

Carchi y sus bosques montanos: | investigación y conservación

Andrea Terán-Valdez, Esteban Pinto y Francisco Cuesta

2



Carchi y sus bosques montanos: investigación y conservación

Andrea Terán-Valdez, Esteban Pinto y Francisco Cuesta

2

Consortio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina - CONDESAN

Oficina en Lima-Perú:

Las Codornices 253
Surquillo
Tel. +51 1 618 9400

Oficina en Quito-Ecuador:

Germán Alemán E12-123 y
Carlos Arroyo del Río
Tel. +593 2 2248491

condesan@condesan.org | www.condesan.org

© **CONDESAN. 2019**

ISBN: 978-9942-809-03-2

Autores: Andrea Terán-Valdez¹, Esteban Pinto¹, Francisco Cuesta^{1,3}

Mapas elaborados por: Edwin Ortiz y Linda Grijalva²

1 Área de biodiversidad CONDESAN.

2 Área de medios de vida y paisajes sostenibles CONDESAN.

3 Department of Ecosystem & Landscape Dynamics, University of Amsterdam, Netherlands.

Corrección de estilo, ilustración, diseño gráfico y diagramación:

Manthra Comunicación · www.manthra.ec · info@manthra.net

Fotografía portada:

Francisco Cuesta

Favor citar este documento de la siguiente forma: Terán-Valdez, A., Pinto, E., y Cuesta, F. 2019. Carchi y sus bosques montanos: investigación y conservación. Proyecto EcoAndes, CONDESAN, Quito, Ecuador.

Esta publicación fue desarrollada en el marco del Proyecto EcoAndes, financiado por el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM). El Proyecto EcoAndes se implementó a través del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (ONU-Medio Ambiente) y ejecutado por el Consorcio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina (CONDESAN) en Ecuador y Perú.



ECOANDES

Con el apoyo de:

MINISTERIO DEL AMBIENTE



| Presentación

En el marco de la gestión del Área de Conservación y Uso Sustentable Provincial de la Cordillera Oriental del Carchi (ACUS COC), se presentan los resultados del monitoreo de biodiversidad y contenidos de carbono en bosques siempreverdes montanos altoandinos, los ecosistemas más abundantes del ACUS COC. Se obtuvo información que sustenta la importancia de la conservación de los bosques del ACUS COC, por su aporte a la provisión de servicios ecosistémicos y a la mitigación del cambio climático.

Este estudio fue impulsado por CONDESAN y realizado durante dos años en tres localidades en la Cordillera Oriental de Carchi: Guandera, Virgen Negra y El Palmar Grande. Se describe el cambio de cobertura y uso de la tierra en el ACUS COC, su área de influencia en el periodo 1991 - 2017 y la fragmentación del paisaje como un proxy de degradación en los bosques monitoreados.

La información sobre la dinámica de los bosques montanos muestra la importancia estratégica de preservar estos ecosistemas, que deben ser considerados como áreas de preservación sin usos, en el marco de la zonificación del ACUS COC. Es importante garantizar el mantenimiento de un sistema de monitoreo, que permita profundizar y completar vacíos de información sobre el aporte de los bosques en la regulación hídrica, las dinámicas de acumulación de carbono y las capacidades de regeneración natural de los ecosistemas.



Características generales de la cordillera de Carchi

El Área de Conservación y Uso Sostenible de la Cordillera Oriental de Carchi (ACUS COS) fue declarada área protegida en 2015, por su importancia en la protección del sistema hídrico de la subcuenca del río Apaqui. Los recursos hídricos producidos en esta zona abastecen a trece comunidades con agua para consumo humano y actividades agropecuarias y benefician a 640 usuarios (Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Carchi, 2017).

El ACUS COC tiene una superficie de 17.564 ha y se encuentra a una elevación promedio de 3.100 m (3.100 a 4.074 m). La temperatura media anual varía entre 6 y 13°C, y la precipitación entre 900 y 1.500 mm en un gradiente Sur-Norte, siendo la parte Sur más seca.

La Cordillera Oriental de Carchi conserva 89% de sus ecosistemas (bosque siempreverde montano, arbustal siempreverde y herbazal del páramo, rose tal caulescente y herbazal del páramo, bosque siempreverde montano alto). 10,67% de la superficie pertenece a áreas intervenidas y 0,01% a cuerpos de agua (Figura 1). De los ecosistemas remanentes, el bosque siempreverde montano alto es el más extendido, aproximadamente 50% de la superficie total (Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia del Carchi, 2017).

A pesar de la importancia de los ecosistemas del ACUS COC en la provisión de servicios para las personas locales, actualmente se encuentran amenazados por la extensión de la barrera agrícola, las prácticas agropecuarias insostenibles, que generan pérdida de suelo y contaminación de agua, y la pesca y cacería ilegales. En los últimos 25 años, se estima que la extensión de bosque, dentro del ACUS y en su zona de influencia directa, se ha reducido 3,4% (Ortiz, 2018).



