletin of the Entomological Society of America* 15: 237-240.
- Ley Orgánica de tierras rurales y territorios ancestrales del Ecuador (2016). Registro Oficial Suplemento N°711, Quito, Ecuador, 14 de marzo de 2016.
- Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua (2014). Registro Oficial Suplemento N°305, Quito, Ecuador, 6 de agosto de 2014.
- Llambí, L y Cuesta, F. (2014). *La diversidad de los páramos andinos en el espacio y en el tiempo. Avances en Investigación para la Conservación en los Páramos Andinos*, Edition: 1st, Chapter: 1, Publisher: CONDESAN, Quito.
- Lloré, I. y Rodríguez, S. (2005). *Evaluación de impactos ambientales y Propuesta del plan de manejo ambiental del proyecto de riego Ambuquí* (Tesis de Pregrado). Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador.
- López, I. y Pita, S. (2001). *Medidas de concordancia: el índice de Kappa*. Unidad de Epidemiología Clínica y Bioestadística. Complejo Hospitalario-Universitario Juan Canalejo, Coruña, España.
- López, M., Gonzáles, J., Díaz, S., Castro, I. y García, M. (2007). Biodiversidad y bienestar humano: el papel de la diversidad funcional. *Ecosistemas*, 16(3), 68-79.
- Lozano, L., Gómez, F. y Valderrama, S. (2011). Estado de fragmentación de los bosques naturales en el norte del departamento del Tolima-Colombia. *Tumbaga*, 6, 125–140.
- Lozano, P., Armas, A. y Machado, V. (2016). Estrategias para la conservación del ecosistema páramo en Pulinguí San Pablo y Chorrera Mirador, Ecuador. *Enfoque UTE*, 7(4), 55-70.
- Luteyn, J. (1999). *Paramos: A Checklist of Plant Diversity, Geographical Distribution, and Botanical Literature*. New York, U.S.A. Board.
- Marrubio, M. (2004). La percepción remota y la tecnología SIG: Una aplicación en ecología del paisaje. *Geofocus*, 25(4), 1-24.
- MacLean, M. G., Congalton, R. G., 2013. PolyFrag: a vector-based program for computing lanscape metrics. *GIScience y Remote Sensing*, 50(6), 591- 603.

- Matteucci, Silvia. (1998). *La cuestión del patrón y la escala en la ecología del paisaje*. Buenos Aires: EUDEBA.
- McGarigal, K., Cushman, S., Neel, C. y Ene, E. (2002). *FRAGSTATS version 3.3. Spatial Pattern Analysis Program for Categorical Maps, users manual*. University of Massachusetts, Amherst.
- McGarigal, K., Cushman, S. A. y Ene, E. (2012). *FRAGSTATS v4: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical and Continuous Maps*. Department of Environmental Conservation, University of Massachusetts, Amherst.
- Medina, G. y Mejía, A. (2014). Análisis Multitemporal y multifractal de la desglaciación de la Cordillera Paron de los Andes de Perú. *Ecología Aplicada*, 13(1), 35-42.
- Mena, P. y Medina, G. (2001). *La biodiversidad de los páramos del Ecuador*. Proyecto Páramo y Abya Yala, Quito.
- Mena-Vásquez, P. y Ortiz, D. (2003). *Páramos y Bosques Andinos*. Serie Páramo (13).
- Millenium Ecosystem Assesment. (2005). *Ecosystem sans Human Well-Being: Biodiversity Synthesis*. World Resourses Institute, Washintong.
- Millington, A. y R. Alexander. (2000). *Vegetation mapping in the last three decades of the twentieth century*. In: A. Millington y R. Alexander, eds. *Vegetation mapping*. John Wiley y Sons, Chochester, Inglaterra. p:321-331.
- Ministerio del Ambiente. (2012). *Socio Bosque: Convenios para colectivos bosque y páramo*. Ecuador ama la vida. Quito.
- Ministerio del Ambiente. (2015). *Estadística de Patrimonio Natural: datos de bosques, ecosistemas, especies, captura de carbono y deforestación del Ecuador Continental*. Quito: POLIGRÁFICA.
- Molina, G. y Albarran, A. (2013). Análisis multitemporal y de la estructura horizontal de la cobertura de la tierra: Parque Nacional Yacambú, estado Lara, Venezuela. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, 22(1), 25 - 40.
- Morláns, M. (2005). *Introducción a la Ecología del Paisaje*. Doctorado en Conservación y Gestión del Medio Natural. Universidad Nacional de Catamarca. Catamarca.

