



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
INSTITUTO DE POSTGRADO**



MAESTRÍA EN GESTIÓN INTEGRAL DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS

**“DINÁMICAS DE USO DE LA TIERRA Y FRAGMENTACIÓN
ECOSISTÉMICA EN LA CORDILLERA ORIENTAL DE LA PROVINCIA DEL
CARCHI”**

**Trabajo de Investigación previo a la obtención del Título de Magíster en
Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas**

DIRECTOR:

MSc. Manuel Felipe Peralvo Cabezas

ASESOR:

Dr. José Alí Moncada Rangel

AUTORA:

Margarita Cumandá Vaca Sierra

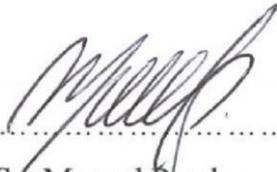
IBARRA - ECUADOR

2018

Aprobación del tutor

En calidad de tutor del Trabajo de Grado, presentado por la Ingeniera Margarita Cumandá Vaca Sierra, para optar por el grado Magister en Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas, doy fe de que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometidos a presentación (pública) y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En la ciudad de Ibarra a los 31 días del mes de julio de 2018.



MSc. Manuel Peralvo

C.C. 1801661412

Aprobación del Jurado

“DINÁMICAS DE USO DE LA TIERRA Y FRAGMENTACIÓN ECOSISTÉMICA EN LA CORDILLERA ORIENTAL DE LA PROVINCIA DEL CARCHI”

AUTOR: Margarita Cumandá Vaca Sierra

Trabajo de grado de Magister, aprobado en nombre de la Universidad Técnica del Norte, por el siguiente jurado, a los 31 días del mes de julio de 2018.

MSc. Manuel Felipe Peralvo Cabezas



.....

Dr. José Alí Moncada Rangel



.....

Autoría

Yo, Margarita Cumandá Vaca Sierra, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado, ni calificación profesional, que he consultado referencias bibliográficas que se incluyen en este documento y que todos los datos presentados son resultado de mi trabajo.



Margarita Cumandá Vaca Sierra

C.C. 1002870184



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

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

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del 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:	100287018-4		
APELLIDOS Y NOMBRES:	VACA SIERRA MARGARITA CUMANDA		
DIRECCIÓN:	AV. CARCHI 1-221		
EMAIL:	maggy040609@hotmail.com		
TELÉFONO FIJO:	06 2957895	TELÉFONO MÓVIL:	0960082707

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	DINÁMICAS DE USO DE LA TIERRA Y FRAGMENTACIÓN ECOSISTÉMICA EN LA CORDILLERA ORIENTAL DE LA PROVINCIA DEL CARCHI
AUTOR (ES):	MARGARITA CUMANDA VACA SIERRA
FECHA: DD/MM/AAAA	31/07/2018
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input type="checkbox"/> PREGRADO <input checked="" type="checkbox"/> POSGRADO
TITULO POR EL QUE OPTA:	MAGISTER EN GESTIÓN INTEGRAL DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS
ASESOR /DIRECTOR:	MSc. MANUEL FELIPE PERALVO CABEZAS

2. CONSTANCIAS

El autor (es) manifiesta (n) 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 es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 02 días del mes de Octubre de 2018.

LA AUTORA:

Nombre: Margarita Cumandá Vaca Sierra

Dedicatoria

A mis Padres, hermanos y sobrinos: Ruth y Ramiro; Tulia, Adriana, Lorena y Fabián; Camila, Taylor, Isabella y Ana Paula por su constante apoyo, impulso y cariño brindado durante esta etapa de mi vida.

Margarita Cumandá Vaca Sierra

Agradecimiento

A la Universidad Técnica del Norte e Instituto de Posgrado que me han brindado la oportunidad de continuar mis estudios en búsqueda de la superación profesional.

Al MSc. Manuel Peralvo, tutor de Tesis, por su guía durante el desarrollo de mi trabajo de investigación.

Al Dr. Alí Moncada por sus importantes aportes a este trabajo investigativo.

Al Consorcio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina (CONDESAN) por facilitar la información base para el desarrollo de este trabajo investigativo.

A mi familia por el apoyo constante y concederme momentos de dicha y desarrollo personal.

Margarita Cumandá Vaca Sierra

INDICE DE CONTENIDOS

Aprobación del tutor	2
Aprobación del Jurado	3
Autoría	3
Autorización de uso y publicación a favor de la Universidad Técnica del Norte	¡Error! Marcador no definido.
Autorización de uso a favor de la Universidad	¡Error! Marcador no definido.
Dedicatoria.....	6
Agradecimiento.....	7
INDICE DE CONTENIDOS	8
INDICE DE TABLAS	10
INDICE DE FIGURAS	11
INDICE DE ANEXOS	12
RESUMEN	13
ABSTRACT.....	14
CAPÍTULO I	15
EL PROBLEMA	15
1.1. Problema de la investigación.....	15
1.2. Objetivos de la investigación	16
1.2.1. Objetivo general	16
1.2.2. Objetivos específicos.....	16
1.3. Justificación.....	16
CAPITULO II.....	18
MARCO REFERENCIAL	18
2.1. Antecedentes	18
2.2 Referentes teóricos	20
2.2.1 Ocupación del suelo	20
2.2.2 Presión Antrópica	20
2.2.3 Ecosistema.....	21
2.2.4 Escala.....	21
2.2.5 Ecología del paisaje.....	21
2.2.6 Paisaje.....	22
2.2.6.1 Características esenciales de un paisaje	22
2.2.6.2 Estructura del paisaje.....	22
2.2.6.3 Unidad mínima de paisaje (tesela)	23

2.2.6.4 Heterogeneidad del paisaje.....	23
2.2.7 Fragmentación.....	23
2.2.8 Índices del paisaje	25
2.3 Marco Legal	28
2.3.1 Constitución Política de la República del Ecuador 2008	28
2.3.2 Ley Aprobatoria del Convenio de Diversidad Biológica	29
2.3.3 Metas de biodiversidad de Aichi en los objetivos de desarrollo sostenible	29
2.3.4 Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021. Toda una vida.....	29
2.3.6 Código Orgánico del Ambiente.....	29
2.3.7 Acuerdo Ministerial 064- MAE	31
2.3.8 Acuerdo Ministerial 083- MAE	33
CAPITULO III.....	34
MARCO METODOLÓGICO	34
3.1. Descripción del área de estudio.....	34
3.1.1 Localización:	34
3.1.2 Superficie y límites:.....	35
3.1.3 Áreas bajo manejo y conservación dentro del área de estudio:.....	35
3.2 Diseño y tipo de investigación	35
3.3 Procedimiento de la investigación.....	36
3.3.1 Validación del Análisis de cambio de cobertura y uso de la tierra para el ACUS COC realizado por CONDESAN (2017).....	36
3.3.2 Cálculo y análisis de indicadores de presión antrópica y fragmentación de ecosistemas del ACUS COC	38
3.3.3.Propuesta de lineamientos generales para promover la gestión sostenible del ACUS COC.	42
CAPITULO IV	43
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	43
4.1 Validación del análisis de cambio de cobertura y uso de la tierra para el ACUS COC realizado por CONDESAN.	43
4.2 Cálculo y análisis de indicadores de presión antrópica y de fragmentación de coberturas naturales en los periodos 1991- 2001 y 2001-2017 de la cordillera oriental de Carchi.	44
4.3 Propuesta de lineamientos generales para promover la gestión sostenible del ACUS COC.	60
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	63
Conclusiones	63
Recomendaciones.....	64
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	65

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ubicación geográfica y límites del área de estudio.....	35
Tabla 2. Listado de imágenes Landsat usadas en monitoreo de CCUT	36
Tabla 3. Descripción de coberturas consideradas en el estudio, de acuerdo a la clasificación de CONDESAN (2016)	37
Tabla 4. Intersección de bases de datos para aplicación del índice CONVER	40
Tabla 5. Contingencia USUARIO x PRODUCTOR.....	44
Tabla 6. Indicador de presión INTER que reporta el incremento porcentual anual de las clases antrópicas de cobertura y uso de la tierra respecto al área total de cada paisaje.....	45
Tabla 7. Cambios multitemporales de coberturas naturales y antrópicas en los dos paisajes de estudio.....	46
Tabla 8. Indicador de presión CONVER que registra el porcentaje de un ecosistema natural convertido a usos del suelo antrópicos en los dos paisajes analizados	50
Tabla 9. Conversión de coberturas naturales y antrópicas en el Pg para los dos periodos de estudio.....	55
Tabla 10. Conversión de coberturas naturales y antrópicas en el ACUS para los dos periodos de estudio.....	56
Tabla 11. Cambio en el indicador de presión LPI a nivel de paisaje para clases seleccionadas de CUT	56
Tabla 12. Cambio en el indicador de presión Longitud Total del borde (TE) en km y número de parches (NP) a nivel de paisaje	58

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Modelo estructural del paisaje matriz-mancha corredor.....	23
Figura 2. Estados de creciente fragmentación del hábitat	24
Figura 3. Mapa Base – Área de Conservación y uso sustentable de la cordillera oriental de Carchi	34
Figura 4. Cambios multitemporales de cobertura en la categoría de bosque natural	47
Figura 5. Cambios multitemporales de cobertura en la categoría de vegetación arbustiva	48
Figura 6. Cambios multitemporales de cobertura en la categoría de páramo.....	48
Figura 7. Cambios de cobertura multitemporales en la categoría de cultivos	49
Figura 8. Cambios multitemporales de cobertura en la categoría de pastos.....	50
Figura 9. Conversión de la vegetación arbustiva a cultivos	51
Figura 10. Conversión de la vegetación arbustiva a pastos	52
Figura 11. Conversión de bosque natural a cultivos.....	52
Figura 12. Conversión de bosque natural a pastos	53
Figura 13. Área convertida a cultivo de papas, sector Playa Alta, parroquia El Carmelo, provincia del Carchi, mayo 2017	53
Figura 14. Cambio de uso del suelo de vegetación arbustiva a cultivo de cebolla, parroquia La Paz, mayo 2017.....	54
Figura 15. Conversión de páramo a cultivos	54
Figura 16. Conversión de páramo a pastos.....	55
Figura 17. Fragmentación del bosque natural, cuenca alta del río Chingual, parroquia de Julio Andrade, mayo 2017.	57
Figura 18. Análisis del número de parches con coberturas naturales y longitud de borde en el Pg.....	58
Figura 19. Análisis del número de parches con coberturas naturales y longitud de borde en el paisaje ACUS	59
Figura 20. Ampliación de la frontera agrícola, sector de El Chamizo, Montúfar, Carchi, febrero 2018	59

INDICE DE ANEXOS

Anexo A. Categorías de CUT utilizadas por CONDESAN	68
Anexo B. Ubicación de puntos de control para validación de bases de datos de CUT 2017	69
Anexo C. Mapa Base del área de estudio	71
Anexo D. Mapa de ubicación de puntos de control para validación de bases de datos de CUT 2017	72
Anexo E. Mapa de ubicación de paisajes- Cordillera oriental de Carchi	73
Anexo F. Mapa de cobertura y uso de la tierra 1991	74
Anexo G. Mapa de cobertura y uso de la tierra 2001	75
Anexo H. Mapa de cobertura y uso de la tierra 2017	76
Anexo I. Mapa de cambios de CUT 1991-2001	77
Anexo J. Mapa de cambios de CUT 2001-2017	78
Anexo K. Mosaico agropecuario, sector de El Aljún, parroquia El Carmelo, febrero 2018	79
Anexo L. Mosaico agropecuario, sector Quebrada El Oso, parroquia San Gabriel, julio 2017 ..	79
Anexo M. Mosaico agropecuario, sector de Raygras, parroquia Monte Olivo, mayo 2018.....	80
Anexo N. Cobertura de bosque natural en las orillas del Río San Miguel, parroquia Monte Olivo	80
Anexo O. Páramo de Mondragón, cantón Bolívar, mayo 2017	81
Anexo P. Vegetación arbustiva, sector Tuquer, cantón Montúfar, mayo 2017	81
Anexo Q. Uso agrícola del suelo, sector Athal, cantón Montúfar, mayo 2017	82
Anexo R. Reservorio de agua para riego sobre los 3240 m.s.n.m., sector Tuquer, cantón Montúfar, mayo 2017	82
Anexo S. Uso ganadero del suelo, El Carmelo, noviembre 2017	83
Anexo T. Sistema silvopastoril con plantaciones de árboles en callejones siguiendo las curvas de nivel, sector Agua Fuerte, parroquia El Carmelo, enero 2017	83
Anexo U. Pastoreo de ganado vacuno en áreas de fuerte pendiente, parroquia El Carmelo, mayo 2017.....	84
Anexo V. Dilución de agroquímicos para tratar plagas en cultivo de papas, sector Playa Alta, parroquia El Carmelo, mayo 2017	84

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
INSTITUTO DE POSGRADO
PROGRAMA DE MAESTRÍA EN GESTIÓN INTEGRAL DE
CUENCAS HIDROGRÁFICAS

“DINÁMICAS DE USO DE LA TIERRA Y FRAGMENTACIÓN
ECOSISTÉMICA EN LA CORDILLERA ORIENTAL DE LA PROVINCIA DEL
CARCHI”

Autora: Margarita Cumandá Vaca Sierra

Tutor: Manuel Felipe Peralvo Cabezas

Año: 2018

RESUMEN

Esta investigación analiza las dinámicas de cambios de cobertura y uso de la tierra (CCUT) y fragmentación de coberturas naturales ocurridas en los últimos 26 años en la cordillera oriental de la provincia del Carchi. Partiendo de información documental, estadística y cartográfica desarrollada por el Consorcio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina (CONDESAN), se procedió a validar la base de datos de cobertura y uso de la tierra (CUT) 2017. Se calculó el índice Kappa de Cohen y se catalogó como una base de datos útil para este estudio. Posteriormente, se aplicaron indicadores de presión antrópica INTER y CONVER para conocer el cambio porcentual anual de la prevalencia de áreas intervenidas en el paisaje y el porcentaje de coberturas naturales convertidas a usos antrópicos. Se calcularon tres índices de fragmentación de hábitat donde se obtuvo el número de parches con coberturas naturales (NP), tamaño del parche más representativo (LPI) y longitud del borde de interacción entre coberturas naturales y antrópicas (TE) aplicado en los dos paisajes y periodos estudiados. Los resultados establecen que las dinámicas de presión antrópica en el área de estudio no son estáticas ni se presentan en igual magnitud en los paisajes y periodos analizados, permitiendo detectar modificaciones respecto a la estructura del paisaje y disminuyendo en mayor incidencia las coberturas con bosque natural y vegetación arbustiva, dando paso a la ampliación de la frontera agrícola y su consecuente alteración en los flujos e interacciones entre ecosistemas y los patrones de perturbación generados. Finalmente, se definieron lineamientos generales para implementar la gestión sostenible del ACUS COC indicando que se requiere el involucramiento activo de los actores que operan en el área, la implementación de prácticas para el manejo sostenible de la tierra, además del establecimiento de un riguroso control para limitar el avance de la frontera agrícola.

Palabras clave: Cambios de cobertura de uso de la tierra. Fragmentación. Ecosistemas naturales. Paisaje. Frontera agrícola. Gestión. Prácticas de manejo sostenible de la tierra.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
INSTITUTO DE POSGRADO
PROGRAMA DE MAESTRÍA EN GESTIÓN INTEGRAL DE
CUENCAS HIDROGRÁFICAS

**"DYNAMICS OF THE LAND USE AND ECOSYSTEM
FRAGMENTATION IN THE EASTERN MOUNTAINS OF THE CARCHI
PROVINCE"**

Author: Margarita Cumandá Vaca Sierra

Tutor: Manuel Felipe Peralvo Cabezas

Year: 2018

ABSTRACT

This research analyzes the dynamics and coverage changes and land use (LUCC) and fragmentation of natural coverage occurred in the last 26 years in the eastern mountain of the Carchi province. Based on a data, statistical and cartographic information developed by the Consorcio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina (CONDESAN), the database of coverage and land use (LUC) 2017 was validated. Then the Cohen's Kappa index was obtained, and it was cataloged as a useful database for this study. Later, indicators of anthropic pressure INTER and CONVER were applied to know the annual percentage change in the prevalence of areas intervened in the landscape and the percentage of natural coverage transformed into anthropic uses. Three indices of habitat fragmentation were calculated where the number of patches with natural cover (NP), the most representative patch size (LPI) and the edge length of interaction between natural and anthropic coverings (TE) were applied in the two landscapes and periods studied. The results were that the anthropic pressure dynamics in the study area are not static nor they appear in the same magnitude in the landscapes and periods analyzed, allowing to detect modifications with respect to the structure of the landscape and decreasing in greater incidence the coverage with natural forest and shrub vegetation, giving way to the expansion of the agricultural frontier and its consequent alteration in the flows and interactions between ecosystems and the disturbance patterns generated. Finally, general guidelines were defined to implement the sustainable management of the ACUS COC indicating that it requires the active involvement of the actors operating in the area, the implementation of practices for the sustainable management of the land, as well as the establishment of a rigorous control to limit the advance of the agricultural frontier.

Keywords: coverage changes and land use. Fragmentation. Natural ecosystems. Landscape. Agricultural border. Management. Sustainable land management practices.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1. Problema de la investigación

La tala y quema de bosques nativos, la ampliación de la frontera agrícola, la consecuente conversión de uso de la tierra y la permanencia de actividades agrícolas y pecuarias gregarias en la cordillera oriental de Carchi, generan dinámicas de cambio y fragmentación de los ecosistemas naturales (Boada, Buitrón, Salgado y Tobar, 2008), factores que inciden en la generación y regulación de bienes y servicios ambientales en dicha área.

CONDESAN (2016a), explica que existen pérdidas en áreas de bosque natural y páramo. Para el período comprendido entre 1991 – 2001, la conversión del bosque a áreas de uso antrópico fue de 289 ha y de páramo en 232 ha; mientras que, para el período consecutivo 2001-2016 dicha cifra disminuyó a 224 ha y 139 ha respectivamente; lo que implica que los regímenes de uso de la tierra, dinámicas de conversión de coberturas naturales a antrópicas y aumento de los índices de fragmentación, no son sostenibles en el tiempo. En este contexto, las acciones se pueden catalogar como amenazas que, sumadas a la vulnerabilidad de los ecosistemas naturales, incrementa el riesgo ambiental en las cabeceras de las cuencas hidrográficas de la cordillera oriental del Carchi.

Para adoptar medidas encaminadas al manejo integral y sostenible de las cuencas hidrográficas y recursos naturales que posee la cordillera oriental de Carchi es necesario contar con información documentada del área de estudio, respecto a trayectorias de conversión de ecosistemas naturales, integridad de los parches con coberturas naturales y del estado de conectividad entre ellos.

Este estudio responde a las siguientes preguntas de investigación: ¿cuáles fueron los cambios de cobertura y uso de la tierra en los ecosistemas naturales en la cordillera oriental de Carchi y dentro del ACUS COC para los periodos 1991-2001 y 2001-2017? y ¿cuál es el estado de los parches con coberturas naturales que se encuentran en el área de estudio? y ¿Cómo promover una gestión sustentable del ACUS COC con base a los patrones de uso y cobertura de la tierra en los últimos 26 años?

1.2. Objetivos de la investigación

1.2.1. Objetivo general

Caracterizar los vínculos entre dinámicas de uso de la tierra y la fragmentación ecosistémica en la cordillera oriental de la provincia del Carchi.