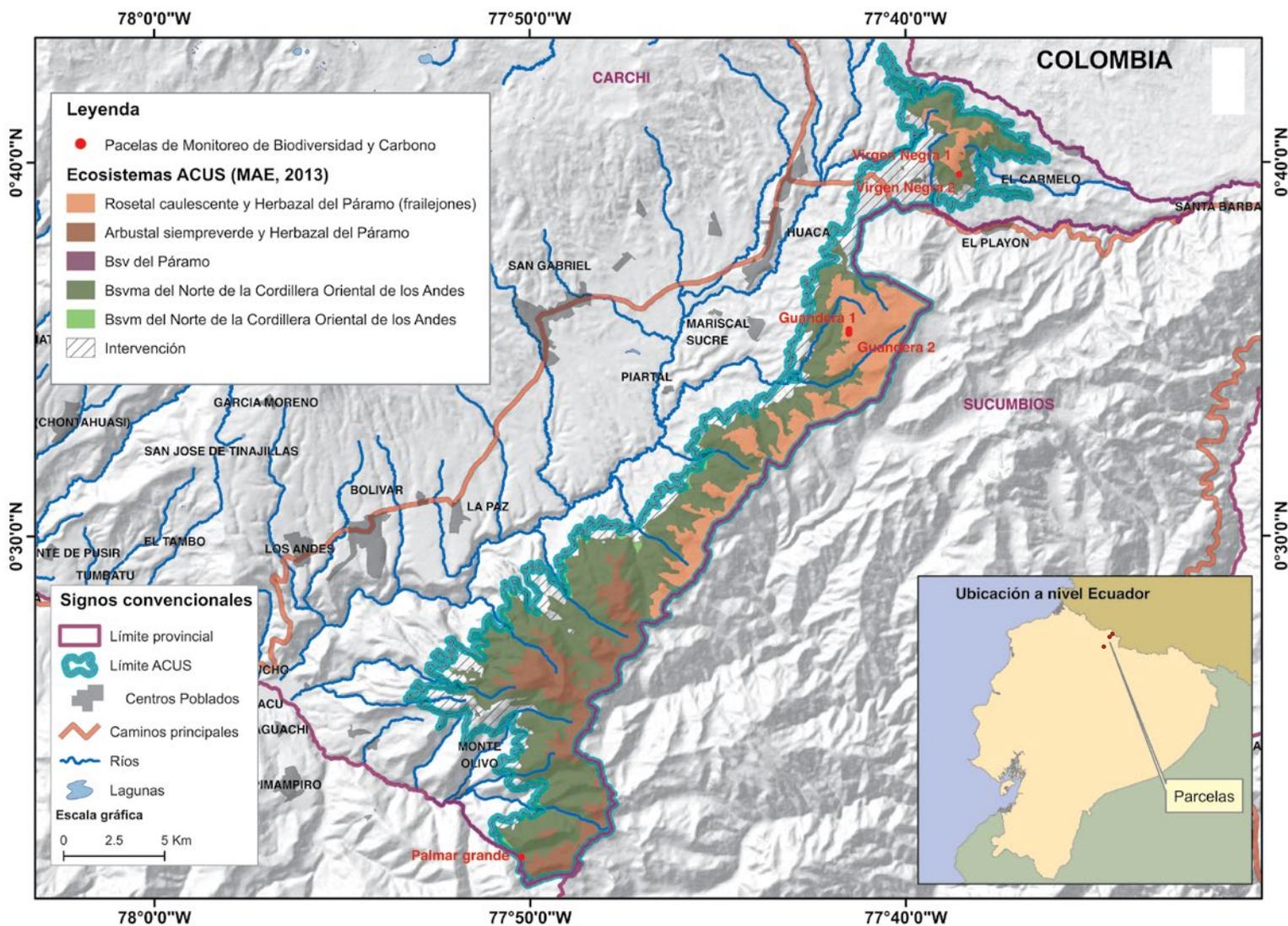


Figura 1. Mapa de la Cordillera Oriental del Carchi, donde se muestran los ecosistemas presentes y la ubicación de las cinco parcelas permanentes de monitoreo. Las localidades donde se instalaron las parcelas representan los principales remanentes de bosque montano alto de la cordillera oriental. **Elaboración mapa:** Edwin Ortiz.

Problemas de conservación del ACUS COC

Cambio de cobertura y uso de la tierra

Para determinar la historia del cambio de cobertura y uso de la tierra en el ACUS COC, se analizó la cobertura del suelo con imágenes satelitales Landsat para tres años: 1991, 2001 y 2016. Se compararon estas imágenes para obtener los cambios en la vegetación en un periodo de 25 años. Este análisis fue realizado para el ACUS y su área de influencia directa, las microcuencas que nacen en el ACUS y las contiguas a estos drenajes, que desembocan en los ríos Rumichaca y Chota.

En la Tabla 1 se observa que la cobertura arbustiva es la más afectada en términos de pérdida de extensión y tiene una mayor tasa de cambio anual, seguida por la pérdida de bosque natural. La extensión de los cultivos y pastos plantados y su velocidad de cambio han aumentado en el periodo 2001 - 2017. La cobertura de páramos ha disminuido, pero en una proporción mucho menor.

Hay un avance de la frontera agrícola, que pone en riesgo la conservación de los ecosistemas en la cordillera, especialmente las coberturas arbustiva y boscosa, desplazadas por sistemas agrícolas en el área de influencia directa del ACUS COC (Figura 2). Los sistemas naturales en riesgo sostienen a los sistemas productivos, pues proveen los servicios ecosistémicos necesarios para la producción (agua y suelo).



Tabla 1. Datos de cambio en la cobertura y uso de la tierra en los periodos de análisis. No se incluyen los datos de cuerpos de agua ni de superficies sin vegetación ya que, en conjunto, representan el 0.16% de la cobertura total del ACUS. **Fuente:** Ortiz, 2018.

Cobertura		1991 (ha)	% de la superficie total	2001 (ha)	% de la superficie total	2017 (ha)	% de la superficie total	Cambios entre periodos			
								1991 - 2001 (ha)	% Cambio anual	2001 - 2017 (ha)	% Cambio anual
Ecosistemas naturales	Arbustiva	4.811	12,02	4.257	10,64	3.415	8,53	-554	-1,16	-842	-1,24
	Bosque natural	14.816	37,02	14.239	35,57	13.364	33,39	-577	-0,39	-875	-0,38
	Humedal	27	0,07	27	0,07	27	0,07	0,0	0,00	0,00	0,00
	Páramo	3.358	8,39	3.357	8,39	3.322	8,30	-1	0,00	-35	-0,06
Sistemas agrícolas	Cultivos	9.224	23,05	8.413	21,02	9.754	24,37	-811	-0,89	1.341	0,99
	Pasto plantado	7.728	19,31	9.667	24,15	10.070	25,16	1.939	2,53	404	0,26