- Mujica, E. (2002). *Paisajes Culturales en los Andes*. Lima: UNESCO, Fondo de Patrimonio Mundial.
- Muñoz, D., Rodríguez, M. y Romero, M. (2009). Análisis multitemporal de cambios de uso del suelo y coberturas, en la microcuenca las minas, corregimiento de La Laguna, municipio de Pasto, departamento de Nariño. *Revista De Ciencias Agrícolas*, 26(1), 11-24.
- NatureServe y EcoDesicion (2015). Biodiversity Hotspot of the Tropical Andes.
- Nájera, O., Bojórquez, J., Cifuentes, J. y Marceleño, S. (2010). Cambio de cobertura y uso del suelo en la Cuenca del Río Mololoa, Nayarit. *Biociencias I* (1):19-29
- Orlóci, László. (1988). *Detecting vegetation patterns*. ISI Atlas of Science.
- Organización de las Naciones Unidas. (1992). Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo aprobada en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y el Desarrollo. Río de Janeiro, Brasil: Organización de las Naciones Unidas.
- Orozco, C. (2015). Análisis de los Patrones Espaciales del paisaje en un corredor biológico del macizo colombiano, Cauca. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 13(1), 53-55.
- Paula, A., Zambrano, L. y Paula, P. (2018). Análisis Multitemporal de los cambios de la vegetación, en la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo como consecuencia del cambio climático. *Enfoque UTE*, 9(2), 125-137.
- Pauchard, A. Aguayo, M.y Alaback, P. (2006). *Cuantificando la fragmentación del paisaje: las métricas y sus significados ecológicos: Patrones y procesos a diferentes escalas*. Chile: Ed. Universitaria.
- PDOT (Plan De Desarrollo Y Ordenamiento Territorial De La Provincia De Imbabura), 2013.
- Peña-Cortés, F., Gutiérrez, P., Rebolledo, G., Escalona, M., Hauenstein, E., Bertrán, C., Schlatter, R. y Tapia, J. (2006). Determinación del nivel de antropización de humedales como criterio para la planificación ecológica de la cuenca del lago Budi, IX Región de La Araucanía, Chile. *Revista de geografía Norte Grande*, 36, 75-91.

- Petitpas, R. (2010). *Cambios de los Patrones Espaciales del Paisaje: Caso de estudio en un valle precordillera de la IX Región de Araucanía*. (Trabajo de Pregrado). Pontificia Universidad Católica de Chile. Chile.
- Pinos, N. (2016). Prospectiva del uso del suelo y cobertura vegetal en el Ordenamiento Territorial - Caso cantón Cuenca. *Estoa*, 9(5), 5-17.
- PNUMA. (2015). Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.
- Qi, Z. F., Ye, X. Y., Zhang, H. y Yu, Z. L. (2013). Land fragmentation and variation of ecosystem services in the context of rapid urbanization: The case of Taizhou city, China. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 28(4), 843–855.
- Quichimbo, P., Tenorio, G., G., Borja, P., Cárdenas, I., Crespo, P. y Célleri, R. (2012). Efectos sobre las propiedades físicas y químicas de los suelos por el cambio de la cobertura y uso del suelo: páramo de Quimsacocha al Sur de Ecuador. *Suelos Ecuatorianos*, 42(1), 138-153.
- Ramírez, N. (2017). *Correlación geológica, geoquímica y geofísica de la cuenca hidrográfica del río Mira: Cordillera occidental*. Universidad Central del Ecuador, Quito.
- Restrepo, N. (2008). Un marco conceptual y analítico para estimar la integridad ecológica a escala de paisaje. *ARBOR – CSIS*, 184(729), 31-44.
- Rodríguez, A. (2011). *Metodología para detectar cambios en el uso de la tierra utilizando los principios de la clasificación orientada a objetos, estudio de caso Piedemonte de Villavicencio*. Meta (Tesis de Maestría). Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.
- Rodríguez-Echeverry, J., Echeverría, C., Oyarzún, C. y Morales, L. (2017). Spatial congruence between biodiversity and ecosystem services in a forest landscape in southern Chile: basis for conservation planning, 38(3), 495–506.
- Rodríguez, J. (2014). *Evaluación del paisaje para la conservación de la biodiversidad de y servicios ecosistémicos en el centro-sur de Chile* (Tesis Doctoral). Universidad de Concepción, Chile.