1.2.2. Objetivos específicos

- Validar la base de datos de cobertura y uso de la tierra para el Área de Conservación y Uso Sustentable Provincial de la Cordillera Oriental de Carchi (ACUS COC) realizado por CONDESAN.
- Analizar los indicadores de presión antrópica y de fragmentación de coberturas naturales en los periodos 1991- 2001 y 2001-2017 de la cordillera oriental de Carchi.
- Proponer lineamientos generales para promover la gestión sustentable del ACUS COC.

1.3. Justificación

Este estudio está enmarcado en la línea de investigación: Biotecnología, energía, y recursos naturales renovables, propuesta por la Universidad Técnica del Norte para el desarrollo de estudios de investigación a nivel de pregrado y postgrado. Además contribuye al cumplimiento del objetivo 3 del Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021, ya que tiende a garantizar los derechos de la naturaleza para las actuales y futuras generaciones a través del cumplimiento de las políticas de conservación, recuperación, regulación y aprovechamiento sustentable del patrimonio natural.

El ACUS COC fue creada con el objetivo de preservar el ambiente, conservar los ecosistemas, dar un uso sostenible de la biodiversidad, prevenir el daño ambiental y recuperar los espacios naturales degradados de acuerdo al Capítulo I de la Ordenanza que crea el Área de Conservación y Uso Sustentable Provincial a la Cordillera Oriental de Carchi (2015). Sin embargo, no existían estudios concretos respecto a los efectos de las acciones antrópicas que inciden en la estructura de los ecosistemas naturales en esta cordillera; razón por la cual, fue necesario conocer las dinámicas de cambio de cobertura y uso de la tierra (CCUT) y de fragmentación de hábitats presentes en la misma, con lo que se pretende llenar este vacío de información y suministrar resultados útiles para dar solución a los retos ambientales contemporáneos tendientes a la gestión sostenible en la cordillera oriental de Carchi.

Dentro del ACUS, se distribuyen cinco ecosistemas naturales de acuerdo al mapa de ecosistemas del Ecuador continental (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2012a), la zona alberga especies de fauna que según el libro rojo de mamíferos del Ecuador, se encuentran en peligro de extinción como *Tremarctos ornatus* (oso de anteojos), en peligro crítico *Tapirus pinchaque* (tapir andino), dentro de las especies vulnerables (vu) están *Puma concolor* (puma), *Leopardus pajeros* (gato de las pampas), *Lycalopex culpaeus* (lobo de páramo), *Mazama rufina* (venado de páramo), *Nasuella olivacea* (cuchucho) y el *Coendon quichua* (puerco espín andino), especies casi amenazadas (nt) como *Mormoops megalophylla* (murciélago rostro de fantasma), y sin información suficiente *Agouti taczanowskii* (sacha cuy) (Boada, Buitrón, Salgado, & Tobar, 2008). Además esta zona proporciona bienes y servicios ambientales como la generación y regulación hídrica; donde, se han identificado 96 captaciones provenientes de varios tipos de fuentes como: quebradas, ríos y vertientes (CONDESAN, 2016b), que son para consumo humano, abrevadero y riego; abasteciendo así, a las necesidades de la población y a las actividades agrícolas y ganaderas de los pobladores de la cordillera oriental de la provincia del Carchi.

Es importante recalcar que a partir del 07 de julio de 2009, se encuentra vigente en Ecuador la Política de Ecosistemas Andinos del Ecuador (PEAE), con las respectivas estrategias de intervención establecidas en el acuerdo Ministerial 064, sobre manejo de ecosistemas frágiles, especialmente el páramo y bosque andino. Actualmente, en la provincia del Carchi, son pocas las iniciativas encaminadas a cumplir con este mandato. Considerando que el ACUS COC se encuentra cubierta por 224 hectáreas de páramo y 139 hectáreas a bosque andino (CONDESAN, 2016a); es necesario contar con un estudio complementario que permita conocer la fragmentación de ecosistemas naturales ocurrida en la cordillera oriental de la Provincia del Carchi a partir del año 1991.

CAPITULO II

MARCO REFERENCIAL

2.1. Antecedentes

Gómez, Anaya y Álvarez (2005), consideran que los bosques montanos de la ecorregión del norte de los Andes, corresponde a uno de los ecosistemas con mayor biodiversidad a nivel mundial; y, contrastando esta característica, también es uno de los más amenazados. El ser humano en su afán de producir la tierra ha ido tomando permanentemente los recursos naturales de los distintos ecosistemas, sin considerar si las tasas de regeneración natural, periodos de retorno y ciclos naturales van acorde con el ritmo de extracción y aprovechamiento de estos recursos, generando deforestación, pérdida y fragmentación de hábitats naturales (Armenteras & Villa, 2006).

En la actualidad más del 80% de la superficie terrestre se encuentra bajo influencia directa o indirecta de regímenes de uso del suelo. En el periodo entre 1700 y 1992 se cuantifica una conversión del 15% de ecosistemas naturales a cultivos (Ramankutty y Foley, 1999) y el 25% de la superficie terrestre es utilizada bajo sistemas de pastoreo (Asner, Elmore, Olander, Martin, y Harris, 2004). Los procesos de cambio de cobertura y uso de la tierra no son estáticos, representan modificaciones substanciales en los procesos ecosistémicos afectando a los patrones de biodiversidad y a los procesos de provisión de bienes y servicios ambientales (Peralvo y Cuesta, 2014a).

En el año 2012, el Ministerio del Ambiente del Ecuador, publicó las cifras del histórico de deforestación para el Ecuador continental, tomando en cuenta dos periodos consecutivos (1990-2000 y 2000-2008) y el 86% del territorio nacional (exceptuando áreas con coberturas de nubes en las bases de datos), los resultados se obtuvieron en función de la tasa anual de cambio medida en porcentaje y el número de hectáreas deforestadas por año; las cifras calculadas correspondieron a -0,71% que equivale a 89.944 ha/año en el primer periodo; y, -0,66% y 77.647 ha/año en el segundo periodo respectivamente.

En el caso de la provincia del Carchi, la deforestación anual promedio en el primer periodo analizado (1990-2000) fue de 1.636 ha/año; y, de 92 ha/año en el segundo periodo (2000-2008), ubicando a esta provincia entre las menos deforestadas a nivel nacional; no

obstante, reporta valores negativos que corresponden a pérdida de coberturas naturales (Ministerio del Ambiente, 2012b).

Dentro de los esfuerzos por integrar al Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP) superficies con coberturas naturales y/o poco intervenidas de la cordillera oriental de la provincia del Carchi que proveen de bienes y servicios ambientales, especialmente el recurso hídrico; el Gobierno Autónomo Descentralizado de la provincia del Carchi (GADPC), el Consorcio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina (CONDESAN), los Gobiernos municipales de San Miguel de Tulcán, San Pedro de Huaca, Montúfar y Bolívar; los Gobiernos parroquiales de El Carmelo, Julio Andrade, Mariscal Sucre, Fernández Salvador, Piartal, La Paz, Monte Olivo y San Rafael; vienen trabajando en el desarrollo del Expediente Técnico del Área de Conservación y Uso Sustentable Provincial de la Cordillera Oriental de Carchi.

Al existir la voluntad política de los GADs involucrados; el 11 de noviembre del 2015, en el seno del Consejo del GADPC, se expidió la Ordenanza para la Creación del Área de Conservación y Uso Sustentable Provincial a la Cordillera Oriental del Carchi (ACUS COC), cuya finalidad está orientada principalmente a proteger, conservar y restaurar ecosistemas frágiles y amenazados; y, prioritariamente aquellos espacios de sensibilidad ecológica asociados al recurso hídrico de la cordillera oriental de Carchi.

En ese contexto, el Proyecto EcoAndes, financiado por el Fondo para el Medio Ambiente Mundial a través del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y ejecutado por CONDESAN, se encuentra apoyando al GADPC para el reconocimiento e incorporación del área al SNAP dentro del Subsistema Autónomo Descentralizado; como parte de este apoyo, se desarrolló un modelo de zonificación territorial para el ACUS COC enfocada en la protección, conservación y restauración de las principales áreas naturales; lo que implicó, realizar el análisis de cambio de cobertura y uso de la tierra para el ACUS COC en dos periodos, tomando en cuenta 1991 – 2001 y 2001 – 2017.

Para el desarrollo de este estudio se tomó como referencia la experiencia de Peralvo y Cuesta (2014b), realizada en Ecuador y Perú donde se evaluó la conversión de ecosistemas altoandinos: vínculos entre patrones y procesos a múltiples escalas en dos paisajes, el primero en los andes del norte del Ecuador en los páramos de Mojanda y Zuleta; y, el segundo en los andes occidentales de la ciudad de Cajamarca en Perú entre los distritos de Magdalena, Chetilla y Cajamarca.

Se revisó el estudio de análisis de fragmentación de los ecosistemas boscosos en una región de la cordillera central de los Andes colombianos, desarrollado por Gómez, Anaya y Álvarez en 2005, donde se detalla la metodología modificada de Dinerstein de 1995 para determinar el estado de conservación de la biodiversidad a partir de un análisis de métricas de paisaje para los ecosistemas boscosos de los valles de San Nicolás en Colombia.

Para complementar y fortalecer la interpretación de índices de presión antrópica y fragmentación se revisó el documento de Badii y Landeros del 2007, titulado como: cuantificación de la fragmentación del paisaje y su relación con sustentabilidad de la revista Daena.

2.2 Referentes teóricos

2.2.1 Ocupación del suelo. - La ocupación del suelo estudia las características de la superficie terrestre desde dos puntos de vista distintos, aunque relacionados entre sí:

Di Gregorio y Jansen (2000), explican que la cobertura de la tierra (Land Cover, LC) en un sentido muy puro y estricto, debe limitarse a describir la vegetación y las características artificiales. En consecuencia, las áreas donde la superficie consiste en roca desnuda o suelo desnudo están describiendo la tierra en sí en lugar de la cubierta de la tierra. Además, es discutible si las superficies de agua son cobertura real de la tierra. Sin embargo, en la práctica, la comunidad científica suele describir esos aspectos bajo el término cobertura de la tierra. Se trata de categorizar la superficie terrestre en distintas unidades según sus propiedades biofísicas (e.g. superficie urbana, cultivo, arbolado forestal, entre otros).

Estos autores indican que el uso de la tierra (Land Use, LU) se caracteriza por los arreglos, las actividades y los insumos que las personas realizan en un determinado tipo de cobertura terrestre para producirlo, cambiarlo o mantenerlo. La definición del uso de la tierra de esta manera establece un vínculo directo entre la cobertura de la tierra y las acciones de las personas en su entorno. Se trata de caracterizar al territorio de acuerdo con su dimensión funcional o su dedicación socioeconómica actual, (e.g. uso industrial, comercial, recreativo, entre otros)

2.2.2 Presión Antrópica. – Corresponde al impacto causado en el medio ambiente por las actividades humanas.

2.2.3 Ecosistema. - Corresponde al conjunto de componentes bióticos y abióticos que interactúan utilizando y transformando la materia y la energía disponible en el ambiente. Una forma de entender las relaciones entre los individuos y su entorno natural es mediante el estudio del ecosistema, que representa “la unidad básica de la naturaleza” la cual no sólo incluye aspectos biofísicos sino que incorpora al hombre como elemento transformador de éste a través del uso y manejo que de él realice (Armenteras y Villa, 2006)

Los mismos autores indican que los ecosistemas naturales son elementos fundamentales para la estabilidad de procesos globales como la regulación climática, hidrológica, energética y de biodiversidad de plantas y animales, además de proveer bienes y servicios esenciales para el hombre.

2.2.4 Escala. - Corresponde a las dimensiones espaciales y temporales de las entidades o fenómenos que observamos, lo que involucra mediciones y unidades de medición. Los objetos o eventos pueden ser caracterizados y diferenciados por sus escalas, como cuando hablamos del tamaño de un objeto o de la frecuencia de ocurrencia de un evento. Por regla general, deberíamos usar el término escala cuando somos capaces de asignar o identificar las dimensiones y unidades de medición de nuestro "objeto" de estudio (i.e., el ámbito en el cual realizamos las observaciones) (Cueto, 2006). La escala se define por el tamaño del paisaje estudiado u observado.

El factor de escala tiene una connotación importante a la hora de diseñar e implementar estrategias de manejo de ecosistemas naturales y transformados (Cotler, 2004).

2.2.5 Ecología del paisaje. – Corresponde a la disciplina científica que presenta un importante componente geográfico. Como punto de partida asume que la heterogeneidad espacio-temporal del paisaje, resultante de la interacción dinámica de las sociedades humanas con el medio, controla diversos movimientos y flujos de organismos, materia y energía. Uno de los principales objetos de estudio de dicha disciplina son las relaciones existentes entre los cambios estructurales del paisaje y la dinámica de poblaciones y comunidades silvestres, configurándose como un aspecto de gran aplicabilidad en las políticas de conservación de la biodiversidad y de planificación territorial con base ecológica (Gurrutxaga y Lozano, 2008).

Gurrutxaga *et al.* (2008) explica que la Ecología del Paisaje se caracteriza por estudiar el territorio a diferentes escalas espaciales, de forma integrada y con un enfoque sistémico; además que, en todo sistema o conjunto de elementos relacionados, las variaciones en las características de un elemento modifican al conjunto.

2.2.6 Paisaje. - El término paisaje tiene varias acepciones y su significado ha variado a través del tiempo. En su conceptualización más general, el paisaje se define como una porción de territorio con características propias, las que son el resultado de la interrelación de procesos naturales y antrópicos a lo largo del tiempo. Asimismo, el vocablo hace referencia al modo en que las personas perciben el territorio (Mazzoni, 2014)

Desde el punto de vista ecológico, el paisaje se concibe como un área que contiene un mosaico de parches o fragmentos; es decir, un conjunto heterogéneo de ecosistemas interactuantes que se repiten de manera similar hasta cierto punto o extensión (Mcgarigal y Marks, 1995).

2.2.6.1 Características esenciales de un paisaje. – Petitpas (2010), explica que las características de un paisaje son aquellas que se repiten en forma similar a través del mismo; entre las cuales se nombran: (a) la geomorfología y el clima; (b) los cúmulos de tipos de ecosistemas; (c) los flujos o interacciones entre los ecosistemas de un cúmulo y (d) los patrones de perturbaciones

2.2.6.2 Estructura del paisaje.- Gurrutxaga *et al* (2008), indican que la Ecología del Paisaje adopta un modelo estructural formado por tres tipos de elementos básicos: (1) la matriz que constituye el elemento espacial dominante y englobante en el que se insertan el resto de los elementos paisajísticos, (2) los parches o manchas son aquellos elementos espaciales no lineales insertos en la matriz, con características propias y bien diferenciadas de la misma y (3) los corredores que son los elementos lineales, que pueden aparecer en el paisaje aislados o bien conectando otros elementos (manchas) entre sí (Figura 1).

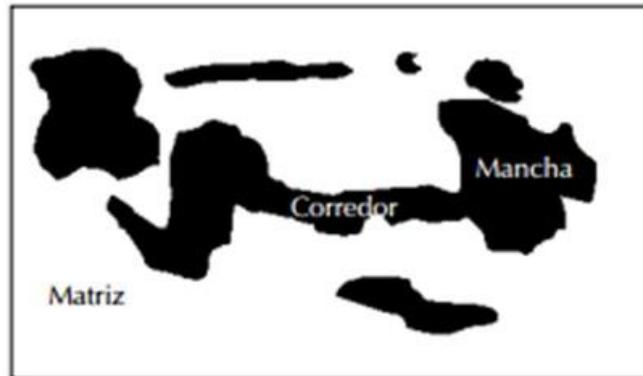


Figura 1. Modelo estructural del paisaje matriz-mancha corredor
 Nota: Gurrutxaga & Lozano, *Ecología del Paisaje* (2008), tomado de Forman y Godron (1986).

2.2.6.3 Unidad mínima de paisaje (tesela). - Un ecotopo corresponde a la unidad ecológica elemental definida espacialmente, es decir, la unidad homogénea mínima de paisaje cartografiable que representa la ubicación espacial de una unidad con características propias (Gurrutxaga y Lozano, 2008).

2.2.6.4 Heterogeneidad del paisaje. - Forman y Godron, (1986); Forman, (1995); Burel y Baudry, (1999) citados por Gurrutxaga *et al.* (2008), explican que la heterogeneidad estructural del paisaje viene marcada por la diversidad de elementos paisajísticos que contiene, así como por la complejidad de las relaciones espaciales entre éstos.

La teoría de la heterogeneidad del hábitat predice que una mayor heterogeneidad del paisaje se asocia con una mayor biodiversidad, al existir una mayor diversidad de tipos de hábitats (Gurrutxaga y Lozano, 2008)

En contraste, los niveles altos de heterogeneidad pueden estar asociados a un elevado grado de fragmentación de hábitats y a la consiguiente presencia de manchas muy pequeñas incapaces de albergar poblaciones viables de ciertos organismos. Así, el incremento de la diversidad asociado a la heterogeneidad puede presentar un valor máximo por encima del cual empiece a disminuir (Santos y Tellería, 2006).

2.2.7 Fragmentación. - Badii y Landeros (2007), explican que la fragmentación corresponde a un proceso a nivel de paisaje en el cual un ecosistema se subdivide en porciones más pequeñas, geométricamente más complejas y más aisladas, como resultado de procesos naturales como de actividades humanas; implica cambios en la composición, estructura y función del paisaje que puede ser medida en base a una caracterización previa de los ecosistemas presentes, mediante diversos tipos de índices de fragmentación.

Está estrechamente relacionada con el tamaño de las manchas de hábitat presentes en el paisaje, aunque en suma la superficie total de hábitat disponible sea la misma; un paisaje está más fragmentado cuanto menor es el tamaño de las manchas de hábitat y por consiguiente el número de fragmentos es mayor (Gurrutxaga, 2004).

La fragmentación es un proceso dinámico en el que el hábitat de los organismos se reduce progresivamente en parcelas más pequeñas que se vuelven más aisladas y afectadas por los efectos de borde (Forman y Godron, 1986) citado por (Echeverría, Coomes, Hall, y Newton, 2008). Este proceso puede conducir a un aumento en el aislamiento de los hábitats y a una modificación del funcionamiento del ecosistema que pone en peligro especies de plantas, mamíferos y aves (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, 2017).

La fragmentación es una de las principales amenazas que afectan a la diversidad biológica, misma que está asociada con efectos negativos de las acciones antrópicas, lo que ocasiona una pérdida importante de los hábitats, disminución e incluso la extinción de especies. (Gómez, *et al.* 2005)

Tendencias de la fragmentación. - Gurrutxaga *et al.*, (2008) explica que la alteración de los patrones espaciales de las manchas de hábitat, derivada de los procesos de fragmentación, se manifiesta a través de ciertas tendencias fundamentales, tal y como puede observarse en la Figura 2:

- a) disminución de la superficie total de hábitat,
- b) disminución del tamaño de los fragmentos,
- c) aumento del número de fragmentos,
- d) aumento de la separación entre los fragmentos,
- e) aumento de la relación perímetro/superficie de los fragmentos.