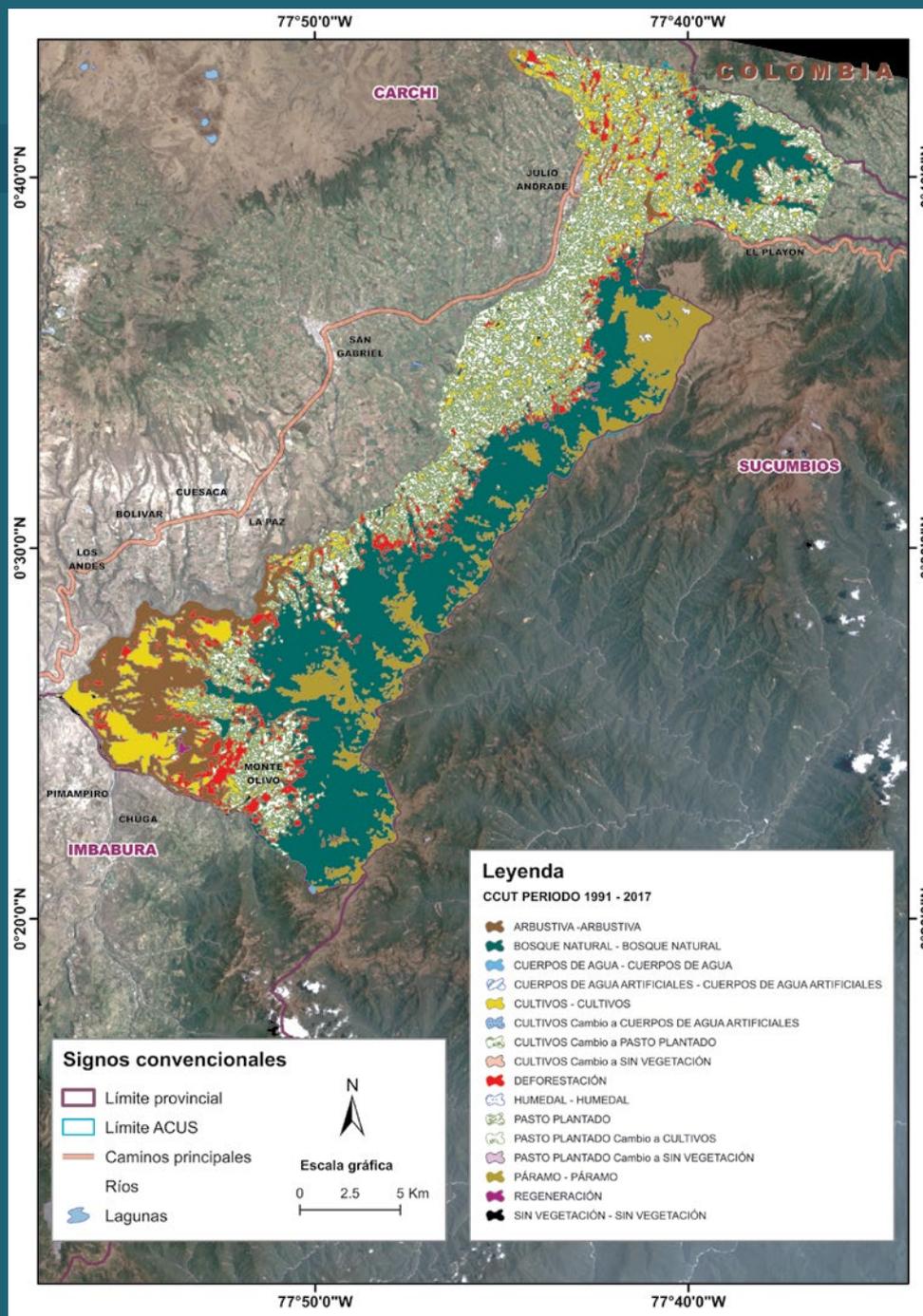


Figura 2. Cambios en la cobertura y uso de la tierra en los últimos 26 años, desde el año 1991 hasta el 2017. **Fuente:** Ortiz, 2018.

Fragmentación del paisaje y degradación de los bosques

Un análisis multitemporal de cambios en la cobertura de bosque, en el periodo 1985-2000-2015¹, determinó el grado de fragmentación en el paisaje circundante a las parcelas de monitoreo, para estimar nivel de degradación de los bosques estudiados. El índice de fragmentación calculado hace referencia al número y al tamaño de fragmentos (parches) de bosque en el paisaje de 400 ha que rodea a cada parcela monitoreada.

Un paisaje sin intervención tendría una cobertura continua de 400 ha, con un solo fragmento de bosque. Un paisaje degradado (intervenido por actividades antrópicas como la agricultura) está compuesto por varios fragmentos de bosque, en una matriz con diferentes usos de la tierra (Figura 3). Este es el caso de la mayoría del territorio de los Andes, incluyendo al ACUS COC.

La cantidad, el tamaño de los parches presentes en el paisaje y sus cambios a lo largo del tiempo (análisis multitemporal) brindan información sobre la historia de uso de la tierra y el nivel de degradación en los sitios monitoreados. Conocer el grado de fragmentación es importante, pues la intervención que ha sufrido un bosque en el pasado influye en la dinámica de los reservorios de carbono, en los patrones de diversidad y en el ensamblaje de las comunidades de árboles estudiados.



1. El índice de fragmentación fue calculado a partir de imágenes satelitales Landsat, en paisajes de 400 ha, donde cada parcela está en el punto central del paisaje. Este índice constituye un proxy de la historia de uso de suelo y la degradación que han sufrido las parcelas y sus paisajes circundantes (Cuesta *et al.*, in prep.).



Figura 3. Esquema de un paisaje continuo, no intervenido, versus paisajes fragmentados, donde se observan diferencias entre el tamaño y la forma de los parches de bosque. A menor número y tamaño de parches, mayor fragmentación del bosque.

En la Figura 4 se muestra que en 1985 las tres localidades (Guanderas, Virgen negra y Palmar Grande) mantenían valores relativamente bajos de fragmentación. Para el 2000 el nivel de degradación cambia considerablemente en Palmar Grande, aumentando 5 veces el valor de índice de fragmentación. Este valor decrece para 2015, aunque se mantiene relativamente alto en relación a las otras dos localidades, que sufren cambios menos dramáticos. De las tres localidades, Palmar Grande tiene los mayores niveles de degradación. Las otras localidades se mantienen en un mejor estado de conservación.