- Rodríguez, J., Oyarzún, C. y Morales, L. (2018). Impact of land-use change on biodiversity and ecosystem services in the Chilean temperate forest. *Landscape Ecology*, 28(7), 17-34.
- Rodríguez, S. (2009). *Los cambios en el paisaje y su efecto sobre la distribución de las especies: modelización y aplicación a la conservación de las aves hábitats abiertos en paisajes mediterráneos* (Tesis Doctoral). Universidad de Lleida, Cataluña.
- Rutledge, D. (2003). Landscape indices as measures of the effects of fragmentation: can pattern reflect process. *Science Internal Series*, 98, 27-36.
- Santos, T. y Tellería, J. (2006). Pérdida y fragmentación del hábitat: efecto sobre la conservación de las especies T. *Ecosistemas*, 15(2), 3-12.
- Schneiders, A., Van Daele, T., Van Landuyt, W. y Van Reeth, W. (2012). Biodiversity and ecosystem services: complementary approaches for ecosystem management. *Ecol Indic*, 21(1), 123-133.
- Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo. (2017). Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021. Toda una Vida. Resolución N° CNP-003-2017.
- SER (Society for Ecological Restoration International. Sociedad internacional para la restauración ecológica). (2004). *Principios sobre SER International sobre la restauración ecológica*. Grupo de Trabajo sobre Ciencia y Política. (15).
- Sierra, R. (1996). *La deforestación en el Noroccidente del Ecuador: 1983-1993*. Quito: EcoCiencia.
- Sierra, R. (1999). *Propuesta preliminar de un sistema de clasificación de vegetación para el Ecuador Continental*. Quito: Proyecto INEFAN/GER-BIR.
- Simberloff, Dan. (1988). "The contribution of population and community biology to conservation science", *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, n. 19.
- Sobogal, C. y McGuire, D. (2015). Restauración de bosques y paisajes: conceptos, enfoques y desafíos que plantea su ejecución. *UNASYLVA*, 66(1), 3-11.
- Socio Bosque. (2018). *Sistematización de Socio Bosque*. Quito: MAE.
- Steinhoff, G. (2013). Ecological integrity in protected areas: two interpretations. *Seattle Journal of Environmental Law*, 14(3), 155-164.

- Torracchi, S., Tapia, M., Escudero, A. y de la Cruz, M. (2013). Deforestación en una región montañosa megadiversa en los Andes: dinámica del paisaje en el sur de Ecuador.
- Troll, Carl. (2003). Ecología del paisaje. *Gaceta Ecológica*, 68, 71-84.
- Turner, B. L. y Meyer, W. B. (1994). Global land use and land cover change: an overview, en W. B. Meyer y B. L. Turner ii, *Changes in land use and land cover: a global perspective*. Cambridge University Press.
- Turner IM, T Corlett R. (1996). The conservation value of small, isolated fragments of lowland tropical rain forest. *Trends Ecol Evol*, 11(8), 330-3.
- Turner, M.G. (2005).“Landscape Ecology: What is the state of the science?” *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 36, 319-344.
- Ulloa, R. (2013). *Biocorredores: una estrategia para la conservación de la biodiversidad, el ordenamiento territorial y el desarrollo sustentable en la Zona de Planificación 1 (Carchi, Imbabura, Esmeraldas y Sucumbíos)*. Dirección Provincial del Ambiente de Imbabura–Coordinación Zonal 1. Mesa Técnica de Trabajo de Biocorredores. Ministerio del Ambiente del Ecuador. Conservación Internacional Ecuador y Fundación Altrópico. Ibarra, Ecuador.
- Vargas, O., Díaz, J., Reyes, S. y Gómez, P. (2012). *Guías Técnicas Para La Restauración Ecológica De Los Ecosistemas de Colombia*. Grupo de Restauración Ecológica GREUNAL. Departamento de Biología Facultad de Ciencias Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D. C.
- Vargas O., Reyes, S., Gómez, P. y Díaz, J. (2010). *Guías técnicas para la restauración ecológica de ecosistemas*. Grupo de Restauración Ecológica. Departamento de Biología. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. 92.
- Vila, J., Vargas, D., Llaúsas, P. y Ribas, A. (2006). Conceptos y métodos fundamentales en ecología del paisaje (Landscape ecology). Una interpretación desde la geografía. *Análisis Geográfico*, 48(2), 151-166.
- World, Bank. (1992). World development report 1992. *Development and environment*. Oxford University Press. New York, EUA.

Zamora, M., García, N., Pérez, O., Benítez, G., Kolb, M., Schmidt, M. y Álvarez, J. (2014). Integridad del paisaje como indicador de calidad ambiental. *BEISA*, 12(2), 17-44.