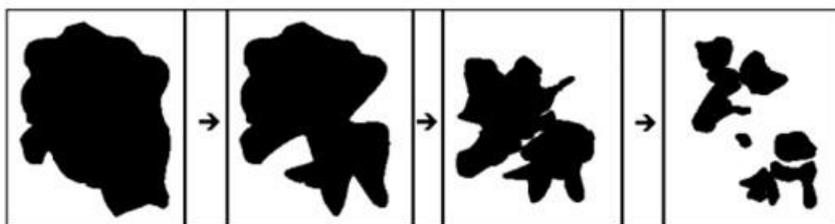


Figura 2. Estados de creciente fragmentación del hábitat

Nota: Tomado de Gurrutxaga & Lozano, Ecología del Paisaje (2008) tomado de tomado de Bennett (1999)

2.2.8 Índices del paisaje. - Conocidos también como métricas del paisaje o índices de la ecología del paisaje; se definen como un conjunto de medidas cuantitativas agregadas derivadas del análisis digital de mapas temáticos (Aguilera, 2010)

Los índices de paisaje aportan interesantes datos numéricos sobre la composición y la configuración de los paisajes, la proporción de cada cubierta del suelo o la superficie y la forma de los elementos del paisaje. Además, permiten una útil e interesante comparación entre distintas configuraciones paisajísticas, la misma área en distintos momentos temporales o la definición de escenarios futuros (Ibañez, 2009).

Vila, Varga, Llausàs, y Ribas (2006), indican que los métodos cuantitativos en ecología del paisaje son aplicables a un triple nivel:

- a) A nivel de fragmento (patch level). Los cálculos se aplican a cada fragmento individualmente. Es el nivel adecuado, por ejemplo, para determinar cuál es el fragmento de mayor superficie entre todos los representados.
- b) A nivel de clase (class level). Los cálculos se aplican a cada conjunto de fragmentos de la misma clase, es decir, a aquéllos que tienen el mismo valor o que representan el mismo tipo de uso del suelo, hábitat, etc. Es el nivel apropiado para calcular cual es la superficie que ocupa una determinada cobertura del suelo, como podrían ser los bosques, o cual es la extensión media ocupada por los fragmentos de bosque.
- c) A nivel de paisaje (landscape level). Los cálculos se aplican al conjunto del paisaje, es decir, a todos los fragmentos y clases a la vez. El resultado nos informa del grado de heterogeneidad o de homogeneidad del conjunto del área que se ha cuantificado.

Ibañez (2009), indica que los índices para la cuantificación formal del paisaje, han sido divididos en 5 categorías, a citar:

- Índices de área, superficie, densidad y variabilidad. - Esta categoría de índices se centra en las características de dimensión y en el número de fragmentos que conforman el área de estudio. Nos permite disponer de una primera aproximación general a las características morfológicas de un determinado paisaje. Cabe destacar los siguientes índices: (1) Área: calcula el área correspondiente a cada uno de los fragmentos, es un índice básico para la determinación de muchos otros. (2) Class Area: Calcula el área correspondiente al conjunto de fragmentos que constituyen una clase determinada. (3) Total Landscape Area: calcula el área que ocupan el conjunto total de fragmentos, es decir, el área correspondiente a todo el

territorio representado. (4) Number of Patches: número de fragmentos totales y número de fragmentos de cada clase. (5) Patch Density: número de fragmentos de cada clase por unidad de superficie. (6) Mean Patch Size: relación entre el área ocupada por una clase y el número de fragmentos correspondientes a aquella clase. (7) Patch Size Standard Deviation: medida de la variabilidad de tamaños de los fragmentos.

- Índices de forma. – Se fundamentan en las características de forma de los fragmentos que constituyen un determinado paisaje. Este tipo de cálculos se basa en la relación entre área y perímetro y facilita la comprensión de este factor fundamental a nivel morfológico y funcional. Entre esta tipología de índices, cabe destacar los siguientes: (1) Shape Index: calcula la complejidad de la forma de los fragmentos en comparación con una forma estándar, como sería la circunferencia en el entorno vectorial o el píxel en el entorno raster. Aplicable tanto a nivel de fragmento, de clase o de paisaje. (2) Mean Shape Index: calcula la forma media a nivel de clase y de paisaje. (3) Landscape Shape Index: calcula la relación entre área y perímetro para el conjunto del paisaje. (4) Fractal Dimension: calcula el grado de complejidad de cada fragmento a partir de la relación entre área y perímetro.
- Índices de ecotono y hábitat interior. - Permiten hacer cálculos sobre la amplitud del ecotono, o hábitat de borde, en relación con el hábitat interior. En el caso del ecotono, es preciso determinar una amplitud que será diferente en función de las propias características ambientales de cada fragmento y el contraste en relación con el fragmento o los fragmentos colindantes. El hábitat de interior se considera fundamental para la presencia y el mantenimiento de fauna y flora especialista, es decir, más exigente en sus requerimientos ecológicos, mientras que el hábitat de borde facilita la presencia de especies generalistas (Forman y Godron, 1986; Forman, 1995) citado por Vila *et al.* (2006). Entre estos índices, cabe destacar los siguientes: (1) Perimeter: perímetro del conjunto de fragmentos. (2) Total Edge: perímetro del ecotono a nivel de clase o del conjunto del paisaje. (3) Edge Density: perímetro del ecotono en relación con la superficie del paisaje. (4) Total Edge Contrast: contraste del ecotono de un fragmento en relación con el ecotono correspondiente a un fragmento colindante. (5) Core Area: superficie de hábitat interior correspondiente a cada fragmento. (6) Total Core Area: superficie de hábitat interior correspondiente a nivel de clase o de paisaje. (7) Core Area Percent

- of Landscape: porcentaje del paisaje ocupado por hábitat interior a nivel de clase.
- (8) Core Area Index: Porcentaje de hábitat interior a nivel de fragmento.
- Índices de distancia, vecindad y conectividad. - Estos índices calculan la distancia desde el hábitat de borde y ecotono de un fragmento hasta el fragmento más próximo al mismo tipo. Se trata de índices fundamentales para poder valorar el grado de aislamiento o conectividad existente entre los distintos fragmentos, partiendo de la base de que un mayor aislamiento implica una reducción de las posibilidades de albergar o mantener un mayor grado de diversidad biológica (Forman, 1995; Hilty, Lidecker y Merenlender, 2006) citado por Vila *et al.* (2006). De esta tipología de índices, se pueden destacar los siguientes: (1) Nearest Neighbor Distance: Distancia al fragmento de la misma clase más próximo. (2) Maximum Distance: Distancia al fragmento de la misma clase más alejado. (3) Proximity Index: Distancia al fragmento de la misma clase más próximo a partir de un determinado radio de búsqueda. (4) Mean Proximity Index: Proximidad media entre fragmentos de una misma clase a partir de un determinado radio de búsqueda.
 - Índices de diversidad del paisaje. - Estos índices aportan información relevante para poder comparar distintos paisajes o la evolución de un paisaje en diferentes momentos históricos. Entre este conjunto de índices, cabe destacar los siguientes: (1) Shannon's Diversity Index: valora la diversidad paisajística, es decir, la heterogeneidad, a partir de la diversidad de fragmentos. Su valor absoluto no es muy significativo, pero es útil para comparar distintos paisajes o un mismo paisaje en distintos momentos temporales. Un índice inverso, tanto a nivel de cálculo como de interpretación, basado en la homogeneidad paisajística, es el denominado (2) Shannon's Evenness Index. Simpson's Diversity Index: valora, a partir de probabilidades, la diversidad paisajística, es decir, la heterogeneidad. El valor representa la probabilidad que dos elementos seleccionados de forma aleatoria puedan ser diferentes. Así pues, cuanto mayor es su valor, superior es la diversidad paisajística o heterogeneidad. En este caso, también existe un índice inverso, tanto a nivel de cálculo como de interpretación, basado en la probabilidad de la homogeneidad paisajística, que es el denominado (3) Simpson's Evenness Index.

2.3 Marco Legal

Este estudio se enmarca y sustenta en los siguientes cuerpos legales:

2.3.1 Constitución Política de la República del Ecuador 2008

Este cuerpo legal ampara entre los deberes primordiales del Estado: Defender el patrimonio natural y cultural del país, además de proteger el medio ambiente; considera a la naturaleza como sujeto con derechos, reconoce que el derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable, dicho recurso constituye un patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida. Además, reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir.

Declara de interés público la preservación del ambiente, los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.

Se reconoce que la naturaleza o Pacha Mama, ente donde se reproduce y realiza la vida, tiene derecho a que se respete integralmente su existencia, el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos que toda persona, comunidad, pueblo o nacionalidad podrá exigir a la autoridad pública el cumplimiento de dichos derechos.

El otorgamiento de incentivos a las personas naturales y jurídicas, y a los colectivos, que protejan la naturaleza, también ampara medidas de precaución y restricción para las actividades que puedan conducir a la extinción de especies, la destrucción de ecosistemas o la alteración permanente de los ciclos naturales, y, fomenta el respeto a todos los elementos que forman un ecosistema.

Respecto a los servicios ambientales indica que no serán susceptibles de apropiación; su producción, prestación, uso y aprovechamiento serán regulados por el Estado.

Son deberes y responsabilidades de las ecuatorianas y los ecuatorianos defender la integridad territorial del Ecuador y sus recursos naturales, respetar los derechos de la naturaleza, preservar un ambiente sano y utilizar los recursos naturales de modo racional, sustentable y sostenible, conservar el patrimonio cultural y natural del país, y cuidar y mantener los bienes públicos.

El Estado ejerce la soberanía sobre la biodiversidad, cuya administración y gestión se realizará con responsabilidad intergeneracional.

2.3.2 Ley Aprobatoria del Convenio de Diversidad Biológica

Señala que: "Cada parte contratante, en la medida de lo posible y según proceda establecerá un sistema de áreas protegidas o áreas donde haya que tomar medidas especiales para conservar la diversidad biológica";

Además, "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";

2.3.3 Metas de biodiversidad de Aichi en los objetivos de desarrollo sostenible

El Plan Estratégico para la Diversidad Biológica 2011-2020 fue aprobado en 2010 por la 10ª reunión de la Conferencia de las Partes en el Convenio sobre la Diversidad Biológica. Este estudio se enmarca en el objetivo estratégico A, B, D y E, respecto a: abordar las causas subyacentes de la pérdida de la diversidad biológica, reducir las presiones directas sobre la diversidad biológica y promover la utilización sostenible de los recursos naturales; aumentar los beneficios de los servicios de la diversidad biológica y los ecosistemas para todos; y, mejorar la gestión de los conocimientos y la creación de capacidades

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

El objetivo 3 de este cuerpo legal corresponde: garantizar los derechos de la naturaleza para las actuales y futuras generaciones; establece como políticas: conservar, recuperar y regular el aprovechamiento del patrimonio natural y social que asegure y precautele los derechos de las presentes y futuras generaciones, tiende a precautelar el cuidado del patrimonio natural y la vida humana por sobre el uso y aprovechamiento de recursos naturales no renovables, promueve las buenas prácticas ambientales que aporten a la reducción de la contaminación, la conservación, la mitigación y la adaptación a los efectos del cambio climático, e impulsar las mismas en el ámbito global.

2.3.6 Código Orgánico del Ambiente

Para la definición de lineamientos generales para promover la gestión sustentable del ACUS COC, se revisó los siguientes artículos de este cuerpo legal: Art. 26, es facultad de los Gobiernos Autónomos Descentralizados Provinciales, en el marco de sus

competencias ambientales exclusivas y concurrentes, en las áreas rurales de su respectiva circunscripción territorial:

1. Definir la política pública provincial ambiental;
2. Elaborar planes, programas y proyectos de incidencia provincial para la protección, manejo, restauración, fomento, investigación, industrialización y comercialización del recurso forestal y vida silvestre, así como para la forestación y reforestación con fines de conservación;
4. Elaborar planes, programas y proyectos para prevenir incendios forestales y riesgos que afectan a bosques y vegetación natural o bosques plantados;
11. Incorporar criterios de cambio climático en los planes de desarrollo y ordenamiento territorial y demás instrumentos de planificación provincial; y,
12. Establecer incentivos ambientales de incidencia provincial para las actividades productivas sostenibles que se enmarquen en la conservación y protección del ambiente.

En el Art. 37, del Sistema Nacional de Áreas Protegidas se establece: que el Sistema Nacional de Áreas Protegidas estará integrado por los subsistemas: estatal, autónomo descentralizado, comunitario y privado. Su declaratoria, categorización, recategorización, regulación y administración deberán garantizar la conservación, manejo y uso sostenible de la biodiversidad, así como la conectividad funcional de los ecosistemas terrestres, insulares, marinos, marino-costeros y los derechos de la naturaleza. Las áreas protegidas serán espacios prioritarios de conservación y desarrollo sostenible. Los Gobiernos Autónomos Descentralizados deberán incorporar las áreas protegidas a sus herramientas de ordenamiento territorial. En las áreas protegidas se deberán establecer limitaciones de uso y goce a las propiedades existentes en ellas y a otros derechos reales que sean necesarias para asegurar el cumplimiento de sus objetivos de conservación.

En el Art. 83 y 84 se detalla sobre la generación y tipos de servicios ambientales, donde explica que el mantenimiento y regeneración de las funciones ecológicas, así como la dinámica de los ecosistemas naturales o intervenidos, generan servicios ambientales que son indispensables para el sustento de la vida y a su vez producen beneficios directos o indirectos a la población. Los tipos de servicios ambientales son: 1. Servicios de aprovisionamiento; 2. Servicios de regulación; 3. Servicios de hábitat; 4. Servicios culturales; y, 5. Otros que determine la Autoridad Ambiental Nacional.

El Art. 100 aclara que para la protección, uso sostenible y restauración del ecosistema páramo, se considerarán las características ecosistémicas de regulación hídrica, ecológica,

biológica, social, cultural y económica. Los Gobiernos Autónomos Descentralizados Provinciales, Metropolitanos o Municipales deberán establecer planes, programas y proyectos que coadyuven a la conservación de dicho ecosistema bajo los criterios de la política nacional emitida por la Autoridad Ambiental Nacional.

En las actividades de restauración ecológica de suelos o ecosistemas previstas en el Art. 118 se priorizará la regeneración natural cuando esta sea posible técnica, económica y socialmente. Los Gobiernos Autónomos Descentralizados, en el marco de sus competencias, darán atención prioritaria a los suelos degradados o en proceso de desertificación, bajo lineamientos de la Autoridad Ambiental Nacional.

2.3.7 Acuerdo Ministerial 064- MAE

Se considera este Acuerdo Ministerial que entró en vigencia el 07 de julio del 2009, cuyo objeto es definir las políticas para los ecosistemas Andinos del Ecuador, con la finalidad de respaldar legalmente la propuesta de lineamientos generales para promover la gestión sostenible del ACUS COC que es uno de los objetivos de este estudio, se citan las siguientes políticas:

B. Políticas para el ecosistema páramo

Política 1

El Estado ecuatoriano promueve la conservación de los páramos y los declara áreas frágiles que requieren de un manejo y cuidado especial por sus características de regulación hídrica, ecológicas, biológicas, sociales, culturales y económicas. El manejo de los páramos debe propender a la conservación de los recursos naturales y a la sostenibilidad de la biodiversidad, donde las actividades productivas deben ser únicamente de subsistencia y ecoturísticas, enmarcadas en un plan de manejo integral aprobado por la autoridad ambiental.

C. Políticas para los humedales alto-andinos

Política 1

El Estado ecuatoriano reconoce la importancia de los humedales alto-andinos por los bienes y servicios ambientales que provee a las poblaciones rurales y de las ciudades, además por las características de valor intrínseco, por las condiciones de fragilidad y por ser un importante componente para la economía local, regional y nacional; en este sentido promueve iniciativas locales, regionales y nacionales que favorezcan la conservación del

humedal y el uso sostenible del agua, generando para lo cual alternativas sustentables del humedal que garanticen beneficios en el largo plazo a las poblaciones locales que dependen de éstos.

C. Políticas para el ecosistema Bosques Andinos

Política 1

El Estado promueve la conservación y valoración (bienes y servicios) del recurso forestal, fortalece las acciones de manejo sostenible de los bosques andinos para la conservación, recuperación, provisión y transformación de materias primas, bienes y servicios ambientales; para lo cual exige el cumplimiento de la legislación forestal y la aplicación de las normas vigentes.

Política 4

El Estado promueve el ordenamiento territorial y manejo forestal bajo un enfoque ecosistémico que coadyuva a la preservación de los procesos ecológicos, a limitar la reducción de la superficie de bosques y a garantizar una buena calidad de servicios ambientales.

E. Políticas para los Agroecosistemas

Política 3

El Estado fomenta la conservación de la agrobiodiversidad y el desarrollo de la agroforestería en los agroecosistemas.

G. Políticas transversales para el páramo, humedales, bosques y agroecosistemas andinos

Política 3

El Estado fomentará las acciones de investigación, promoción, difusión y el intercambio de experiencias que mejoren el conocimiento científico y técnico en los páramos, bosques, humedales y agroecosistemas que se apliquen a la realidad socioeconómica local, regional y nacional.

Política 4

El Estado promueve procesos de educación, capacitación, sensibilización y motivación relacionados a la fragilidad, importancia y los beneficios y servicios ambientales que

brindan los páramos, bosques y humedales hacia todos los sectores de la sociedad, como mecanismos de incrementar los conocimientos, valores y actitudes positivas en relación a la conservación y uso sostenible.

2.3.8 Acuerdo Ministerial 083- MAE

PROCEDIMIENTOS PARA LA DECLARACION Y GESTION DE AREAS PROTEGIDAS

En el Art. 7 se define un ACUS como: Área creada por los gobiernos autónomos descentralizados, comunidades o propietarios privados, de importancia local, cuyo fin es el de conservación de la biodiversidad y desarrollo de actividades sustentables para garantizar el mantenimiento de los servicios ecosistémicos que beneficien a la vida humana. Serán Áreas de Conservación y Uso Sustentable de la Biodiversidad aquellos predios de propiedad de los gobiernos autónomos descentralizados, de las comunidades o de personas naturales o jurídicas, que aporten a la conservación de la biodiversidad.

Un ACUS puede mantenerse bajo esta categoría o puede optar por convertirse en un área protegida declarada dentro de SNAP por la Autoridad Ambiental Nacional, previo el cumplimiento de los requisitos correspondientes.

La cordillera Oriental de Carchi presenta un rango altitudinal entre los 1680 y 4074 msnm.

Desde el enfoque hidrológico, la cordillera oriental de Carchi se localiza dentro de las cuencas del río Napo al Norte y del río Mira desde el centro y sur.

3.1.2 Superficie y límites:

El área de estudio se definió a partir de los límites descritos en la Tabla 1. La cordillera oriental de Carchi (COC) tiene una superficie de 45.619,37 hectáreas; en su interior se ha delimitado un área de 17.586,69 hectáreas que corresponde al Área de Conservación y Uso Sustentable de la Cordillera Oriental de Carchi (ACUS COC). En la siguiente tabla se muestran los límites en sus extremos cardinales:

Tabla 1.
Ubicación geográfica y límites del área de estudio

	WGS 84, Zona 17S		Límites
	Coordenada X	Coordenada Y	
Norte	871479	10078006	Con Colombia
Sur	852422	10038108	Con la provincia de Imbabura
Este	879315	10073233	Con la provincia de Sucumbíos
Oeste	849125	10047688	Con el callejón interandino de los cantones Tulcán, Huaca, Montúfar y Bolívar

3.1.3 Áreas bajo manejo y conservación dentro del área de estudio:

Dentro del área de estudio se encuentran los Bosques Protectores Lomas Corazón y Bretaña (que incluye a su vez a la Estación Biológica Guandera) y El Chamizo-Minas; y, otras áreas de importancia para la conservación como son los bosques municipales de Virgen Negra en Tulcán y un área de conservación del cantón Bolívar.