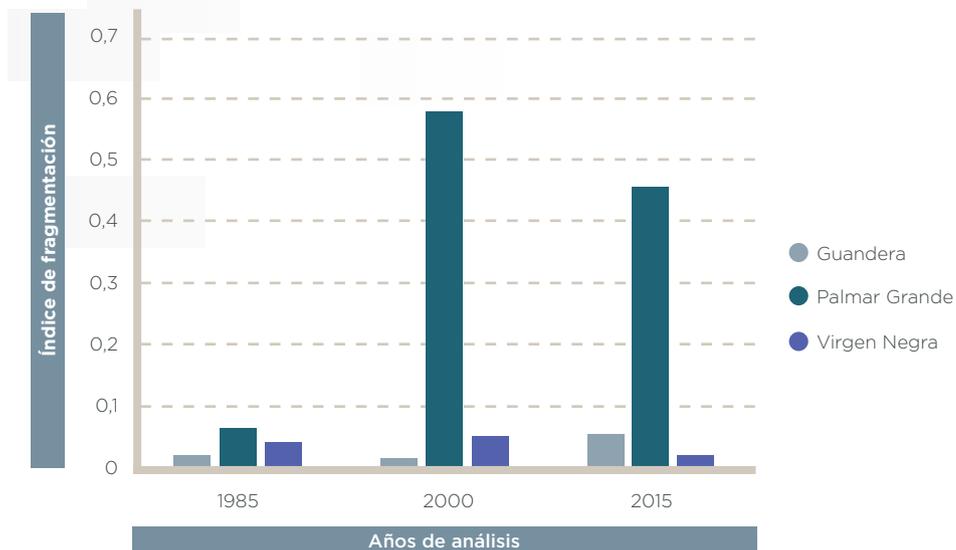


Figura 4. Índice de fragmentación para las tres localidades en tres periodos de análisis.

Generación de conocimiento de los bosques

El conocimiento de los bosques es fundamental para conservarlos y manejarlos. Es necesario valorar a los ecosistemas por los beneficios que generan a nivel global y local, y por los recursos que pueden generar al ser aprovechados de manera sostenible. Con este fin se realizó el monitoreo de biodiversidad y carbono en bosques montanos altos de Carchi, sobre los 3.000 m de elevación.

Para el monitoreo de la biodiversidad y los contenidos de carbono en los diferentes bosques, se ubicaron cinco parcelas permanentes (ver sección de Metodología) en tres localidades que albergan los principales remanentes de bosque montano alto de la cordillera oriental (Figura 1, Tabla 2).



Tabla 2. Localidades donde se ubicaron las parcelas de monitoreo. El estadio seral del bosque se refiere al grado de recuperación en el que se encuentra un ecosistema después de haber sido disturbado.

Localidad	Parroquia	No. parcelas	Elevación (m)	Estadio seral del bosque
El Palmar Grande	Monte Olivo	1	3.030	Temprano
Virgen Negra	El Carmelo	2	3.350-3.430	Avanzado
Reserva y Estación Biológica Guandera	Mariscal Sucre	2	3.410-3.510	Avanzado

Diversidad de la comunidad de árboles en los bosques montanos altos de Carchi

En esta sección se presentan los resultados de diversidad local en términos de riqueza, lo que se refiere al número de especies en un área determinada. Además, se detallan las especies más representativas para todo el gradiente monitoreado y para cada parcela.

Las parcelas monitoreadas en el ACUS COS albergan 58 especies en total. La riqueza fue mayor en la localidad de Palmar grande, seguida de Virgen Negra y Guandera, que presentó el menor número de especies (Tabla 3). Estos valores se relacionan con el disturbio que han sufrido históricamente estos bosques y con su elevación.

Palmar grande presenta los índices de degradación más altos (Figura 4) y se encuentra en la menor elevación. Tiene también el mayor número de especies. Esto se puede dar por el reclutamiento de nuevos individuos y especies después de un disturbio, que crea las condiciones ideales para el desarrollo de otras especies que bajo las condiciones ambientales de un bosque maduro (p. ej. mayor competencia por recursos y sombra) no podrían hacerlo. Además, existe una fuerte correlación entre la elevación y el número de especies. A medida que va incrementando la elevación, el número de especies va decreciendo.

Un mayor número de especies en Palmar Grande no significa que es el ecosistema esté en mejor estado. La evaluación del estado de conservación de un bosque se debe realizar en base a diferentes criterios, como el nivel de fragmentación que presenta, su capacidad de almacenamiento de carbono y los tipos de especies presentes.



Tabla 3. Riqueza (número de especies) en cada parcela monitoreada (3.600 m²).

Parcela	Riqueza (sp/m ²)	Riqueza (sp/parcela)	No. de géneros	No. de familias
Guandera	0,007	25	18	17
Palmar grande	0,015	54	30	24
Virgen negra	0,008	30	21	19

Por otro lado, se han identificado especies que caracterizan a las diferentes localidades por su amplia distribución, por su abundancia total (número de individuos totales) o por su alto aporte de biomasa (Tabla 4). *Miconia theaezans* y *Miconia tinifolia* destacan porque son las únicas especies encontradas en todas las parcelas de monitoreo.



Tabla 4. Especies representativas de la zona de estudio y de cada localidad, determinadas por la abundancia (número de individuos totales) y por su aporte de biomasa aérea. Usos obtenidos de de la Torre *et al.*, (2008).