3.2 Diseño y tipo de investigación

Esta investigación tiene alcance descriptivo; ya que, consistió en la caracterización de fenómenos o dinámicas de CCUT en la cordillera oriental de Carchi; se definió variables independientes a través de la observación y cuantificación de las modificaciones de las coberturas y uso de la tierra, cada característica o variable se analizó de forma autónoma o independiente.

El diseño de la investigación fue no experimental, ya que no manipuló ninguna variable; sino, se observaron los fenómenos que ocurrieron en un contexto antrópico y

natural, que a su vez fueron analizados para generar resultados de interés para la ciudadanía.

3.3 Procedimiento de la investigación

3.3.1 Validación del Análisis de cambio de cobertura y uso de la tierra para el ACUS COC realizado por CONDESAN (2017).

- **Obtención de bases de datos**

Durante el primer semestre del 2016, CONDESAN, a través de una consultoría, realizó el análisis multitemporal de cambio de cobertura y uso de la tierra de la zona de la cordillera oriental de Carchi en dos periodos 1991-2001 y 2001-2016; posteriormente en el 2017 e inicios del 2018 dicha información fue corregida y modificada respecto a la clasificación y segmentación de clases de CUT y considerando la superficie afectada por nubosidad se generó el mapa de CUT 2017; esta información fue tomada como punto de partida para esta investigación.

La metodología utilizada por CONDESAN, para obtener mapas multitemporales de CUT, consistió en los siguientes procesos:

- Obtención de imágenes satelitales: Se emplearon imágenes satelitales LANSAT de resolución mediana (ver Tabla 2), con tamaño de píxel de 30 m, para los años de estudio: 1991 – 2001 y 2017, disponibles en el archivo de imágenes satelitales en la página web del Servicio Geológico de los Estados Unidos conocido como USGS por sus siglas en inglés, disponible en: <http://earthexplorer.usgs.gov/>

Tabla 2.

Listado de imágenes Landsat usadas en monitoreo de CCUT

No.	Año	Path(*)	Row(**)	Código de imagen	Fecha	Provincia	% Nubes
1	1991	10	60	LT50100601991288XXX02	15-oct-91	CARCHI	5
2	2001	10	60	LE70100602001259EDC00	16-sep-01	CARCHI	10
3	2017	10	60	LC801006020170920T1	20-sep-17	CARCHI	0

Nota: Tomado de Análisis de Cambio de Cobertura y uso de la Tierra para el ACUS COC, CONDESAN, 2016

*Franja vertical de la grilla mundial para búsqueda y ubicación de imágenes satelitales

**Franja horizontal de la grilla mundial para búsqueda y ubicación de imágenes satelitales

- Aplicando el método de mapeo de cobertura y uso de la tierra (CUT), se generaron mapas de cobertura y uso de la tierra para cada fecha de estudio 1991, 2001, y 2017.

- c. Segmentación y clasificación supervisada: se combinó dos métodos:-primero, se clasificó de manera supervisada, las unidades de cobertura vegetal, que fueron re-codificadas en 7 categorías (Ver Anexo A); segundo, se segmentó, a través del programa ENVI (software especializado para el procesamiento y análisis de imágenes geoespaciales), a fin de definir unidades de análisis para el mapa de CUT.
- d. Edición manual de unidades de CUT, acción que contribuyó a un mayor control en el proceso y disminución de errores en la interpretación automática de resultados.

- **Verificación de coberturas y uso de la tierra en campo**

Para muchos ecosistemas terrestres, las clasificaciones de cobertura del terreno ofrecen el método más práctico para delinear las unidades de evaluación (Rodríguez, *et al.*, 2011), para este estudio se consideraron 5 categorías (3 coberturas naturales y 2 antrópicas) de las 7 definidas en el estudio de CONDESAN (exceptuando los cuerpos de agua y zonas pobladas) se describen en la Tabla 3.

Tabla 3.

Descripción de coberturas consideradas en el estudio, de acuerdo a la clasificación de CONDESAN (2016)

Cobertura	Descripción
Cultivos	Corresponde a zonas con alta intervención antrópica. Son áreas que actualmente se encuentra destinadas a usos de tipo agrícola.
Pastos	Corresponde a zonas con alta intervención antrópica. Son áreas que actualmente se encuentra destinadas a usos de tipo pecuario.
Bosque Natural	Son áreas que tienen una cobertura boscosa importante relacionadas con la presencia de especies endémicas o indicadoras de alta biodiversidad (Por ejemplo: La especie Guandera)
Páramo	Para la zona de estudio este tipo de vegetación se presenta aproximadamente sobre los 3800 metros de altura y localizada dentro de la zona del ACUS.
Vegetación Arbustiva	Se encuentran presentes en su gran mayoría en zonas de fuertes pendientes y quebradas.

Nota: Tomado de Análisis de Cambio de Cobertura y uso de la Tierra para el ACUS COC, CONDESAN, 2016

Utilizando un navegador GPS, cámara digital, y medio de movilización, se verificó la cobertura y uso del suelo de 53 puntos de control distribuidos en base al acceso del ACUS COC y su área de influencia; a cada punto se atribuyó visualmente una clase de CUT, utilizando registros de campo (Ver Anexos B y D).

Posteriormente, con el uso del software IBM SPSS Statistics 21.0, se generó la matriz de confusión que corresponde a la estructura más adecuada para controlar acuerdos y desacuerdos entre dos observadores, productor (CONDESAN) y usuario (Investigadora).

En esta matriz se consideraron errores de comisión o tipo 1, que representan la exactitud del usuario; y, errores de omisión o tipo 2, que representa la exactitud del productor; luego se derivó un índice de acuerdo kappa global y la precisión general entre el mapa clasificado de CUT 2017 y los datos de referencia obtenidos en campo, utilizando la siguiente ecuación:

$$K = \frac{\sum_{i=1}^k n_{ii} - \frac{\sum_{i=1}^k n_{i+} \cdot n_{+j}}{N^2}}{1 - \frac{\sum_{i=1}^k n_{i+} \cdot n_{+j}}{N^2}}$$

Donde:

- n_{ii} : casillas de la diagonal principal de la matriz de confusión,
- n_{i+} : marginales de fila de la matriz de confusión,
- n_{+j} : marginales de columna de la matriz de confusión.

Losada & Arnau (2000), caracterizan como regulares los valores de kappa que se hallan entre 0,40 y 0,60, buenos de 0,60 a 0,75, y excelentes por encima de 0,75.

3.3.2 Cálculo y análisis de indicadores de presión antrópica y fragmentación de ecosistemas del ACUS COC

- **Descripción de paisajes**

Partiendo de la información de análisis multitemporal de CCUT del ACUS COC realizado por CONDESAN, se establecieron dos paisajes para la aplicación de indicadores de presión antrópica (Ver Anexo E):

- i. *Paisaje General (Pg)*: Corresponde a un mosaico agropecuario con manchas de vegetación arbustiva, bosque natural y páramo. Se consideró el polígono ampliado del ACUS COC manejado por CONDESAN de 45.619,37 hectáreas que corresponde a la cordillera oriental de Carchi desde el límite con la provincia de Sucumbíos y zona de recarga hídrica de la cuenca de los ríos Chingual y Apaquí, los interfluvios de la red de drenaje del río Apaquí hasta el callejón interandino del flanco oriental de Carchi.
- ii. *Paisaje ACUS*: Corresponde al polígono resultante del límite del ACUS COC de 17.586,68 hectáreas, se encuentra dentro del límite del área de conservación municipal

de Virgen Negra, Bosques Protectores Lomas Corazón y Bretaña, Chamizo Minas y el área de conservación municipal de Bolívar, la parte nororiental corresponde a la cuenca del río Chingual (vertiente del Atlántico) y por el centro y sur corresponde a la cuenca del río Apaquí (vertiente del Pacífico). Este paisaje presenta un relieve montañoso cubierto por vegetación natural propia del Bosque Siempre Verde Montano Alto del norte de la cordillera oriental de los Andes y Páramo de Frailejones con manchas de cultivos y pastos.

En cada uno de estos paisajes, se calculó las tasas de cambio de CUT, aplicando los índices INTER con la finalidad de conocer el cambio porcentual anual de intervención antrópica; y, CONVER para conocer el porcentaje de áreas transformadas de ecosistemas naturales hacia coberturas antrópicas. Además se aplicó los índices de fragmentación de Longitud del parche más grande (LPI) y Longitud del perímetro de intersección entre áreas naturales y antrópicas.

- **Aplicación del indicador de presión antrópica INTER**

Utilizando el software Arc Map 10.3 y tomado las bases de datos de CUT generadas por CONDESAN para los años 1991, 2001 y 2017 (Ver anexos F, G Y H) se realizó los siguientes procesos:

1. Extracción de entidades por categorías de CUT de origen antrópico (cultivos + pastos) para cada uno de los tres años analizados y por cada paisaje.
2. Cálculo de la geometría por categoría de CUT de origen antrópico, obteniendo el resultado en número de hectáreas, esto se realizó para cada año y paisaje analizado.

Posteriormente, se aplicó la fórmula del indicador INTER tomando en cuenta los periodos de estudio:

$$INTER = \left(\frac{Aint^{t1} - Aint^{t0}}{Atot * años_{t0-t1}} \right) (100)$$

Donde:

Aint: Área correspondiente a clases de CUT de origen antrópico en un año determinado

Atot: Área total del paisaje analizado

Años_{t0-t1}: Es el número de años en el periodo estudiado

Finalmente, se obtuvo una matriz considerando los periodos analizados y los valores INTER obtenidos para cada paisaje.

- **Aplicación del indicador de presión antrópica CONVER**

Con los mismos medios y bases de datos utilizadas en el cálculo del índice INTER se realizó el siguiente proceso:

1. Enmascaramiento y extracción de las entidades de nubes y sombras de los shapefiles de CUT para los años 1991, 2001 y 2017.
2. Extracción de entidades por categorías de CUT naturales (bosque natural, páramo y vegetación arbustiva) para los años 1991 y 2001; coberturas de origen antrópico (cultivos + pastos) para los años 2001 y 2017 por cada paisaje.
3. Para conocer el número de hectáreas transformadas de cada una de las coberturas naturales a áreas antrópicas (cultivos y pastos) se realizó la intersección de shapefiles de acuerdo a la Tabla 4.

Tabla 4.

Intersección de bases de datos para aplicación del índice CONVER

Año	Paisaje	Shape de Cobertura natural	Shape de cobertura antrópica			
			Cultivos		Pastos	
			2001	2017	2001	2017
1991	GENERAL	Bosque Natural	X		X	
		Páramo	X		X	
		Vegetación Arbustiva	X		X	
	ACUS COC	Bosque Natural	X		X	
		Páramo	X		X	
		Vegetación Arbustiva	X		X	
2001	ACUS	Bosque Natural		X		X
		Páramo		X		X
		Vegetación Arbustiva		X		X
	NORTE	Bosque Natural		X		X
		Páramo		X		X
		Vegetación Arbustiva		X		X

Conociendo el número de hectáreas transformadas para cada caso, se aplicó el índice CONVER con base a la siguiente fórmula:

$$CONVER = \left(\frac{Anat_i \rightarrow Aint_j}{Anat_{t0}} \right) (100)$$

Donde:

$Anat_i \rightarrow Aint_j$: Área convertida del ecosistema natural i al tipo de cobertura antrópica j entre los dos años estudiados

$Anat_{t0}$: Área del ecosistema natural i en el año inicial

Posteriormente, se obtuvo una matriz considerando los periodos analizados y los valores CONVER obtenidos para cada paisaje y se generaron los mapas de cambios para los dos periodos de estudio (Ver Anexos I y J).

- **Aplicación de indicadores de fragmentación**

Para el cálculo y análisis de fragmentación o estado de los ecosistemas naturales de los dos paisajes estudiados, se utilizó el software libre Fragstat 4, con los raster en formato *.img* de CUT 1991, 2001 y 2017 y se obtuvo el índice de parche más grande (LPI por sus siglas en inglés) definido como el porcentaje del paisaje ocupado por el parche más extenso de cualquier clase o de una clase específica de CUT.

El segundo indicador obtenido fue la longitud (en km) del borde entre ecosistemas naturales y clases de CUT de origen antrópico, indicador que evalúa la integridad y vulnerabilidad del paisaje (Peralvo & Cuesta, 2014b); para el cálculo de este índice se realizaron los siguientes procesos dentro del software ArcGis 10.3

- Utilizando las bases de datos de CUT en formato *.shp* de los tres años en estudio 1991, 2001 y 2017, se unieron las coberturas naturales (páramo, bosque natural y vegetación arbustiva) en un solo shapefile para cada año y se tomó las coberturas antrópicas pastos y cultivos que se fusionaron en una sola entidad por cada año.
- Se convirtió los polígonos a poli líneas para obtener los perímetros específicos por cobertura natural y antrópica.
- Se editó cada uno de los shapefiles de perímetros, eliminando los bordes de los límites de cada uno de los paisajes y perímetros de superficies de nubes, evitando alterar el resultado del perímetro deseado.
- Finalmente, se cuantificó en km la longitud de borde de intersección entre la cobertura natural con la cobertura antrópica para cada año y paisaje en estudio.

Adicionalmente, para realizar el análisis del segundo indicador de fragmentación fue necesario obtener el número de parches por coberturas naturales y antrópicas para cada año de estudio, dato que se obtuvo al correr el software libre Fragstat 4 en las categorías de clase.

3.3.3. Propuesta de lineamientos generales para promover la gestión sostenible del ACUS COC.

Con base en los resultados obtenidos en el análisis de indicadores de presión antrópica, fragmentación ecosistémica y considerando los principios para la gestión del ACUS COC de acuerdo al Plan de Manejo del área, se propuso orientaciones generales tendientes al manejo sostenible del área de conservación, con la finalidad de mantener y recuperar la estructura y funcionalidad de los ecosistemas naturales que garanticen la producción de bienes y servicios ambientales en la cordillera oriental de Carchi.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se detallan los resultados con base en las actividades realizadas de acuerdo a los objetivos del estudio.

4.1 Validación del análisis de cambio de cobertura y uso de la tierra para el ACUS COC realizado por CONDESAN.

Se constaron en campo a 53 puntos de control atribuidos un uso y cobertura del suelo, 26 correspondieron a pastos, obteniéndose un acierto del 35.8% con el productor (CONDESAN); lo que representa concordancia entre los observadores; además indica una mayor incidencia de coberturas con pastizales en el ACUS COC y su área de influencia (Ver Anexo D).

Las coberturas con el 100% de acierto entre los observadores correspondieron a páramo y zona poblada; verificando que no existen inconsistencias respecto a estas coberturas en el proceso de clasificación realizado por el productor.

En contraste, las coberturas de cultivos, pastos y vegetación arbustiva presentaron menor porcentaje de acierto; esto refleja inconsistencia de clasificación del productor o en su defecto se puede minimizar esta apreciación, ya que en el área de estudio, la superficie destinada a usos pastoriles y agrícolas para producción de papas, no son permanentes; puesto que cada dos o tres reservas de pastos (equivale a dos años aproximadamente) se cambia a cultivo de papas (producción de dos cosechas) para nuevamente empastar el área y así mantener cierta periodicidad de cambio de uso; factores que incidieron en los resultados de errores marginales de la tabla de confusión (ver Tabla 5) entre las coberturas de pastos y cultivos.

Tabla 5.
Contingencia USUARIO x PRODUCTOR

			PRODUCTOR						Total
			bosque natural	Cultivos	páramo	pastos	vegetación arbustiva	zona poblada	
USUARIO	bosque natural	Recuento	12	0	0	0	0	0	12
		% del total	22.6%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	22.6%
	cultivos	Recuento	0	5	0	4	0	0	9
		% del total	0.0%	9.4%	0.0%	7.5%	0.0%	0.0%	17.0%
	páramo	Recuento	0	0	1	0	0	0	1
		% del total	0.0%	0.0%	1.9%	0.0%	0.0%	0.0%	1.9%
	pastos	Recuento	2	5	0	19	0	0	26
		% del total	3.8%	9.4%	0.0%	35.8%	0.0%	0.0%	49.1%
	vegetación arbustiva	Recuento	0	0	0	1	2	0	3
		% del total	0.0%	0.0%	0.0%	1.9%	3.8%	0.0%	5.7%
	zona poblada	Recuento	0	0	0	0	0	2	2
		% del total	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	3.8%	3.8%
	Total	Recuento	14	10	1	24	2	2	53
		% del total	26.4%	18.9%	1.9%	45.3%	3.8%	3.8%	100.0%

Con base al índice Kappa de Cohen obtenido, la exactitud del productor (CONDESAN) y usuario (Investigadora) para el mapa CUT del 2017 fue de 0.614; corresponde a la definición "bueno" de acuerdo a Losada y Arnau (2000).

4.2 Cálculo y análisis de indicadores de presión antrópica y de fragmentación de coberturas naturales en los periodos 1991- 2001 y 2001-2017 de la cordillera oriental de Carchi.

- **Análisis del indicador de presión antrópica INTER**

Al ser un indicador general, proporciona información a nivel de paisaje, establece que existe un incremento anual de áreas intervenidas (pastos y cultivos) sobre las coberturas naturales (bosque natural, páramo y vegetación arbustiva); lo que implica una dinámica de cambio de cobertura y uso de la tierra en los dos paisajes y periodos analizados; la tasa de cambio INTER para el Pg fue de 0.28% en el periodo 1991-2001; y, para el periodo 2001-2017 (últimos 16 años) se mantiene en los mismos valores. En contraste, en el primer periodo el ACUS reporta valores bajos de 0.08% para el primer periodo; y, se observa un aumento de coberturas antrópicas para el segundo con 0.12%, evidenciando que anualmente se destinan nuevas áreas a actividades de producción agrícola y pecuaria

dentro del área de conservación. Los resultados del indicador INTER se registran en la Tabla 6.

Tabla 6.

Indicador de presión INTER que reporta el incremento porcentual anual de las clases antrópicas de cobertura y uso de la tierra respecto al área total de cada paisaje.

Periodo	Paisajes	
	Pg	ACUS
1991-2001	0.28	0.08
2001-2017	0.27	0.12

- **Análisis de los cambios multitemporales de coberturas del suelo**

En los dos paisajes analizados, el bosque natural y la vegetación arbustiva son las coberturas naturales que cubren la mayor superficie de los paisajes analizados; y, así mismo sufren cambios de uso y cobertura en mayor proporción en los dos periodos de estudio.

En la Tabla 7 se muestran los resultados respecto a los cambios multitemporales y tasas de cambio anual de las coberturas naturales y antrópicas para los dos paisajes y periodos analizados.

Cambios multitemporales de las coberturas de bosque natural: Entendiendo la función de los bosques montanos como reservorios de biodiversidad y carbono; además de regulación hídrica y mantenimiento de la calidad del agua que aportan a los sistemas de aprovechamiento de este recurso en la cordillera oriental de Carchi, desafortunadamente reporta que entre 1991 y 2001 en el Pg el bosque natural disminuyó 577.10 ha; para el periodo comprendido entre 2001-2017 pierde 875.2 ha; en el ACUS esta cobertura natural disminuyó 89.8 ha en el primer periodo y en mayor intensidad para el segundo periodo con 277.10ha (Ver figura 4).

Tabla 7.

Cambios multitemporales de coberturas naturales y antrópicas en los dos paisajes de estudio

Paisaje	Cobertura	1991		2001		2017		Δ 1991-2001	Tasa de cambio anual 1991-2001	Δ 2001-2017	Tasa de cambio anual 2001-2017	Δ 1991-2017	Tasa de cambio anual 2001-2017
		Superficie (ha)	% área paisaje	Superficie (ha)	% área paisaje	Superficie (ha)	% área paisaje	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)
Pg	Páramo	3384.17	8.47	3383.43	8.47	3348.85	8.38	-0.74	0,00	-34.58	-0,06	-35,32	-0,04
	bosque natural	14816.10	37.07	14239.00	35.63	13363.80	33.45	-577.10	-0,39	-875.20	-0,38	-1452,3	-0,38
	vegetación arbustiva	4810.84	12.04	4257.26	10.65	3414.89	8.55	-553.58	-1,15	-842.37	-1,24	-1395,95	-1,12
	Cultivos	9224.14	23.08	8413.42	21.05	9754.03	24.41	-810.72	-0,88	1340.61	1,00	529,89	0,22
	Pastos	7727.84	19.34	9666.50	24.19	10070.00	25.21	1938.66	2,51	403.50	0,26	2342,16	1,17
ACUS	Páramo	3288.03	20.36	3287.29	20.36	3282.09	20.33	-0.74	0,00	-5.20	-0,01	-5,94	-0,01
	bosque natural	11833.70	73.28	11743.90	72.72	11466.80	71.01	-89.80	-0,08	-277.10	-0,15	-366,9	-0,12
	vegetación arbustiva	162.26	1.00	131.69	0.82	104.16	0.65	-30.57	-1,88	-27.53	-1,31	-58,099	-1,38
	Cultivos	487.17	3.02	477.72	2.96	735.56	4.56	-9.46	-0,19	257.84	3,37	248,386	1,96
	Pastos	378.33	2.34	508.94	3.15	559.39	3.46	130.62	3,45	50.45	0,62	181,064	1,84

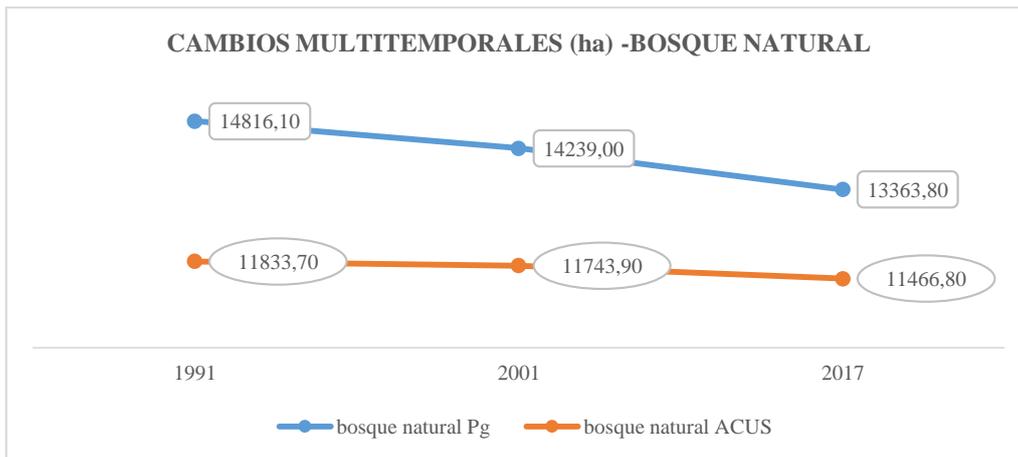


Figura 4. Cambios multitemporales de cobertura en la categoría de bosque natural

La tasa anual de cambio calculada a nivel de paisaje indica que el Pg la cobertura de bosque natural disminuye a un ritmo anual de 0.38%; mientras que en el ACUS se obtuvo que en los últimos 16 años la tasa de cambio anual es mayor con un porcentaje de -0.15 respecto a -0.08% del primer periodo; este resultado es importante al proponer medidas de prevención y control para detener el avance de la frontera agrícola.

Cambios multitemporales de la cobertura de vegetación arbustiva: En el año 1991, la vegetación arbustiva ocupó el 12.04% de la superficie del Pg; en el año 2001 disminuye al 10.65% y en el 2017 se reduce al 8.55%; perdiendo 1395.95ha en los últimos 26 años cuya tasa anual de cambio fue de -1.12%. A nivel de ACUS esta cobertura natural en 1991 representaba el 1% de la superficie del paisaje; en 2001 disminuye al 0.82% y en 2017 al 0.65%, perdiendo 57.1 ha en los dos periodos analizados (Ver figura 5); la vegetación arbustiva se ve afectada debido a la cercanía con zonas de uso agropecuario, riberas de ríos y quebradas que son utilizadas regularmente para abrevaderos del ganado.

La tasa anual de cambio obtenida para esta cobertura natural indica que a nivel de paisaje en el ACUS son mayores los cambios; puesto que, esta cobertura disminuyó en mayor incidencia en el primer periodo con el 1.88% respecto al Pg que anualmente decreció a un ritmo del 1.24%; en el segundo periodo prevalece el mayor cambio en el paisaje ACUS cuya tasa anual de cambio calculada fue de -1.31% respecto a la del Pg que correspondió al -1.24%, cabe recalcar que en la práctica la vegetación arbustiva es la cobertura natural que suele regenerarse con mayor facilidad y en menor tiempo, aparece en los estadios de sucesión ecológica secundaria; y, aún así las presiones sobre esta cobertura natural a nivel de los dos paisajes estudiados son altas.

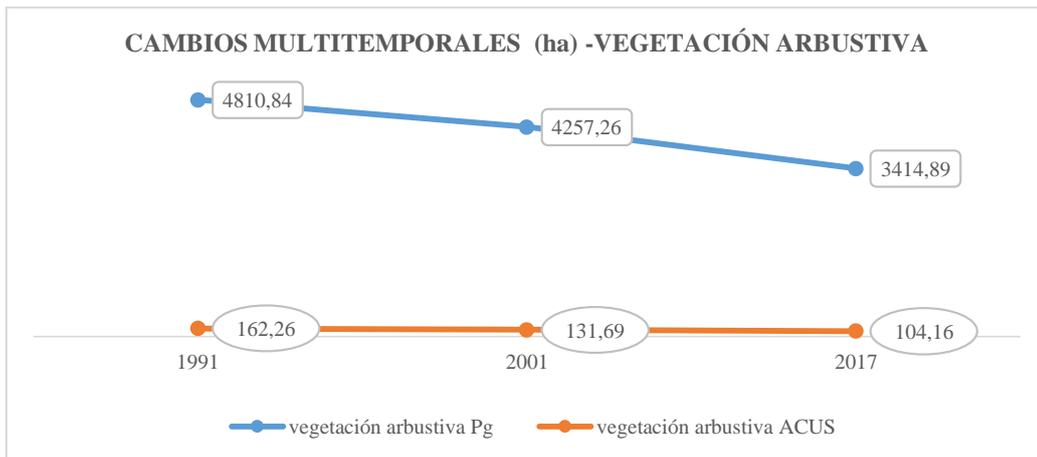


Figura 5. Cambios multitemporales de cobertura en la categoría de vegetación arbustiva

Cambios multitemporales de la cobertura natural de páramo: Esta cobertura natural fue menos afectada, en el año 1991 ocupaba el 8.47% (3384 ha) de la superficie total del Pg y en el 2017 el 8.38% (3348.85 ha); mientras que a nivel del ACUS esta cobertura ocupó el 20.36% (3288.03 ha) y en el 2017 apenas disminuye en 0.03% (3282.09 ha).

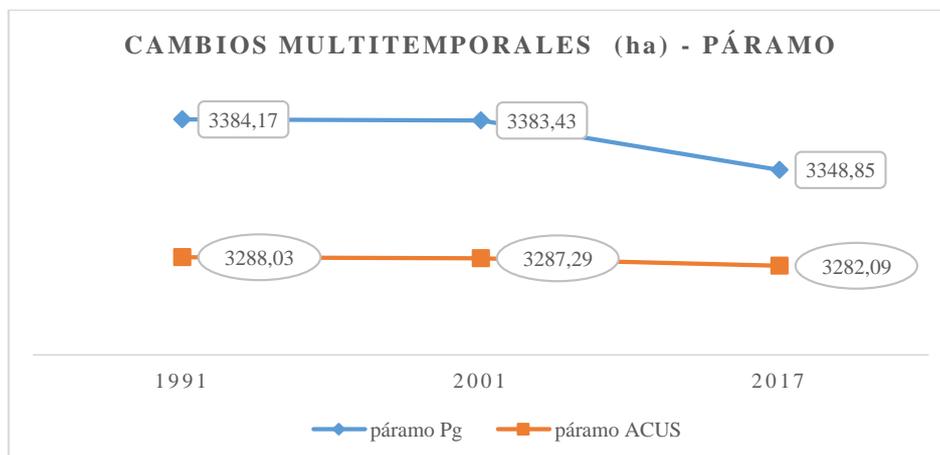


Figura 6. Cambios multitemporales de cobertura en la categoría de páramo

La tasa anual de cambio indica que el páramo en el primer periodo no reportó cambios sustanciales; mientras que en el segundo periodo, a nivel de paisaje el páramo fue alterado en un -0.06% en el Pg; y, en el ACUS se reporta el -0.01%. La poca accesibilidad a esta cobertura y las condiciones ambientales como bajas temperaturas, lluvias intensas y de larga duración, altos contenidos de humedad atmosférica y del suelo, fuertes vientos, ocurrencia de heladas, entre otros factores, generan un ambiente poco favorable para el desarrollo de actividades antrópicas en el páramo.

Cambios multitemporales de la cobertura antrópica de cultivos: En La figura 7, se observa que las superficies con cultivos para los dos paisajes analizados se mantuvieron constantes en el primer periodo de estudio; para el periodo 2001-2017 incrementan en los dos paisajes, en el Pg se reportan 9754.03 ha y para el ACUS 735.56 ha.

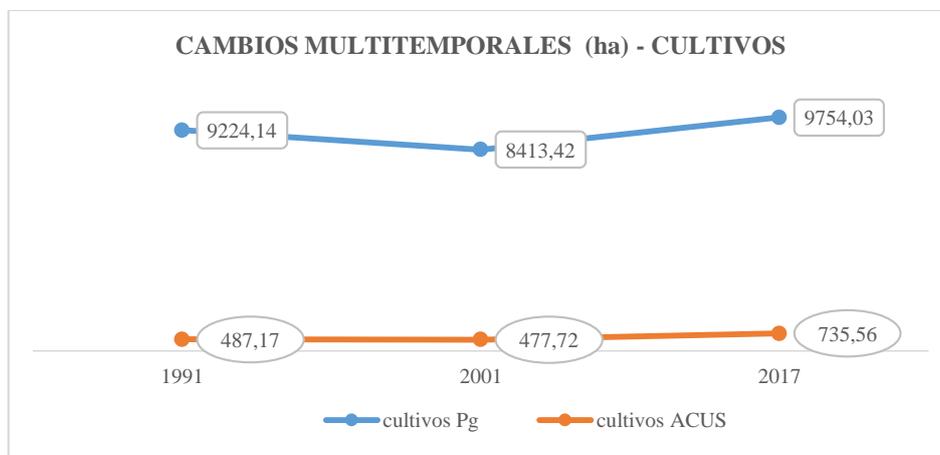


Figura 7. Cambios de cobertura multitemporales en la categoría de cultivos

La tasa de cambio anual indica que en el primer periodo la tendencia es a disminuir reportando valores negativos con -0.88% anual para el Pg y -0.19% anual para el ACUS; en el segundo periodo de estudio 2001-2017 las áreas con cultivos aumentan para los dos paisajes, cuya tasa de cambio anual fue de 1.00% en el Pg y del 3.37% en el ACUS, lo que implica una mayor velocidad de cambio de uso de la tierra hacia cultivos en los últimos 16 años.

Cambios multitemporales de la cobertura antrópica de pastos: Los pastizales tienden a aumentar de superficie en los dos paisajes y periodos analizados; para el año 1991 se reportó 7727.84 ha en el Pg y 378.33 ha para el ACUS; en 2001 esta cobertura aumenta a 9666.50 ha y 508.94 ha y en 2017 se obtuvieron 10070 ha y 559.39 respectivamente (Ver figura 8).

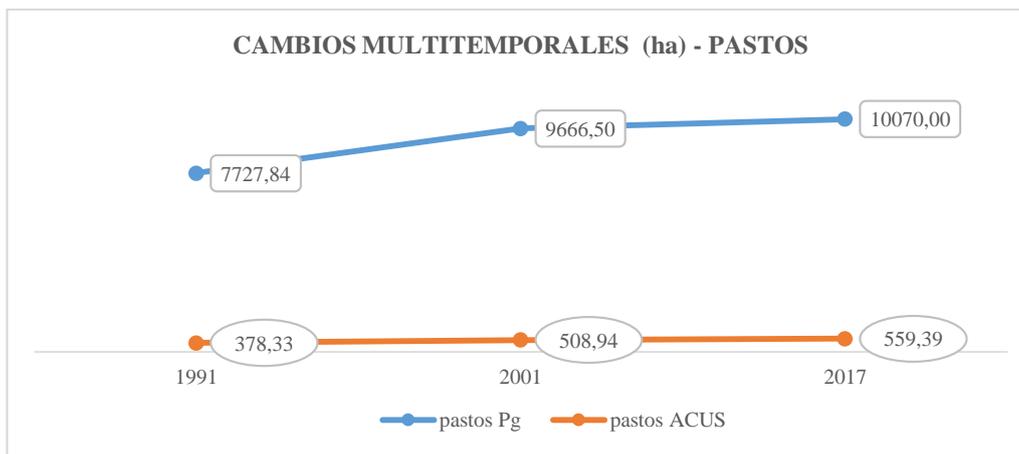


Figura 8. Cambios multitemporales de cobertura en la categoría de pastos

Las tasas de cambio anuales obtenidas indican que a nivel de ACUS las dinámicas fueron mayores, cambiando el uso y ocupación de la tierra hacia pastos con el 3.45% anualmente para el primer periodo (1991-2001) y 0.62% que corresponde a un menor ritmo de transformación a pastizales en el segundo periodo (2001-2017); similar tendencia se presentó en el Pg con 2.51% y 0.26% para los dos periodos analizados respectivamente.

- **Análisis del indicador de presión antrópica CONVER**

Considerando que las dinámicas de cambio de uso y ocupación de la tierra en la cordillera oriental de Carchi siguen un patrón secuencial: partiendo de cobertura natural a cultivo, de cultivo a pasto plantado, y posteriormente se rota entre cultivo y pasto; los valores del índice CONVER reflejan cuan alterada fue la integridad de las coberturas naturales y cuál de éstas se presenta vulnerable a los cambios, este resultado se obtiene en porcentaje de área natural transformada a cobertura antrópica (Ver Tabla 8 y Anexos I y J).

Tabla 8.

Indicador de presión CONVER que registra el porcentaje de un ecosistema natural convertido a usos del suelo antrópicos en los dos paisajes analizados

PAISAJE	COBERTURA NATURAL	COBERTURA ANTRÓPICA			
		CULTIVOS		PASTOS	
		1991-2001 (%)	2001-2017 (%)	1991-2001 (%)	2001-2017 (%)
Pg	BOSQUE NATURAL	1.87	2.41	2.32	3.71
	PARAMO	0.00	0.83	0.02	0.19
	VEGETACIÓN ARBUSTIVA	11.95	14.20	0.00	5.82

ACUS	BOSQUE NATURAL	0.63	1.25	0.45	1.10
	PARAMO	0.00	0.04	0.02	0.12
	VEGETACIÓN ARBUSTIVA	18.84	18.51	0.00	2.57

Conversión de vegetación arbustiva a usos antrópicos: A nivel de paisaje, los manchones cubiertos por vegetación arbustiva dentro del ACUS fueron transformados a cultivo en mayor intensidad respecto al Pg; ya que las presiones de apertura de la frontera agrícola son mayores en la parte alta especialmente en las parroquias de Julio Andrade, La Paz, Bolívar, San Rafael y Monte Olivo, los valores obtenidos de este indicador para el paisaje ACUS fueron de 18.84% y 18.51% para los dos periodos de estudio; mientras que en el Pg se calculó el 11.95% y 14.2% respectivamente (Ver figura 9)

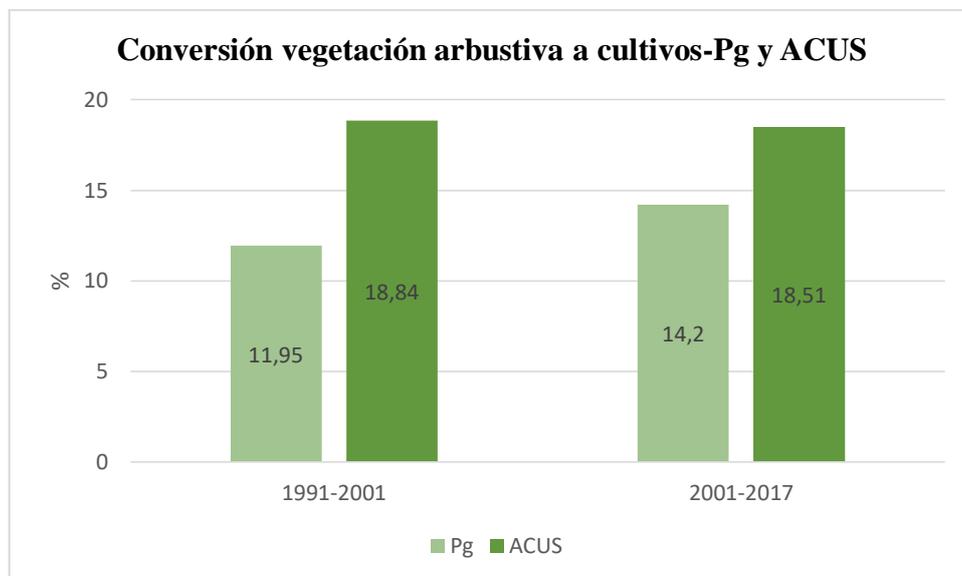


Figura 9. Conversión de la vegetación arbustiva a cultivos

Dos de los agentes que inciden en este patrón de conversión corresponde al precio de los productos agrícolas como la papa y la cebolla paiteña, puesto que al bajar de precio cambia el uso del suelo hacia pastos para la producción de leche, al haber un incremento del precio de los productos agrícolas se vuelve a presionar a las coberturas naturales más próximas transformando a nuevas áreas de cultivo, lo que implica mantener una frontera agrícola activa. El otro agente que interviene corresponde a la mínima variación de la temperatura y precipitación durante todo el año, permitiendo producir papas y otros cultivos en cualquier época.

En la figura 10 se observa que en el primer periodo no es significativa la conversión de vegetación arbustiva hacia pastos en los dos paisajes estudiados; mientras que, en los últimos 16 años la actividad ganadera le ganó espacio a la vegetación arbustiva con el 5.82% en el Pg y con el 2.57% dentro del ACUS.