Familia	Especie	Nombre común	Localidades presentes	Usos
Melastomataceae	<i>Miconia theaezans</i>	Colca, amarillo	Todas las localidades	El fruto es comestible para humanos. Además, atrae dispersores de semillas porque es alimento de aves. El tallo sirve para fabricar carbón y es maderable, usado para la construcción.
	<i>Miconia tinifolia</i>	Amarillo	Todas las localidades	El tallo se usa para fabricar carbón y es maderable, usado para construcción.
	<i>Miconia ochracea</i>	Colca, amarillo	Palmar Grande	El fruto es alimento de aves por lo que atrae dispersores de semillas. El tallo se usa para fabricar carbón y es maderable, usado para construcción.
Clusiaceae	<i>Clusia flaviflora</i>	Guandera	Guandera, Virgen Negra	El tallo se usa para fabricar carbón.
	<i>Clusia multiflora</i>	Duco, incienso	Guandera	El tallo se usa como combustible y es maderable, usado para la construcción. Las hojas se usan como incienso.
Cunoniaceae	<i>Weinmannia fagaroides</i>	Sara fino, matache	Guandera, Virgen Negra	Es usado para la producción apícola. El tallo se usa para fabricar carbón. El tallo es considerado madera de alta calidad, y es usado para la construcción. La corteza sirve para curtir pieles. La flor se usa para el tratamiento de afecciones de los nervios.
	<i>Weinmannia pinnata</i>	Encino	Palmar grande	El tallo se usa para fabricar carbón y es maderable, usado para construcción.
	<i>Weinmannia rollottii</i>	Encino	Virgen Negra	El tallo se usa como combustible y es maderable, usado para construir cercas.
Araliaceae	<i>Oreopanax ecuadoriensis</i>	Puma maki	Palmar grande	El tallo se usa como combustible y es maderable, usado para la construcción.
Chloranthaceae	<i>Hedyosmum goudotianum</i>	Guayusa	Virgen Negra	Las hojas son usadas para preparar aguas aromáticas y sirve como medicina para el dolor de cabeza.
	<i>Hedyosmum luteynii</i>	Sacha capulí, guaviduca	Virgen Negra	Las hojas son usadas para preparar aguas aromáticas. El fruto es alimento de la pava de monte. El tallo ahumado sirve en la construcción de viviendas. Es usado como medicina para afección de riñones.
Lauraceae	<i>Ocotea infrafoveolata</i>	Sacha canela, yalte	Virgen Negra	El tallo es maderable y se usa en la carpintería.

Contenidos de carbono en bosques montanos altos de Carchi

Los principales reservorios de carbono en un bosque son la biomasa aérea (tronco, ramas y hojas), biomasa subterránea (raíces), necromasa (hojarasca y árboles muertos) y el carbono orgánico del suelo (Figura 5). En el monitoreo realizado se cuantificó el carbono presente en todos los reservorios, excepto en la biomasa subterránea, debido a su dificultad de estimación².

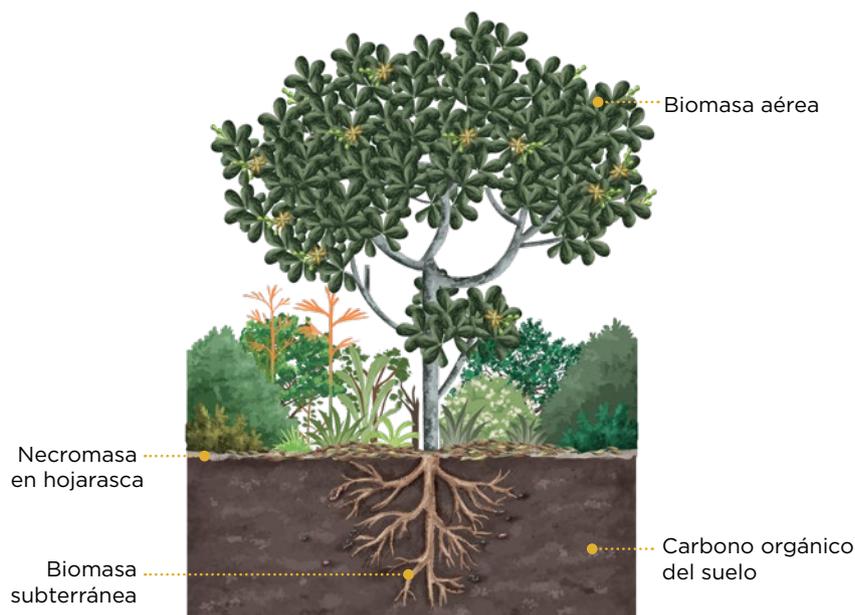


Figura 5. Reservorios de carbono dentro de un bosque. Biomasa aérea, necromasa en hojarasca, necromasa en árboles muertos, biomasa subterránea y carbono orgánico del suelo.

2. La biomasa en raíces se puede estimar a través de dos métodos: cálculos con factores predeterminados o muestras destructivas de árboles. El primero es poco preciso, pues hay factores de proporción entre la biomasa aérea versus biomasa subterránea para pocas especies de árboles, y pocos estudios realizados para los ecosistemas de Ecuador. El segundo requiere del corte de varios individuos de la misma especie, para obtener la biomasa presente en las raíces, que varía según las especies. Este método es costoso y de difícil logística. Por eso no se incluyó el cálculo de biomasa en raíces en el presente monitoreo.



La biomasa aérea y el carbono orgánico del suelo son los reservorios que más carbono albergan. La necromasa contiene una pequeña fracción de todo el carbono (Figura 6).



Figura 6. Carbono almacenado en los tres reservorios principales de un bosque, en los tres sitios de monitoreo. Biomasa aérea (BA), necromasa aérea (NA) y carbono orgánico del suelo (COS). Los valores internos de las cajas representan la media de carbono almacenado por reservorio, en MgC/ha³.

La localidad con más contenido de carbono es Guandera (Tabla 5). El bosque en esta localidad está en un estado sucesional maduro, y no ha sufrido disturbios antrópicos³ al menos en los últimos 50 años. Este estado de conservación se refleja en los bajos índices de fragmentación. La densidad aparente

3. Disturbio antrópico se refiere a intervenciones humanas en los ecosistemas, que afectan su estructura, composición y/o función.

de la madera en estas parcelas es mayor que en las otras, con un promedio de $0,63 \text{ g/cm}^{-3}$, frente a $0,53 \text{ g/cm}^{-3}$ en Virgen Negra y Palmar Grande. Esta mayor densidad aparente permite un mayor almacenamiento de carbono en la biomasa aérea.

Cuadro 5. Contenidos de carbono en la biomasa aérea (BA) del segundo censo (promedio \pm desviación estándar), necromasa aérea (NA) y carbono orgánico del suelo (COS) en las parcelas de monitoreo.

Parcelas	BA (MgC/ha ⁻¹)	NA (MgC/ha ⁻¹)	COS (MgC/ha ⁻¹)	Total (MgC/ha ⁻¹)
Virgen Negra 1	77,2	24,9 \pm 9,7	102,5 \pm 17,2	204,6
Virgen Negra 2	72,4	7,2 \pm 1,7	101,6 \pm 44,3	181,2
Guandera 1	88,2	18,1 \pm 3,5	129,5 \pm 6,7	235,8
Guandera 2	166,0	9,7 \pm 2,9	88,2 \pm 49,6	263,9
Palmar grande	53,5	4,9 \pm 1,4	51,7 \pm 21	110,1

Nota: un Megagramo (Mg) equivale a una tonelada o a 1000 kilos.

Otro factor que contribuye a los altos contenidos de biomasa es la estructura de los bosques maduros. Las clases diamétricas superiores, árboles con diámetros mayores a 30 cm, componen una parte importante del sistema, entre 18 y 23% (Figura 7). Estos árboles tienen una gran capacidad de almacenamiento de carbono y representan 70% de la biomasa total del bosque.

La menor cantidad de carbono se encuentra Palmar Grande. Por ser un bosque degradado, en un estado de sucesión secundaria temprano, alberga especies pioneras con densidades de madera más bajas. La categoría diamétrica más representativa en estas parcelas, 50% aproximadamente, fue de árboles pequeños, entre 5 y 10 cm de diámetro (Figura 7). Esta estructura genera un almacenamiento de carbono menor que la de los bosques más conservados de Guandera y Virgen Negra.



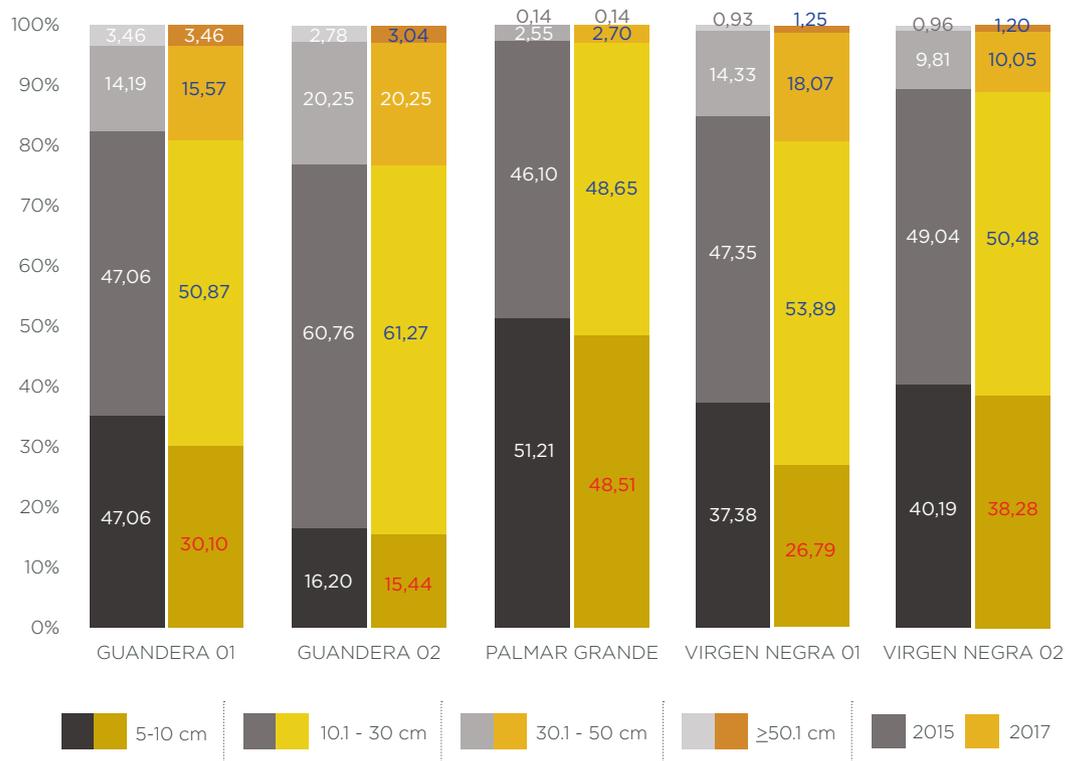


Figura 7. Distribución de clases diamétricas en cada parcela y en los dos censos. Los valores en rojo muestran una disminución de la cantidad de árboles pertenecientes a la clase diamétrica, mientras que los valores en azul representan un incremento en la abundancia de árboles de la categoría.

El suelo alberga una gran cantidad de carbono, y es un reservorio menos dinámico que la biomasa aérea y la necromasa (se mantiene estable a lo largo del tiempo). En la mayoría de parcelas monitoreadas, el suelo presenta mayores contenidos de carbono que la biomasa aérea (Figura 6, Tabla 5).

Sin embargo, cuando el manejo es inadecuado y se practica arado intenso con maquinaria, o prácticas agrícolas no sostenibles que degraden el suelo, el carbono almacenado es liberado, y el suelo disminuye su capacidad de almacenamiento.

Dinámica de los bosques del ACUS COC

Los bosques remanentes del ACUS COC están capturando carbono. Anualmente están almacenando un promedio de 4 MgC por hectárea, excepto Guandera, que está capturando 3 veces más carbono que las otras parcelas (Tabla 6). Por motivos de elevación, se esperaría que Palmar Grande capture una mayor cantidad de carbono, pues existe una correlación entre la elevación y la productividad anual de los ecosistemas. Sin embargo, el alto grado de conservación de Guandera y la alta degradación de Palmar Grande altera los valores.