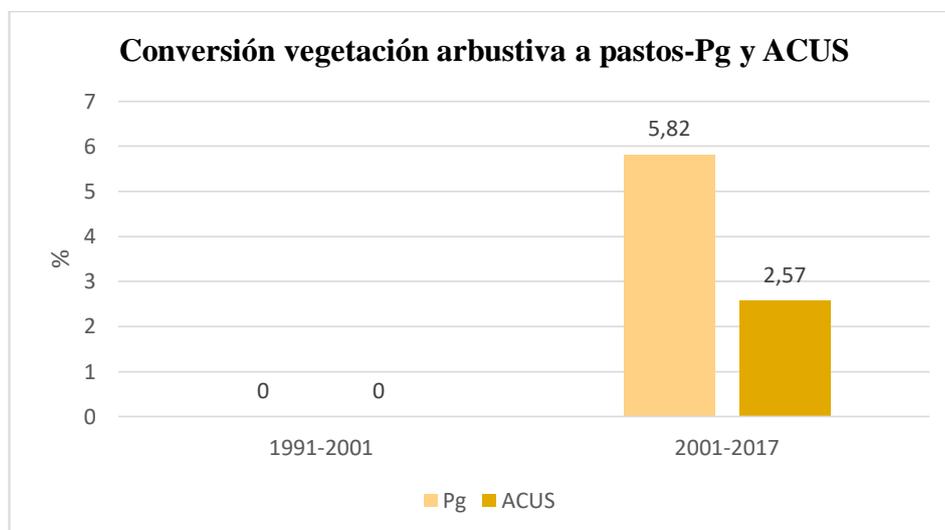


Figura 10. Conversión de la vegetación arbustiva a pastos

Conversión de bosque natural a coberturas antrópicas: En la figura 11 se puede apreciar que dentro del Pg, el bosque natural se ha transformado a cultivos con mayor incidencia respecto al paisaje ACUS, reportando valores del 1.87% entre 1991 y 2001; y, 2.41% para el periodo 2001-2017, patrón de conversión que se observa con mayor frecuencia en las parroquias de Julio Andrade, San Gabriel y Monte Olivo, dentro del ACUS el bosque fue transformado con mayor intensidad en el segundo periodo con el 1.25% respecto al 0.63% del primer periodo.

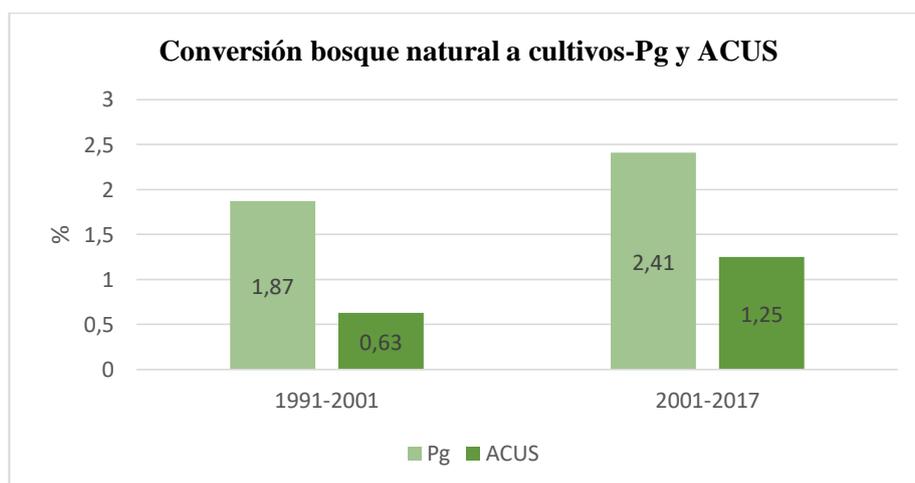


Figura 11. Conversión de bosque natural a cultivos

Dentro del Pg la conversión de bosque hacia pastos fue del 2.32% y 3.71% para los dos periodos analizados, mientras que para el paisaje ACUS fue menor con el 0.45% y 1.1% para los dos periodos respectivamente; este cambio de uso del suelo se observa en todas las parroquias de la cordillera oriental de Carchi, con mayor incidencia en Julio Andrade, El Carmelo, San Gabriel, La Paz y Monte Olivo (Ver Figura 12).

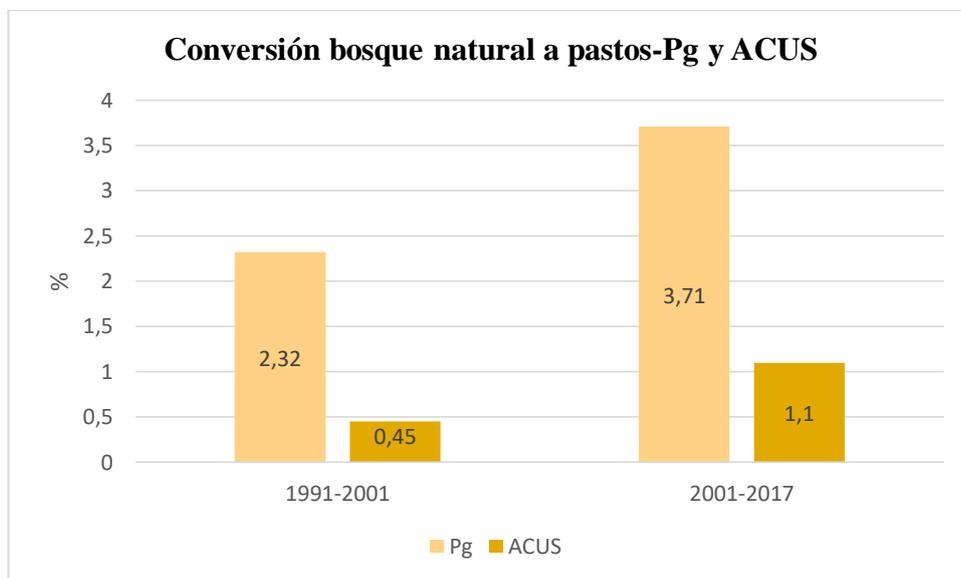


Figura 12. Conversión de bosque natural a pastos

Se puede evidenciar una mayor incidencia de conversión a cultivos en el paisaje ACUS, indicando que las presiones antrópicas dentro del área de conservación inician con el cultivo regularmente de papas al norte y centro de este paisaje; mientras que, para el centro-sur el cultivo de cebolla y frutales es dominante debido a las condiciones climáticas y propias del suelo (Ver figuras 13 y 14).



Figura 13. Área convertida a cultivo de papas, sector Playa Alta, parroquia El Carmelo, provincia del Carchi, mayo 2017



Figura 14. Cambio de uso del suelo de vegetación arbustiva a cultivo de cebolla, parroquia La Paz, mayo 2017

Conversión de páramo a coberturas antrópicas: El páramo ha experimentado dinámicas moderadas de conversión a usos de la tierra antrópicos, corresponde a la cobertura natural menos modificada en los dos paisajes de estudio.

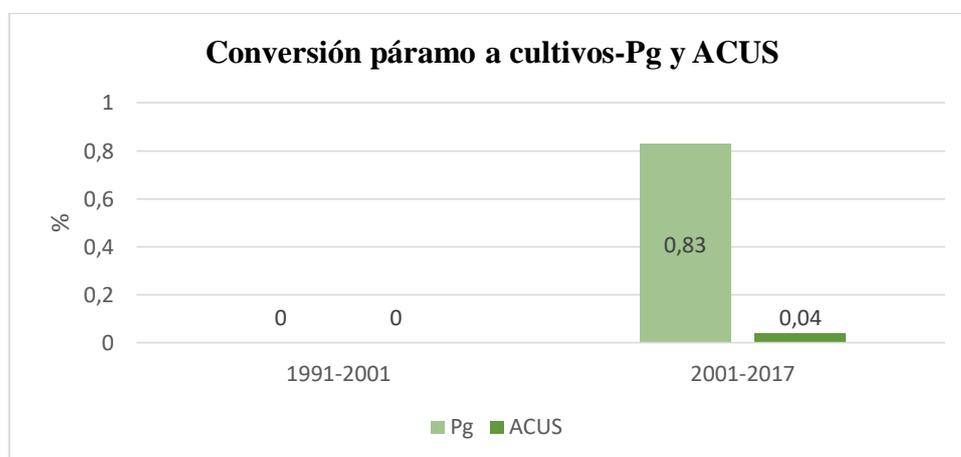


Figura 15. Conversión de páramo a cultivos

La figura 15 reporta que entre 1991 y 2001 no se ha transformado las coberturas de páramo en ningún paisaje, mientras que para el segundo periodo 2001-2017 se reportan valores del 0.83% de conversión de páramo hacia cultivos en el Pg y del 0.04% dentro del ACUS; estos cambios se observan únicamente en la parroquia de Julio Andrade.

La conversión de páramo a pastos fue mínima entre 1991 y 2001 reportando 0.02% de cambio en para los dos paisajes; y, fue mayor en los últimos 16 años con valores de 0.19% en Pg y 0.12% dentro del ACUS.

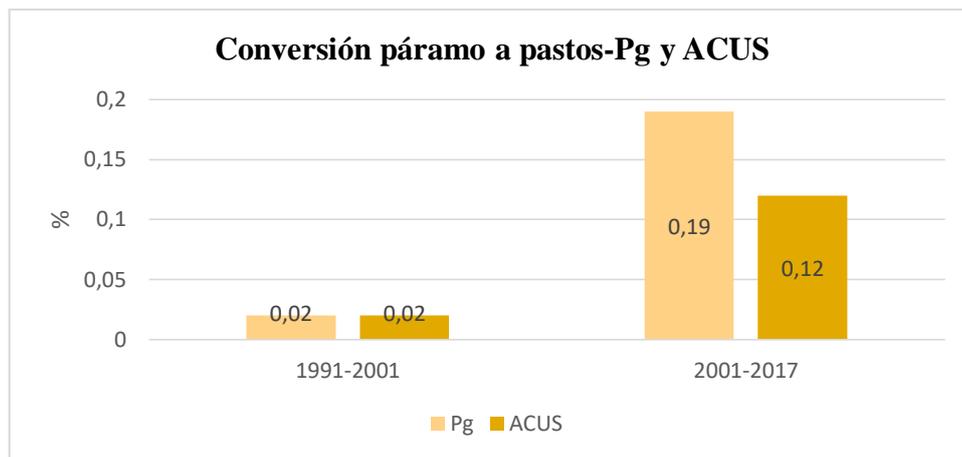


Figura 16. Conversión de páramo a pastos

En la tabla 10 se puede apreciar la interacción entre ecosistemas naturales a nivel de Pg y su consecuente conversión a coberturas antrópicas, definido en número de hectáreas, las que permanecen estables en color gris, deforestación o conversión de coberturas naturales a antrópicas en color naranja, regeneración en color verde oscuro y en amarillo las dinámicas entre coberturas antrópicas.

Tabla 9.

Conversión de coberturas naturales y antrópicas en el Pg para los dos periodos de estudio

	CONVERSIÓN 1991-2001 Pg					CONVERSIÓN 2001-2017 Pg				
	PARAMO	BOSQUE NATURAL	VEGETACIÓN ARBUSTIVA	CULTIVOS	PASTOS	PARAMO	BOSQUE NATURAL	VEGETACIÓN ARBUSTIVA	CULTIVOS	PASTOS
PARAMO	3383,4	0	0	0	0,7	3348,9	0	0	28,02	6,6
BOSQUE NATURAL	0	14195,7	0	276,6	343,8	0	13363,8	0	343,6	528,9
VEGETACIÓN ARBUSTIVA	0	0	4232,5	574,8	0	0	0	3394,3	604,6	247,87
CULTIVOS	0	43,3	24,7	5818,6	3337,5	0	0	6,8	5365,1	3032,9
PASTOS	0	0	0	1743,4	5984,5	0	0	0	3412,7	6253,8

Analizando los resultados en el paisaje general la deforestación es mayor en el segundo periodo de estudio, convirtiendo a cultivos y pastos importantes superficies de bosques naturales, vegetación arbustiva y páramo. Se logra regenerar en mínima incidencia superficies con vegetación arbustiva y bosque; mientras que, el cambio de uso agrícola a ganadero y viceversa es permanente.

En la Tabla 10 se presentan en igual arreglo que en la tabla anterior los resultados para el paisaje ACUS

Tabla 10.

Conversión de coberturas naturales y antrópicas en el ACUS para los dos periodos de estudio

CONVERSIÓN 1991-2001 ACUS						CONVERSIÓN 2001-2017 ACUS				
	PARAMO	BOSQUE NATURAL	VEGETACIÓN ARBUSTIVA	CULTIVOS	PASTOS	PARAMO	BOSQUE NATURAL	VEGETACIÓN ARBUSTIVA	CULTIVOS	PASTOS
PARAMO	3287,3	0	0	0	0,7	3282,1	0	0	1,23	4,0
BOSQUE NATURAL	0	11705,9	0	74,8	52,9	0	11466,8	0	146,8	128,7
VEGETACIÓN ARBUSTIVA	0	0	131,7	30,6	0	0	0	103,9	24,4	3,39
CULTIVOS	0	37,9	0	256,4	192,8	0	0	0,2	305,3	172,1
PASTOS	0	0	0	115,9	262,4	0	0	0	257,8	251,2

Se obtuvo que los escenarios de deforestación fueron mayores en el segundo periodo de estudio, donde el bosque natural fue convertido a cultivos y pastos en mayor incidencia respecto a la vegetación arbustiva y páramo. Se reporta actividad de cambio de uso del suelo entre coberturas antrópicas de agrícola a ganadero y viceversa.

- **Análisis del indicador de fragmentación del parche más grande (LPI)**

El índice de parche más dominante da una idea de la estructura del paisaje respecto a la complejidad y fragmentación; mientras decrecen los parches los paisajes se vuelven más complejos, dando lugar a la fragmentación de los mismos repercutiendo negativamente en el hábitat y estabilidad de los corredores para la biodiversidad asociada al área natural (Ver tabla 11).

Tabla 11.

Cambio en el indicador de presión LPI a nivel de paisaje para clases seleccionadas de CUT

PAISAJE	CLASE	1991 (%)	2001 (%)	2017 (%)	1991-2001	2001-2017
PG	PÁRAMO	2,68	2,68	2,68	0,00	0,00
	BOSQUE NATURAL	30,93	29,92	28,21	-1,01	-1,71
	VEGETACIÓN ARBUSTIVA	10,13	9,20	7,83	-0,93	-1,37
ACUS	PÁRAMO	6,60	6,60	6,60	0,00	0,00
	BOSQUE NATURAL	62,43	62,20	61,09	-0,23	-1,11
	VEGETACIÓN ARBUSTIVA	0,39	0,27	0,28	-0,11	0,00

En la Tabla 11 se encuentran los resultados en porcentaje del área que ocupaba el parche más representativo a nivel de clase o categoría para cada periodo de estudio y paisaje analizado. En el Pg y ACUS se observa que los parches más extensos de vegetación arbustiva y bosque natural sufrieron decrementos en los dos periodos de estudio, mientras que el páramo se mantiene estable.

El parche más representativo de bosque natural disminuye progresivamente; en 1991 ocupaba el 30.93% de la superficie del Pg, disminuyendo a 29.92% en 2001 y 28.21% en 2017; el parche más grande de vegetación arbustiva experimenta decrementos en los dos periodos de estudio con el 0.93% en el primer periodo de análisis; y, 1.37% para el segundo. En el paisaje ACUS esta cobertura natural en 1991 ocupaba el 62.43% de la superficie de este paisaje; para 2001 decrece a 62.20% y al 2017 disminuye en 61.09%, el parche más dominante de vegetación arbustiva disminuye del 0.39% al 0.27% entre 1991 y 2001; para el segundo periodo no se reporta variación.

En la figura 17, se puede apreciar el proceso de conversión y uso de la tierra, donde las coberturas antrópicas van fragmentando los ecosistemas naturales y su consecuente repercusión adversa en las dinámicas ecosistémicas.



Figura 17. Fragmentación del bosque natural, cuenca alta del río Chingual, parroquia de Julio Andrade, mayo 2017.

La ganadería de leche es sin duda una actividad económica común a lo largo de la cordillera oriental de Carchi, ya que para las familias del campo representa ingresos económicos a diario y a mediano plazo hasta reemplazar el rejoy productor y renovar los pastos en el mejor de los casos; así mismo, esta actividad se realiza en cualquier área convertida a pastizal sin considerar si las pendientes del terreno son apropiadas y si el efecto de compactación y degradación del suelo repercute negativamente en la sostenibilidad de la finca.

- **Análisis de indicadores de fragmentación: Longitud total del borde (TE) y Número de parches (NP)**

En la tabla 12 se reporta los valores obtenidos de longitud del borde de interacción entre áreas con coberturas naturales y antrópicas, además del número de parches con cobertura natural para los dos paisajes y periodos analizados.

Tabla 12.

Cambio en el indicador de fragmentación Longitud Total del borde (TE) en km y número de parches (NP) a nivel de paisaje

Paisaje	Variable	1991	2001	2017
Pg	NP (u)	524	504	496
	TE (km)	893	884	852
ACUS	NP (u)	270	268	283
	TE (km)	132	152	208

Analizando el Pg las teselas o parches con coberturas naturales disminuyen en cantidad progresivamente, en 1991 existieron 524 parches con coberturas naturales, para 2001 fueron 504 y en 2017 llegaron a 496, al desaparecer los parches también disminuyen la longitud del borde de interacción entre coberturas naturales y antrópicas de 893km a 884 km y 852km en los tres años de estudio respectivamente; implica una contracción de coberturas naturales y expansión de las antrópicas, esta tendencia se observa en la figura 18.

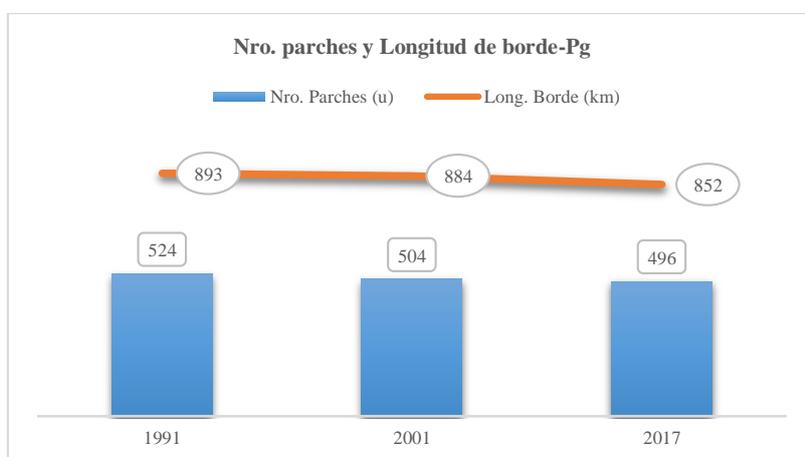


Figura 18. Análisis del número de parches con coberturas naturales y longitud de borde en el Pg

La figura 19 muestra que en el paisaje ACUS el número de parches con coberturas naturales aumenta en los últimos 26 años; fueron 270 en 1991, 268 en 2001 y 283 en 2017; implicando a la vez un aumento en la longitud de borde de 132km, 152km y 208km para los tres años de análisis, se puede apreciar esta relación en el siguiente gráfico:

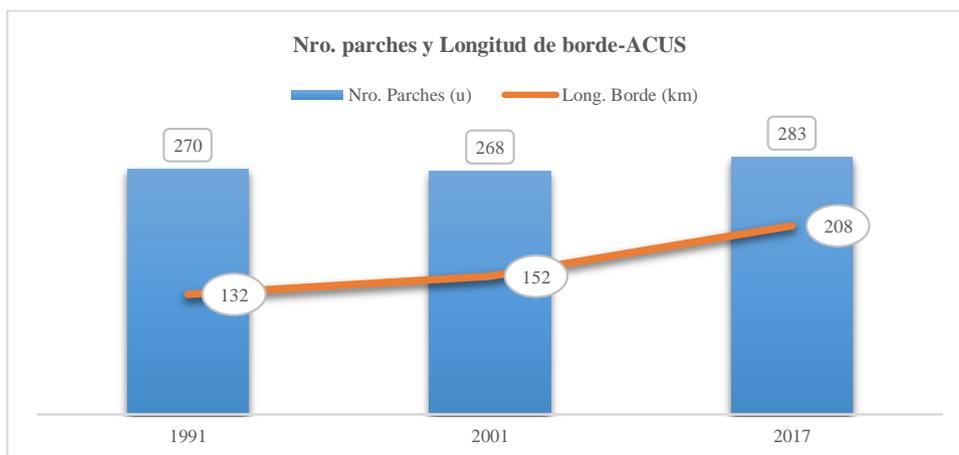


Figura 19. Análisis del número de parches con coberturas naturales y longitud de borde en el paisaje ACUS

La longitud de borde aumenta considerablemente con 20km en el primer periodo (1991-2001); y, 56km para el segundo periodo (2001-2017); se atribuye este resultado a la naturaleza misma del límite ACUS; puesto que es muy irregular, y en segundo lugar se puede referir a una mayor presión en el límite de los ecosistemas naturales con la ampliación de la frontera agrícola. En los recorridos realizados en campo se puede apreciar la presencia de humo efecto de la combustión para generar carbón vegetal y para ampliar los espacios de cultivo y pastizales (Ver figura 20).