La estructura de los bosques cambia al recuperarse de disturbios y las categorías diamétricas varían entre censos. La categoría de clases diamétricas entre 10 y 30 cm aumenta, por el crecimiento y la migración de los individuos más pequeños a la siguiente categoría (Figura 7). En Guandera hay un aumento de árboles mayores a 30 cm. Por eso tiene una productividad mucho mayor a la del resto de parcelas monitoreadas.

Tabla 6. Cambios en los contenidos de carbono entre censos (productividad anual)

Parcela	Productividad anual (MgC/ha ¹)
Guandera 1	4,3
Guandera 2	12,3
Palmar grande	3,9
Virgen negra 1	3,6
Virgen negra 2	3,5



Recomendaciones de manejo de los bosques en el ACUS COC

En el ACUS COC están los últimos remanentes de ecosistemas altoandinos de la vertiente occidental de la cordillera oriental de los Andes del norte de Ecuador. Su conservación está en constante amenaza por factores antropogénicos, como la extensión de la frontera agrícola y la deforestación asociada, los impactos del cambio climático y la explotación no sustentable de recursos naturales, como la producción de carbón vegetal y la obtención de madera.

Estos factores generan una reducción anual en el ACUS y en sus áreas de influencia, de 1,16 y 0,39% de los ecosistemas arbustivos y boscosos, respectivamente. En 26 años se ha perdido aproximadamente 3,5% de cada uno de los ecosistemas mencionados. Es fundamental reconocer estas amenazas y manejar los recursos de acuerdo a la realidad del territorio, considerando la importancia de los ecosistemas y sus servicios.

Uno de los servicios ecosistémicos principales generados en este territorio es la regulación y la provisión de agua. El ACUS y su área de influencia directa tienen un caudal concesionado de 5.148 L/s, que abastece de agua a 4.181 usuarios aproximadamente (Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia del Carchi 2017). La captura y el almacenamiento de carbono también constituyen un servicio de gran importancia. Un bosque montano alto dentro del ACUS puede almacenar desde 110 MgC ha⁻¹ (bosque degradado) hasta 264 MgC ha⁻¹ (bosque conservado).

La producción de agua, la diversidad de especies arbóreas y la capacidad de almacenamiento y captura de carbono de estos ecosistemas muestran la importancia de unir esfuerzos institucionales y de diferentes actores del territorio para alcanzar la conservación de estos remanentes de bosque.

Las especies en las localidades monitoreadas tienen varios usos posibles para las poblaciones que habitan el ACUS o de su área de influencia directa. El aprovechamiento maderable o no maderable (basado en estudios poblacionales de las especies) puede ser una alternativa económica sostenible para las comunidades.





El almacenamiento y la captura de carbono puede ser un mecanismo para que los gobiernos locales accedan a recursos económicos que permitan mantener los remanentes de bosque. Estos bosques están almacenando y capturando una cantidad importante de carbono (independientemente de su estado de conservación). Por eso son un recurso fundamental para mitigar los efectos del cambio climático. Sin embargo, los bosques conservados pueden almacenar más del doble que un bosque degradado. Permitir la recuperación de ecosistemas que han sido perturbados incrementa la capacidad de los bosques de capturar y almacenar carbono.

Las poblaciones humanas son un componente fundamental del ACUS. Por eso se debe trabajar en estrategias que promuevan tanto la conservación de la naturaleza como el desarrollo de las personas. La economía de una parte importante de la población depende de la agricultura y en especial de la ganadería. La promoción de prácticas de producción sostenible como agroforestería, silvopasturas, plantaciones forestales sucesionales, entre otras, cumple con varios fines. Es una estrategia para detener la expansión de la barrera agrícola hacia los remanentes protegidos del ACUS, pues mejora la producción y conserva la fertilidad del suelo, evitando la necesidad de buscar suelos más productivos en los remanentes de bosque. También aporta al desarrollo sostenible de las poblaciones locales, a través de prácticas alternativas de producción. Además, estas alternativas agrícolas pueden promover la conectividad del paisaje, aportando a la conservación de los ecosistemas.

Se deben trabajar varios ejes dentro del ACUS: la protección de los remanentes de bosque, la recuperación de áreas que han sido degradadas, importantes por la provisión de servicios ecosistémicos, y la promoción de prácticas agrícolas sostenibles (Figura 8). Estos ejes son parte de los objetivos planteados en el plan de manejo del ACUS COC, para lograr la conservación del agua y de la biodiversidad de bosques y páramos a través del trabajo mancomunado de diferentes actores del territorio.



Figura 8. Representación del ACUS COC cuando incorpore los tres ejes en su gestión de territorio.

El monitoreo realizado es un aporte para cumplir con algunos objetivos y actividades planteadas en el plan de manejo del ACUS. Sin embargo, quedan estudios pendientes para manejar sustentablemente estos bosques. Mantener el monitoreo es esencial para conocer cómo cambian las poblaciones de especies potencialmente aprovechables.

Además, el monitoreo permite conocer cómo se transforman los bosques con el cambio climático, y tomar medidas de adaptación a tiempo para evitar la pérdida de diversidad. Por otro lado, el monitoreo continuo permitirá determinar si las decisiones tomadas y las acciones ejecutadas como parte del manejo del ACUS están aportando al cumplimiento de los objetivos del área protegida.



Metodología general para el levantamiento de información

Para la medición de las diferentes variables de diversidad y contenidos de carbono, se instalaron parcelas de 60 m de lado, y subparcelas de 20x20 m. En cada parcela se midieron todos los árboles, las palmas y los helechos arborescentes que tenían un DAP (diámetro a la altura del pecho, 1,3 m sobre el suelo) mayor o igual a 5 cm (Figura 9). Cada individuo fue identificado taxonómicamente. Se midió su diámetro, su altura comercial y la altura total (Osinaga-Acosta *et al.*, 2014). También se tomaron tres muestras de hojarasca en cuadrantes de 0,5 m de lado, tres muestras de suelo con barreno (caracterización química) y tres muestras de suelo con un cilindro de acero de 5 cm de diámetro (estimación de densidad aparente del suelo).