Figura 20. Ampliación de la frontera agrícola, sector de El Chamizo, Montúfar, Carchi, febrero 2018

4.3 Propuesta de lineamientos generales para promover la gestión sostenible del ACUS COC.

Con base a los resultados del análisis de las dinámicas de uso de la tierra y fragmentación de hábitats en la cordillera oriental de Carchi y considerando los principios para la gestión del ACUS COC (manejo integral de ecosistemas, planificación y gestión con enfoque ecosistémico, corresponsabilidad de todos los actores y gestión adaptativa a cambios globales) que constan en el documento del plan de manejo del área se establecen los siguientes lineamientos generales:

- 1) Generar y aplicar una normativa local que especifique los cumplimientos obligatorios, actividades permitidas y no permitidas con base a la zonificación y Plan de Manejo (PM) del ACUS COC, además de la creación y otorgamiento de incentivos para quienes protegen y conservan las áreas con coberturas naturales (los páramos junto con los bosques montanos, constituyen el principal mecanismo de regulación hídrica para sostener la provisión de agua para consumo humano, riego y abrevadero a lo largo del año en toda la subcuenca del río Apaquí) que garanticen el mantenimiento del capital natural y servicios ambientales del ACUS.
- 2) Minimizar la tasa de conversión de coberturas naturales, hasta llegar a cero deforestación dentro del ACUS. En el área de amortiguamiento implementar programas de capacitación y asistencia técnica para mejorar las actividades productivas, limitando el avance de la frontera agrícola y el desmedido uso de agroquímicos. Se podrían considerar buenas prácticas de producción agrícola y pecuaria como: la elaboración y uso de abonos orgánicos, diversificación y rotación de cultivos, optimización del recurso hídrico con sistemas de riego más eficientes, mejoramiento genético de las razas de ganado lechero y en los sistemas de crianza de ganado menor (cerdos, cuyes y aves), incorporación de mezclas de pastos forrajeros que favorecen a la producción de leche, entre otros.
- 3) Llevar un riguroso control y aplicación de la ley por parte de los ejecutores del PM, ya que no está permitido la ampliación de la frontera agrícola, eliminación de la cubierta vegetal natural, extracción de fauna, flora y otros seres vivos (hongos, bacterias, microorganismos, etc.) sin permisos de la autoridad ambiental y con fines comerciales, vertido de contaminantes a los cuerpos de agua, entre otros.
- 4) Promover proyectos de restauración ecosistémica con especial atención en las fincas que se encuentran dentro del ACUS, como medida para contrarrestar los

efectos de la fragmentación de coberturas naturales, considerando la protección de las fuentes de agua, riberas de ríos y quebradas, la conformación de corredores para la biodiversidad, revegetación con especies nativas de áreas degradadas y fomento de sistemas agrosilvopastoriles con especies multipropósito que brinden beneficios ambientales y favorezcan a la economía de las familias campesinas.

- 5) Fomentar las acciones de conservación de las coberturas naturales, especialmente de páramo y bosque andino, se debe promover un programa de adquisición de tierras para limitar el uso antrópico dentro del ACUS COC (p.e. las juntas administradoras de agua para consumo humano o de riego de la cordillera oriental de Carchi, deben organizarse y/o aliarse con otras instituciones estatales o privadas para adquirir a través de la compra y venta los terrenos donde se encuentran las vertientes o fuentes de agua, los sitios de captación y en lo posible las cabeceras de las cuencas hídricas que aportan a los sistemas de agua).
- 6) Entendiendo que un ACUS representa una nueva forma de gestión, se convierte en un reto considerar al hombre como parte del ecosistema; tomando en cuenta las necesidades propias del ser humano y el espacio donde desarrolla sus actividades; para el caso del ACUS COC, se ha establecido en el PM que los sistemas productivos deben optimizar recursos y aplicar prácticas de manejo sostenible de la tierra fomentando la producción agroecológica y ganadera más limpia.
- 7) Trabajar de manera incluyente entre el equipo técnico, de apoyo y finqueros en la delimitación del área de conservación con la finalidad de evitar futuros malos entendidos e incumplimientos de las partes.
- 8) Considerar al turismo de naturaleza, educativo, científico y rural como una alternativa económica a los sistemas tradicionales de producción, aprovechando los espacios de interpretación ambiental, miradores, senderos, fincas piloto donde se han implementado prácticas de manejo sostenible de la tierra y bosques, entre otros.
- 9) Fomentar un programa de investigación y monitoreo a largo plazo sobre uso y ocupación del suelo, estudios de reservorios y secuestro de carbono (CONDESAN en 2017 reportó valores superiores a 800 tonC/ha presentes en los compartimentos de suelo y biomasa aérea de los boques montanos de la cordillera oriental de Carchi), inventarios y monitoreo de especies de flora y fauna, considerando las especies que se encuentran en peligro de extinción (*Clusia flavoflora*, *Tremarctos ornatus*, *Tapirus pinchaque*, entre otros)

10) Se debe apoyar los esfuerzos por conservar el hábitat del oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*), especie que habita en gran parte de la cordillera de los Andes desde Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia hasta el norte de Argentina; puesto que al mantener su hábitat se conserva el área de recarga hídrica, los bosques montanos y vegetación protectora de las fuentes de agua que son aprovechadas para consumo humano, abrevadero y riego en la cuenca media y baja de los ríos Chingual y Apaquí.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- La información obtenida de CONDESAN del análisis de cambio de cobertura y uso de la tierra para la cordillera oriental de Carchi fue validada y se calificó como una base de datos útil, que se usó como punto de partida para la aplicación de indicadores de presión antrópica y fragmentación ecosistémica en este estudio.
- Las dinámicas de presión antrópica en el área de estudio no son lineales, ni se presentan en igual magnitud en las escalas espacio y tiempo; en el Pg se evidencia una tendencia a aumentar las áreas de uso antrópico a un ritmo anual del 0.28% en los últimos 26 años; mientras que, dentro del ACUS esta tasa varía reportándose un mayor incremento en los últimos 16 años con 0.12%; este indicador advierte que permanentemente existe ampliación de la frontera agrícola sobre el área de recarga hídrica y su consecuente alteración en los flujos e interacciones entre ecosistemas y los patrones de perturbación generados.
- A nivel de clase las coberturas naturales vulnerables a los cambios y amenazadas por el avance de la frontera agrícola fueron la vegetación arbustiva y el bosque natural, este patrón obedeció a una ampliación de áreas de cultivos en primera instancia y en menor incidencia hacia pastos; indicándonos que los paisajes analizados presentaron modificaciones respecto a su estructura, disminuyendo las áreas con coberturas naturales, dando paso a la creciente matriz con mosaico agropecuario, mientras que el ecosistema de páramo, presentó dinámicas moderadas de conversión de uso de la tierra.
- En los últimos 26 años la cordillera oriental de Carchi ha experimentado fragmentación de hábitats a distinta escala, en el Pg se presentó un efecto de contracción donde los parches con coberturas naturales están disminuyendo de tamaño y desapareciendo; mientras que, dentro del ACUS se evidenció una mayor interacción de borde y aumento de parches de clases naturales, incrementando la fragmentación de hábitats y complejidad de este paisaje, fenómeno que se observa con mayor frecuencia en las parroquias de Julio Andrade, Huaca, Mariscal Sucre, San Gabriel, La Paz y Monte Olivo.
- Se establecieron diez lineamientos generales para promover la gestión sostenible del ACUS COC, considerando medidas que aporten a la conservación de páramo y

bosque montano, a la restauración de áreas degradadas, la creación e implementación de incentivos, la aplicación de prácticas de manejo sostenible de la tierra y de mitigación al cambio climático, fomento productivo, desarrollo e impulso de la investigación, capacitación integral, educación y sensibilización ambiental y desarrollo turístico, buscando minimizar las tasas de conversión de coberturas naturales a usos antrópicos y fragmentación de hábitats.

Recomendaciones

A los ejecutores del Plan de Manejo:

- Considerar las tasas de cambio de CUT y fragmentación de ecosistemas en el área de conservación y amortiguamiento del ACUS COC, con la finalidad de emprender acciones que incrementen la resiliencia de los ecosistemas y su funcionalidad, además de establecer un programa de monitoreo continuo de las coberturas naturales.
- Extender la presente investigación con un estudio actualizado de la oferta hídrica natural de las cuencas hidrográficas a lo largo del ACUS COC con la finalidad de robustecer la propuesta de retribución por servicios ecosistémicos y comprometer a las comunidades en la conservación del área de recarga hídrica y restauración de áreas degradadas.
- Considerar como futura investigación el enfoque de ecología de comunidades vegetales respecto a cambios en la composición y estructura de la vegetación a lo largo del gradiente altitudinal entre el bosque natural y el páramo andino analizando su relación con los cambios estructurales del paisaje.
- Normar la comercialización y uso de agroquímicos y pesticidas para el control de plagas y enfermedades en el cultivo tradicional de papas debido a que no existen estudios concretos que determinen los niveles de contaminación en el suelo y el agua además de la permanencia de estos compuestos y sus efectos sobre la salud de los productores.

REFERENCIAS

- Acuerdo Ministerial 064. (Registro Oficial No.60 del 05 de noviembre del 2009). *Ministerio del Ambiente del Ecuador*.
- Acuerdo Ministerial 083. (Registro Oficial Suplemento 829 del 30 de agosto del 2016). *Ministerio del Ambiente del Ecuador*.
- Aguilera, F. (2010). Aplicación de métricas de ecología del paisaje para el análisis de patrones de ocupación urbana en el Área Metropolitana de Granada. *Anales de Geografía*, 30. (2), 9-29.
- Armenteras, D., y Villa, C. (2006). *Deforestación y fragmentación de ecosistemas naturales en el Escudo Guayanés Colombiano*. Bogotá: Colciencias.
- Asner, G., Elmore, A., Olander, L., Martin, R., y Harris, T. (2004). Grazing Systems, Ecosystem Responses, And Global Change. *Annual Review of Environment and Resources*, 29. 261-299.
- Badii, M., & Landeros, J. (2007). Measurement of the landscape fragmentation and its relation with sustainabilit. *International Journal of Good Conscience*, Vol 2 (1) , 26-38.
- Boada, C., Buitrón, G., Salgado, S., & Tobar, C. (2008). *Composición y diversidad de la flora y fauna en cuatro localidades de la provincia del Carchi dentro del área de intervención del proyecto GISRENA*. Tulcán: Fundación EcoCiencia - Proyecto Páramo Andino. Gobierno Provincial del Carchi.
- Código Orgánico del Ambiente. (2017, 04, 12). *Registro Oficial Suplemento 983*.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. (2017). [Página web
wn línea] Disponible en:
<http://www.biodiversidad.gob.mx/corredor/fragmentacion.html>
- Cotler, H. (Comps.). (2004). *El manejo integral de cuencas en México: estudios y reflexiones para orientar la política ambiental*. México, D.F: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales Instituto Nacional de Ecología.
- CONDESAN. (2016a). *Informe de análisis de cambio de cobertura y uso de la tierra para el ACUS COC*. Quito: CONDESAN
- CONDESAN. (2016b). *Informe de zonificación para el área de conservación y uso sustentable de la cordillera oriental de la provincia del Carchi*. Quito: CONDESAN.

- Constitución de la Republica del Ecuador. (Decreto Ejecutivo 0, Registro oficial 449 del 20 de octubre del 2008) *Asamblea Nacional Constituyente*. Recuperado de http://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4_ecu_const.pdf
- Convenio de Diversidad Biológica, *Publicado en el Registro Oficial No. 647*, 6 de marzo de 1995.
- Cueto, V. (2006). Escalas en ecología: Su importancia para el estudio de la selección de hábitat en aves. *Hornero*, 21, 1-13.
- Di Gregorio, A., y Jansen, L. (2000). *Land cover classification system (lccs): classification concepts and user manual*. Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Echeverría, C., Coomes, D., Hall, M., y Newton, A. (2008). Spatially explicit models to analyze forest loss and fragmentation between 1976 and 2020 in southern Chile. *Ecological Modelling*, 212, 439-449. doi: 10.1016/j.ecolmodel.2007.10.045
- Gómez, A., Anaya, J., y Alvarez, E. (2005). Análisis de fragmentación de los ecosistemas boscosos en una región de la cordillera central de los andes colombianos. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 4 (7), 13-27.
- Gurrutxaga, M. (2004). *Conectividad ecológica del territorio y conservación de la biodiversidad: nuevas perspectivas en ecología del paisaje y ordenación territorial*. Vitoria: Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco.
- Gurrutxaga, M., y Lozano, P. (2008). Ecología del Paisaje. Un marco para el estudio integrado de la dinámica territorial y su incidencia en la vida silvestre. *Estudios Geográficos*, 69 (265), 519-543. doi: 10.3989/estgeogr.0427
- Ibañez, J. (2009). Un Universo invisible bajo nuestros pies [Blog]. Retrieved from <http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2009/02/12/112749>
- Losada, J., & Arnau, J. (2000). Fiabilidad entre observadores con datos categóricos mediante el Anova. *Psicothema*, 12 (2), 335-339.
- Mazzoni, E. (2014). Unidades de paisaje como base para la organización y gestión territorial. *Estudios Socioterritoriales*, 16 (Supl.1), 51-81.
- Mcgarigal, K., y Marks, B. (1995). *Fragstats Spatial Pattern Analysis Program for quantifying landscape structure*. Oregon: Forest Science Department.
- Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2012a). *Sistema de clasificación de los ecosistemas del Ecuador continental*. Quito: Subsecretaría de Patrimonio Natural.
- Ministerio del Ambiente. (2012b). *Línea Base de Deforestación del Ecuador Continental*. Quito.

- Ordenanza que crea el Área de Conservación y Uso Sustentable Provincial a la Cordillera Oriental de Carchi. *Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia del Carchi*, (2015, 11, 11).
- Peralvo, M., y Cuesta, F. (2014a). Dinámicas de cambio de cobertura y uso de la tierra en los páramos andinos. En: Cuesta F, Sevink J, Llambí LD, De Bièvre B, Posner J, Editores. *Avances en investigación para la conservación de los páramos andinos*, CONDESAN, 307-324.
- Peralvo, M., y Cuesta, F. (2014b). Conversión de ecosistemas altoandinos: vínculos entre patrones y procesos a múltiples escala. En: Cuesta F, Sevink J, Llambí LD, De Bièvre B, Posner J, Editores. *Avances en investigación para la conservación de los páramos andinos*, CONDESAN, 325-351
- Petitpas, R. (2010). *Cambios en los Patrones Espaciales del Paisaje: Caso de Estudio en un Valle Pre-Cordillerano de la IX Región de Araucanía, Chile*. Trabajo de grado de Ingeniería no publicada, Pontificia Universidad Católica de Chile, Chile.
- Plan Estratégico para la Diversidad Biológica 2011-2020. *10ª Reunión de la Conferencia de las partes en el Convenio de Diversidad Biológica*, 2010
- Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021. (Resolución No. CNP-003-2017). *Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (SENPLADES)*, 22 de septiembre de 2017..
- Ramankutty, N., & Foley, J. (1999). Estimating historical changes in global land cover: Croplands from 1700 to 1992. *Global biogeochemical cycles*, 13 (4), 997-1027.
- Rodríguez, J., Rodríguez, K., Baillie, J., Ash, N., Benson, J., Boucher, T., . . . Smith, T. (2011). Definición de Categorías de UICN para Ecosistemas Amenazados. *Conservation Biology*, 25, 21-29
- Santos, T., y Tellería, J. (2006). Pérdida y fragmentación del hábitat: efecto sobre la conservación de las especies. *Ecosistemas*, 15 (2), 3-12.
- Vila, J., Varga, D., Llausàs, A., & Ribas, A. (2006). Conceptos y métodos fundamentales en ecología del paisaje (landscape ecology) Una interpretación desde la geografía. *Doc. Anal. Geogr.*, 48, 151-166.

CAPITULO VI

ANEXOS

Anexo A. Categorías de CUT utilizadas por CONDESAN

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN
<i>Cultivos</i>	Corresponde a zonas con alta intervención antrópica. Son áreas que actualmente se encuentra destinadas a usos de tipo agrícola.
<i>Pastos</i>	Corresponde a zonas con alta intervención antrópica. Son áreas que actualmente se encuentra destinadas a usos de tipo pecuario.
<i>Bosque Natural</i>	Son áreas que tienen una cobertura boscosa importante relacionadas con la presencia de especies endémicas o indicadoras de alta biodiversidad (Por ejemplo: La especie Guanderas)
<i>Páramo</i>	Para la zona de estudio este tipo de vegetación se presenta aproximadamente sobre los 3800 metros de altura y localizada dentro de la zona del ACUS.
<i>Vegetación Arbustiva</i>	Se encuentran presentes en su gran mayoría en zonas de fuertes pendientes y quebradas.
<i>Cuerpos de Agua</i>	Corresponden a lagos, lagunas y ríos
<i>Zonas Urbanas</i>	

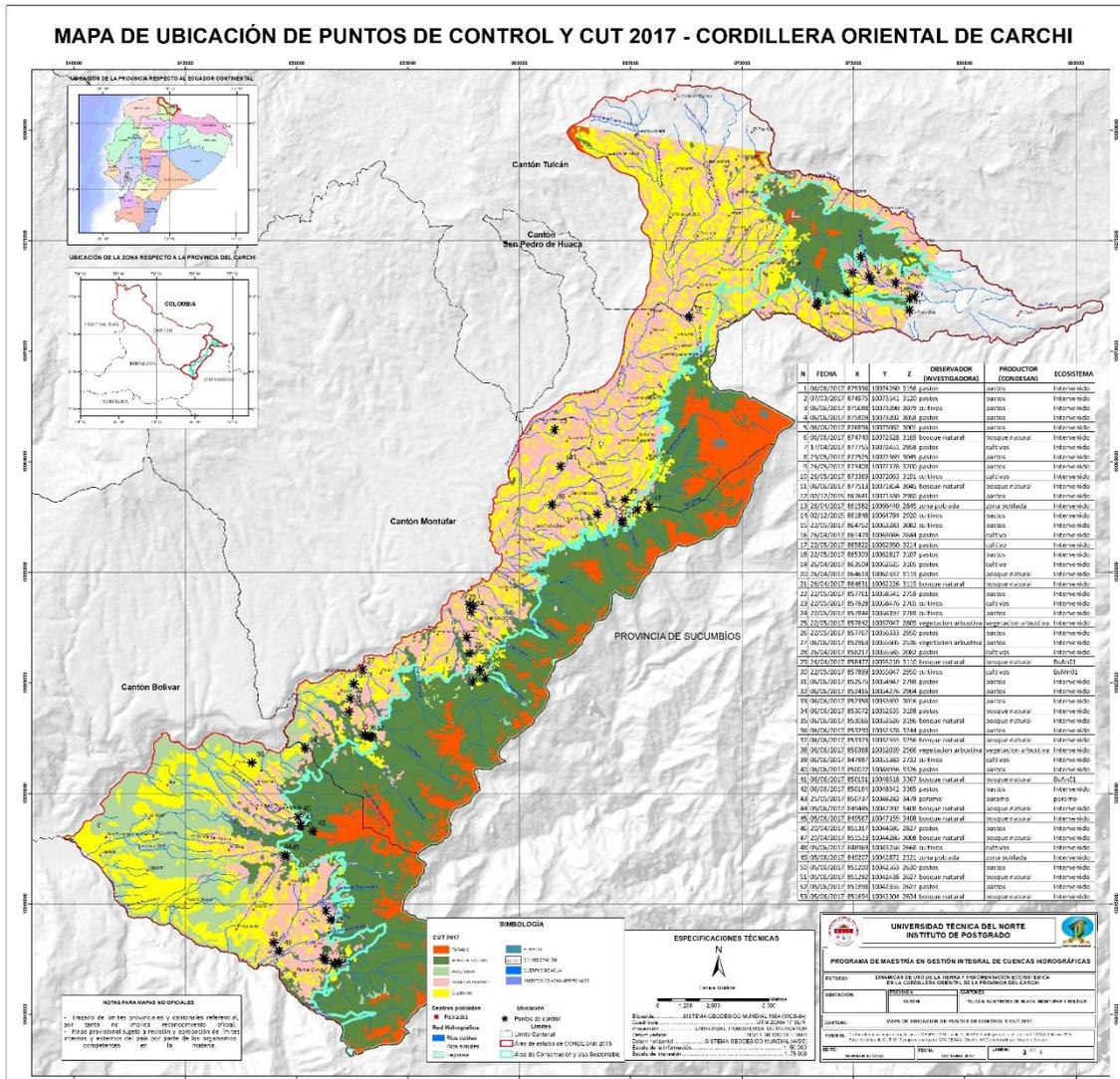
Fuente: Análisis de Cambio de Cobertura y uso de la Tierra para el ACUS COC, CONDESAN, 2016

Anexo B. Ubicación de puntos de control para validación de bases de datos de CUT 2017

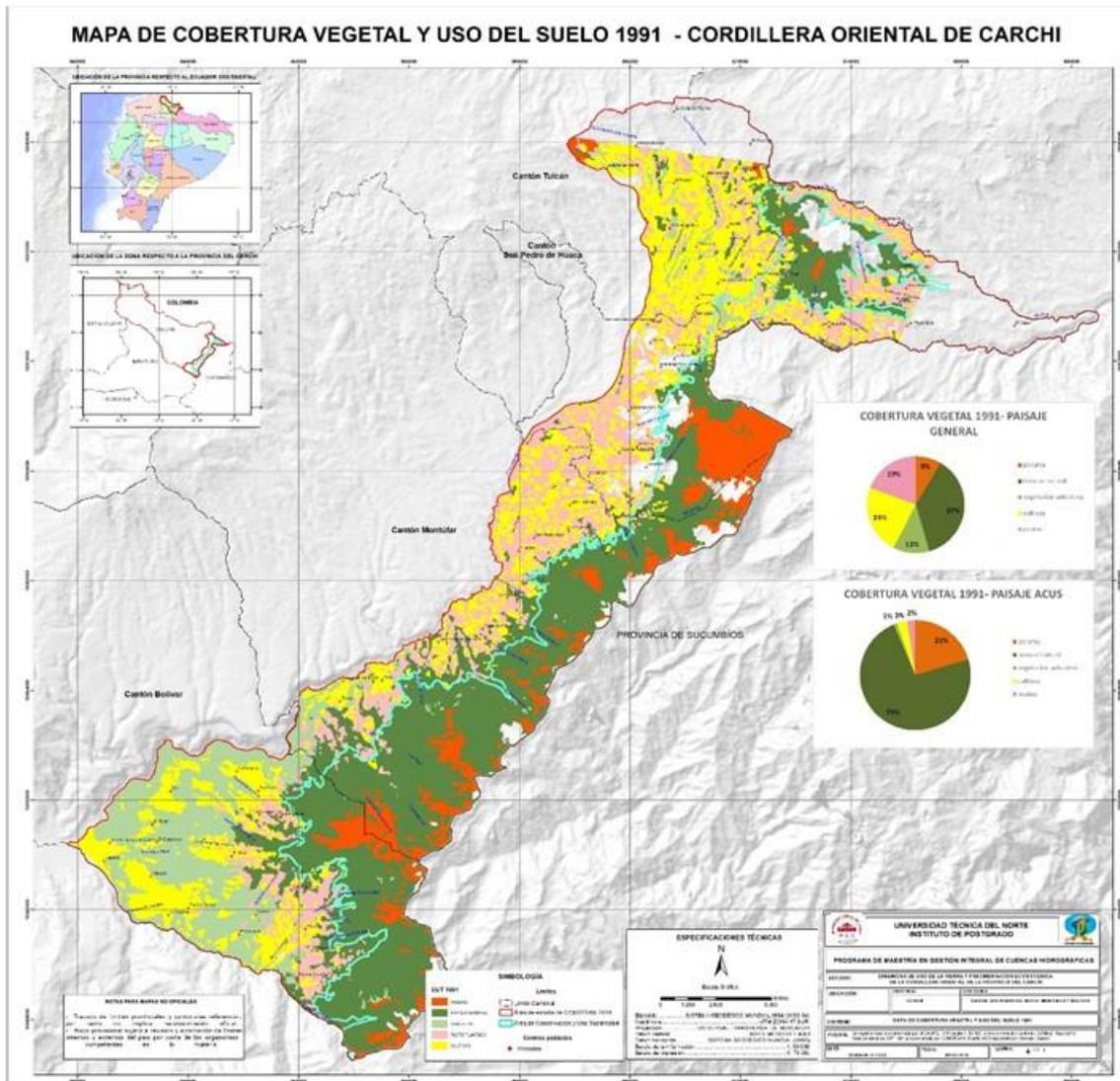
N	FECHA	Coordenadas WGS 84 UTM zona 17 S			Coberturas		ECOSISTEMA
		X	Y	Z	Observador (Investigadora)	Productor (Condesan)	
1	06/06/2017	875336	10074260	3156	pastos	pastos	Intervenido
2	07/03/2017	874975	10073541	3120	pastos	pastos	Intervenido
3	06/06/2017	875688	10073390	3079	cultivos	pastos	Intervenido
4	06/06/2017	875809	10073202	3058	pastos	pastos	Intervenido
5	06/06/2017	876896	10073082	3001	pastos	pastos	Intervenido
6	06/06/2017	874740	10072628	3169	bosque natural	bosque natural	Intervenido
7	17/04/2017	877755	10072451	2958	pastos	cultivos	Intervenido
8	23/05/2017	877525	10072369	3045	pastos	pastos	Intervenido
9	26/05/2017	873408	10072178	3200	pastos	pastos	Intervenido
10	26/05/2017	873369	10072063	3191	cultivos	cultivos	Intervenido
11	06/06/2017	877513	10071854	3045	bosque natural	bosque natural	Intervenido
12	02/12/2015	867641	10071530	2980	pastos	pastos	Intervenido
13	26/04/2017	861582	10066440	2845	zona poblada	zona poblada	Intervenido
14	02/12/2015	861848	10064784	2920	cultivos	pastos	Intervenido
15	22/05/2017	864752	10063283	3082	cultivos	pastos	Intervenido
16	26/04/2017	861478	10063046	2844	pastos	cultivo	Intervenido
17	22/05/2017	865822	10062950	3214	pastos	cultivo	Intervenido
18	22/05/2017	865309	10062817	3107	pastos	pastos	Intervenido
19	26/04/2017	863509	10062625	3105	pastos	cultivo	Intervenido
20	26/04/2017	864618	10062337	3119	pastos	bosque natural	Intervenido
21	26/04/2017	864631	10062226	3119	bosque natural	bosque natural	Intervenido
22	22/05/2017	857761	10058541	2759	pastos	pastos	Intervenido
23	22/05/2017	857928	10058476	2765	cultivos	cultivos	Intervenido
24	22/05/2017	857844	10058197	2789	cultivos	pastos	Intervenido
25	22/05/2017	857642	10057047	2809	vegetación arbustiva	vegetación arbustiva	Intervenido
26	22/05/2017	857767	10056333	2950	pastos	pastos	Intervenido
27	06/06/2017	852963	10055605	2536	vegetación arbustiva	pastos	Intervenido
28	26/04/2017	858217	10055585	2082	pastos	cultivos	Intervenido
29	26/04/2017	858477	10055210	3110	bosque natural	bosque natural	BsAn01
30	22/05/2017	857899	10055047	2950	cultivos	cultivos	BsMn01
31	06/06/2017	852575	10054947	2798	pastos	pastos	Intervenido
32	06/06/2017	852416	10054276	2904	pastos	pastos	Intervenido
33	06/06/2017	852358	10053692	3016	pastos	pastos	Intervenido
34	06/06/2017	853072	10052635	3198	pastos	bosque natural	Intervenido
35	06/06/2017	853066	10052626	3196	bosque natural	bosque natural	Intervenido
36	06/06/2017	853290	10052578	3244	pastos	pastos	Intervenido

N	FECHA	Coordenadas WGS 84 UTM zona 17 S			Coberturas		ECOSISTEMA
		X	Y	Z	Observador (Investigadora)	Productor (Condesan)	
37	06/06/2017	853373	10052555	3256	bosque natural	bosque natural	Intervenido
38	06/06/2017	850368	10052039	2566	vegetación arbustiva	vegetación arbustiva	Intervenido
39	06/06/2017	847987	10051383	2732	cultivos	cultivos	Intervenido
40	06/06/2017	850072	10048936	3326	pastos	pastos	Intervenido
41	06/06/2017	850191	10048518	3367	bosque natural	bosque natural	BsAn01
42	06/06/2017	850164	10048542	3365	pastos	pastos	Intervenido
43	25/05/2017	850737	10048282	3478	paramo	paramo	paramo
44	05/06/2017	849445	10047202	3408	bosque natural	bosque natural	Intervenido
45	05/06/2017	849567	10047159	3408	bosque natural	bosque natural	Intervenido
46	20/04/2017	851317	10044695	2827	pastos	pastos	Intervenido
47	20/04/2017	851523	10044286	3008	bosque natural	bosque natural	Intervenido
48	05/06/2017	848969	10043258	2668	cultivos	cultivos	Intervenido
49	05/06/2017	849207	10042872	2321	zona poblada	zona poblada	Intervenido
50	05/06/2017	851200	10042563	2630	pastos	pastos	Intervenido
51	05/06/2017	851292	10042438	2627	bosque natural	bosque natural	Intervenido
52	05/06/2017	851898	10042355	2627	pastos	pastos	Intervenido
53	05/06/2017	851694	10042304	2634	bosque natural	bosque natural	Intervenido

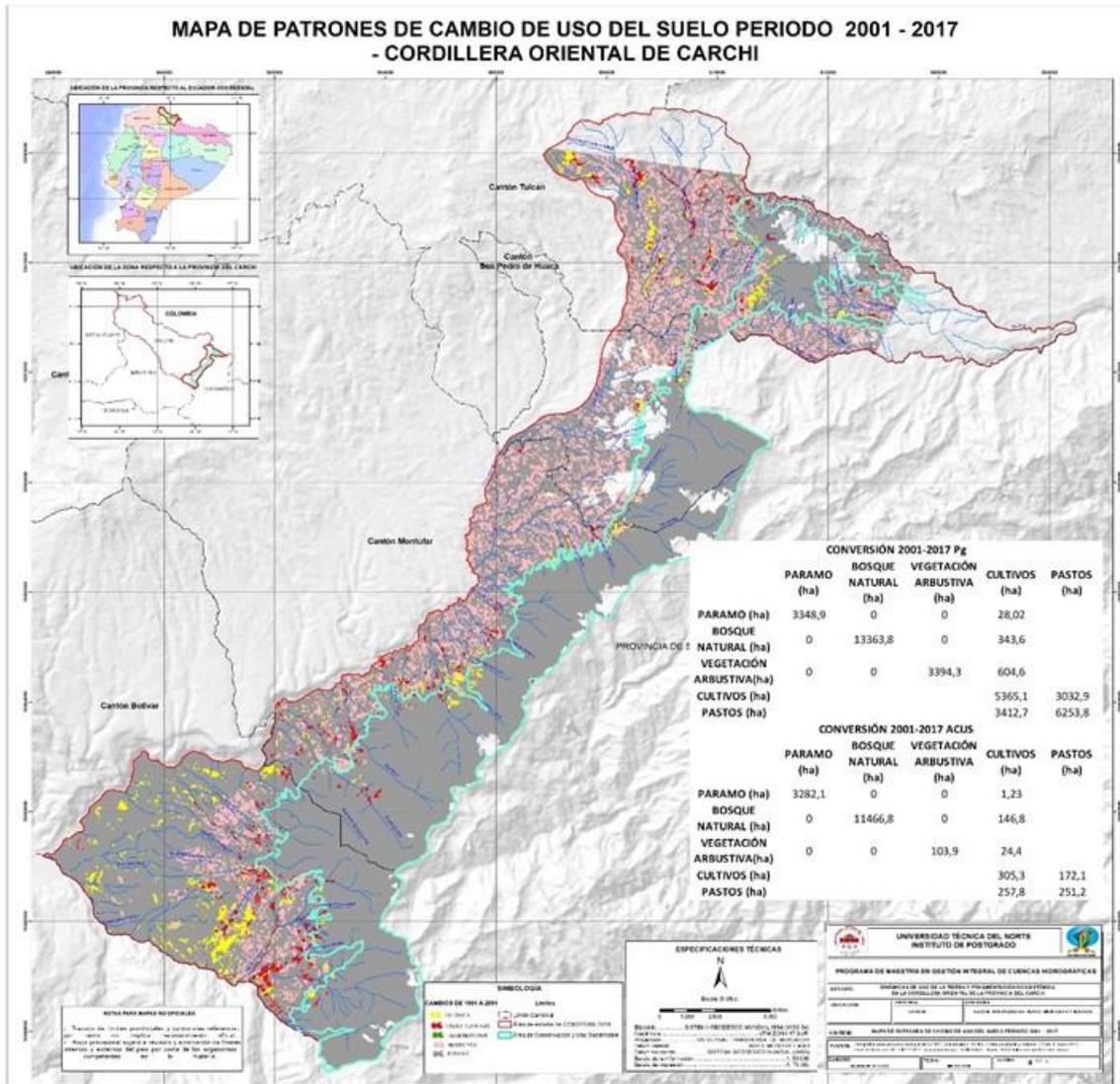
Anexo D. Mapa de ubicación de puntos de control para validación de bases de datos de CUT 2017



Anexo F. Mapa de cobertura y uso de la tierra 1991



Anexo J. Mapa de cambios de CUT 2001-2017



**Anexo K. Mosaico agropecuario, sector de El Aljún, parroquia El Carmelo,
febrero 2018**



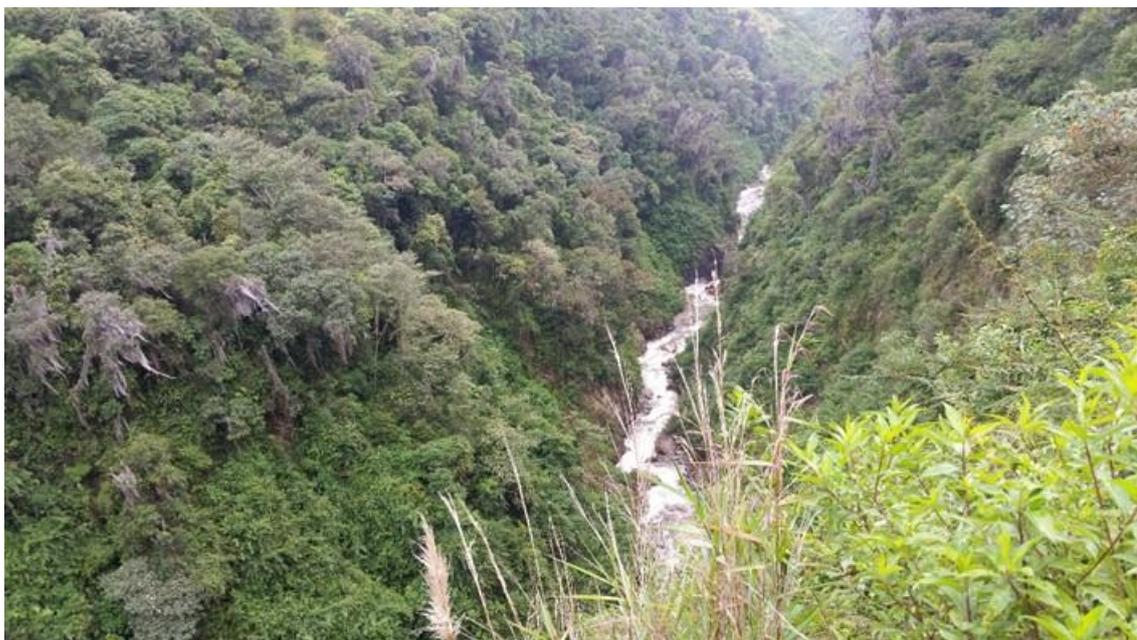
**Anexo L. Mosaico agropecuario, sector Quebrada El Oso, parroquia San
Gabriel, julio 2017**



**Anexo M. Mosaico agropecuario, sector de Raygras, parroquia Monte Olivo,
mayo 2018**



**Anexo N. Cobertura de bosque natural en las orillas del Río San Miguel,
parroquia Monte Olivo**



Anexo O. Páramo de Mondragón, cantón Bolívar, mayo 2017



Anexo P. Vegetación arbustiva, sector Tuquer, cantón Montúfar, mayo 2017



Anexo Q. Uso agrícola del suelo, sector Athal, cantón Montúfar, mayo 2017



Anexo R. Reservorio de agua para riego sobre los 3240 m.s.n.m., sector Tuquer, cantón Montúfar, mayo 2017



Anexo S. Uso ganadero del suelo, El Carmelo, noviembre 2017



Anexo T. Sistema silvopastoril con plantaciones de árboles en callejones siguiendo las curvas de nivel, sector Agua Fuerte, parroquia El Carmelo, enero 2017



Anexo U. Pastoreo de ganado vacuno en áreas de fuerte pendiente, parroquia El Carmelo, mayo 2017



Anexo V. Dilución de agroquímicos para tratar plagas en cultivo de papas, sector Playa Alta, parroquia El Carmelo, mayo 2017