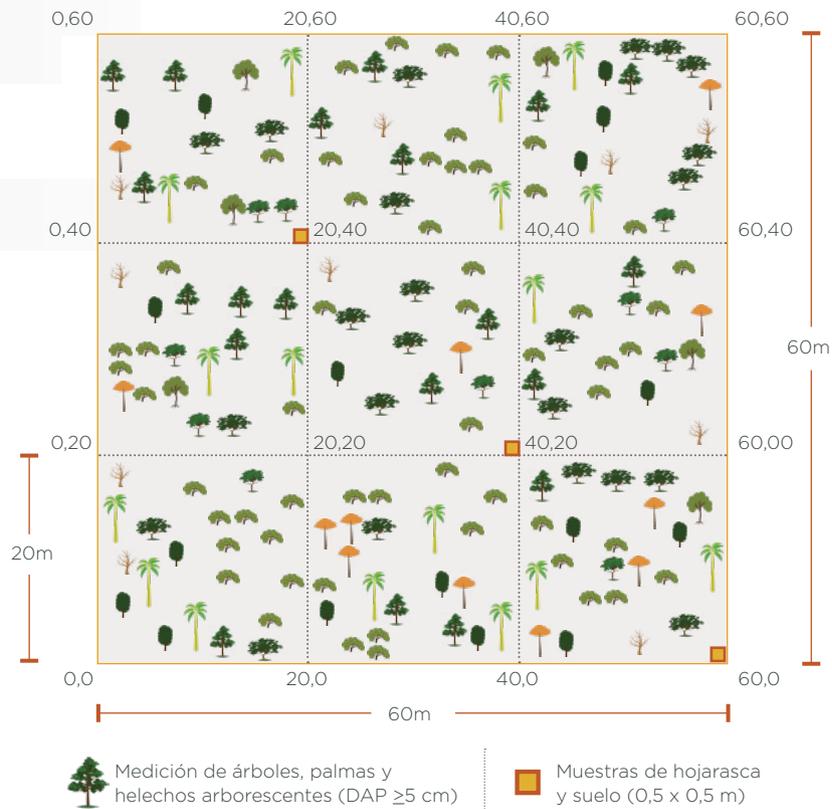


Figura 9. Parcela de monitoreo de biodiversidad y contenidos de carbono. Adaptado de Pinto (2018).

La biomasa de cada parcela fue determinada sumando la biomasa de cada individuo, calculada a través de ecuaciones alométricas que usan el diámetro, la altura y la densidad de la madera (Chave *et al.*, 2014). Las muestras de hojarasca fueron secadas y pesadas, y las muestras de suelo fueron analizadas en el laboratorio especializado de suelos del INIAP. El carbono orgánico del suelo se calculó mediante la fórmula que utiliza la densidad aparente, el porcentaje de carbono, y la profundidad de suelo (Schlegel *et al.*, 2001). Osinaga-Acosta *et al.* (2014) describe las metodologías para el levantamiento de información en bosques.



Referencias bibliográficas

- Chave, J., M. Réjou-Méchain, A. Búrquez, E. Chidumayo, M. S. Colgan, W. B. C. Delitti, A. Duque, T. Eid, P. M. Fearnside, R. C. Goodman, M. Henry, A. Martínez-Yrizar, W. A. Mugasha, H. C. Muller-Landau, M. Mencuccini, B. W. Nelson, A. Ngomanda, E. M. Nogueira, E. Ortiz-Malavassi, R. Pélissier, P. Ploton, C. M. Ryan, J. G. Saldarriaga y G. Vieilledent. 2014. Improved allometric models to estimate the aboveground biomass of tropical trees. *Global Change Biology* 20:3177–3190.
- de la Torre, L., H. Navarrete, P. Muriel, M. J. Macía, and Balslev, editors. 2008. Enciclopedia de las Plantas Útiles del Ecuador. Herbario QCA de la Escuela de Ciencias Biológicas de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador y Herbario AAU del Departamento de Ciencias Biológicas de la Universidad de Aarhus, Quito y Aarhus.
- Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia del Carchi. 2017. Plan de Manejo del Área de Conservación y Uso Sustentable Provincial de la Cordillera Oriental del Carchi. Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia del Carchi/CONDESAN-Proyecto EcoAndes., Tulcán, Ecuador.
- Ortiz, E. 2018. Diagnóstico general de los Cambios de Uso del Suelo y Cobertura de la Tierra del Área de Conservación y Uso Sustentable provincial de la Cordillera Oriental del Carchi. Pág. 22. Componente cartográfico, CONDESAN, Quito, Ecuador.
- Osinaga-Acosta, O., S. Báez, F. Cuesta, J. Carilla, A. Malizia, L. R. Malizia, R. Grau, A. Brown y T. Lomascolo. 2014. Módulo 1. Monitoreo de especies arbóreas. Pages 20–60 Monitoreo de Diversidad Vegetal y Carbono en Bosques Andinos. Protocolo Extendido. Versión 1. CONDESAN/ IER-UNT/ COSUDE, Quito, Ecuador.
- Pinto, E. 2018. Monitoreo de biodiversidad y los contenidos de carbono en un gradiente de elevación en los bosques montanos del noroccidente de Pichincha. Presentación de resultados, Quito.
- Schlegel, B., J. Gayoso y J. Guerra. 2001. Medición de la capacidad de captura de carbono en bosques de Chile y promoción en el mercado mundial. Manual de procedimientos muestreos de biomasa forestal. Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.

Consortio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina - CONDESAN

Oficina en Lima-Perú:

Las Codornices 253
Surquillo
Tel. +51 1 618 9400

Oficina en Quito-Ecuador:

Germán Alemán E12-123 y
Carlos Arroyo del Río
Tel. +593 2 2248491

condesan@condesan.org • www.condesan.org



ECOANDES

Con el apoyo de:

MINISTERIO DEL AMBIENTE



PERÚ Ministerio del Ambiente

