



ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

Evaluación de Servicios Ambientales de un Bosque de ceja Andina para la Gestión del Recurso Forestal en Zonas alto Andinas

Evaluation of Environmental Services of an Andean Brow Forest for Resource Management in High Andean Areas

Cargua Catagña Franklin^{1*}, Bonilla Vega Carlos¹, Beltrán Dávalos Andrés², Lara Vascones N¹, Damián Carrión D¹

Facultad de Ciencias/Grupo de Investigación y Desarrollo para el Ambiente y Cambio Climático. ESPOCH; Recursos Naturales/ESPOCH. Riobamba. Ecuador

* franklincargua@hotmail.com ; SCOPUS Author ID: 56303538100, <https://orcid.org/0000-0003-4487-9208>

Resumen

El aumento a nivel mundial de programas para compensación de servicios ambientales, son el objetivo del estudio, la presente investigación se enfoca a elaborar una herramienta de gestión para la evaluación intrínseca de los servicios ecosistémicos del bosque (SEB) de ceja andina, en la zona de amortiguamiento del Parque Nacional Sangay; se evaluaron servicios de provisión (SA); biomasa (COT), carbono orgánico del suelo (COS), biodiversidad y regulación (SR) caudal de uso y ecológico; mediante unidades de monitoreo denominado conglomerados (CC), de la zona baja del bosque en el límite de la frontera agrícola; dentro del CC se establecieron parcelas permanentes de monitoreo de (60x60)m, para COT se establecieron subparcelas, mientras que el SR consideró medidas de caudal en reservorios, el aforo en cauces principales y uso agropecuario. SA se obtuvieron valores de COT-140,66 Mg ha⁻¹; el COS se evaluó en áreas intervenidas y no intervenidas a (0-30, 30-60, 60-90) cm de profundidad; mostró la conversión de bosque a pasto, el COS disminuyó y presentó diferencias altamente significativa de 784 (Mg*ha⁻¹) a 556 (Mg ha⁻¹), la biodiversidad establece la dominancia de *Miconia sp*, *Miconia pseudocentrophora* y *Myrsine andina*; los índices de Simpson 0.75; Shannon 1,53 y Margaleff 5.67, determinan una alta diversidad de especies; el SR mostró valores de 0,47m³/s para caudal agropecuario, 0,78m³/s para caudal ecológico y 0.003m³/s para caudal de consumo humano del cual se abastecen 165 usuarios; la relación SA/SR indica procesos de degradación en los SEB, que resulta como indicador para la implementación de políticas de gestión del bosque de ceja andina.

Palabras Clave: Carbono, biomasa, bosque ceja andina, degradación, servicios ambientales.

Abstract

The objective of the research is to develop a management tool for the intrinsic evaluation of the ecosystem services of the forest (SEB) of the Andean eyebrow, in the buffer zone of the Sangay National Park; the services evaluated were: provisioning service (PS); biomass (TOC), soil organic carbon (SOC), biodiversity and regulation (RS) use and ecological flow; through monitoring units called conglomerates (CC), from the lower area of the forest on the border of the agricultural activities; permanent monitoring plots of (60x60) m were established within the CC, for TOC subplots were established, while the RS considered measures of flow in reser-

Recibido: 12 - 06 - 2019 • Aceptado: 25 - 07 - 2019 • Publicado: 30 - 08 - 2019

© 2019 Universidad Estatal Amazónica, Puyo, Ecuador.

Disponible gratuitamente en <http://revistas.proeditio.com/revistamazonica> • www.uea.edu.ec



voirs, the capacity in main channels and agricultural use. PS values of COT-140.66 Mg * ha⁻¹ were obtained; COS was evaluated in intervened and non-intervened areas at (0-30, 30-60, 60-90) cm deep; that showed the conversion of forest to grass, SOC decreased and presented highly significant differences from 784 (Mg ha⁻¹) to 556 (Mg ha⁻¹), biodiversity established the dominance of *Miconia* sp, *Miconia pseudocentrophora* and Andean Myrsine; the Simpson 0.75, Shannon 1,53 and Margaleff 5.67 indices, determine a high diversity of species; the RS showed values of 0.47m³/s for agricultural flow, 0.78m³/s for ecological flow and 0.003m³/s for human consumption flow of which 165 users are supplied; The AS/RS relationship indicates degradation processes in the FES, which results as an indicator for the implementation of Andean eyebrow forest management policies.

Key Words: Organic Carbon, Biomass, Andean eyebrow forest, Degradation, Environmental services.

Introducción

Los servicios que se generan en el bosque prestan beneficios amplios, en cuanto a la regulación, reservorio y desde el punto de vista antrópico un valor ancestral (Balvanera 2012); El bosque provee diferentes servicios ecosistémicos, la regulación hídrica y la función de reserva son fundamentales en este estrato, los mismos que se ven alterados con malas prácticas de manejo; como la deforestación, el incremento de la frontera agrícola, entre los más comunes, integral del recursos forestal (Meynard et al. 2007).

Los bosques de ceja andina son poco estudiados, pero son relictos muy sensibles a la degradación y la deforestación (Bussmann 2005); en las últimas décadas, investigadores han enfatizado la necesidad de conservar este ecosistema; la presión de la intervención antrópica y las condiciones climáticas, han mermado la capacidad ecosistémica (Almeida et al. 2007); por eso se ve la necesidad de evaluar la capacidad de producción, de esta manera se puede realizar un manejo integral y sostenible del bosque, para preservar de mejor manera un bosque hacia las futuras generaciones (Tirira 2014).

Los bosques de ceja andina se caracterizan por pendientes mayores al 40%, ecológicamente tienen mucha exigencia del límite arbóreo, lo que generan características especiales en cuanto a la biodiversidad (Meza 2008); la belleza escénica propia para establecer un manejo responsable del turis-

mo científico, genera pautas para poder establecer mecanismos de valoración y la calidad de un bosque (Quétier et al. 2007).

En el Ecuador, los bosques montanos de ceja andina corresponden a 1844.91 ha; distribuidos en la zona de límite de páramo y contiene casi el 30% de las especies de plantas vasculares (Hofstede and Mena 2007), esto demuestra la gran representatividad que tiene este ecosistema y la importancia de establecer políticas de ordenamiento territorial y gestión ambiental de los recursos forestales, a la mitigación frente al cambio climático y la conservación de los recursos naturales (Wunder, Wertz-Kanounnikoff, and Moreno 2007); en este escenario el servicio de regulación hídrica de los bosques genera un nexo conector con el agua, de la cual son beneficiarios los habitantes de las comunidades (Torres Matovelle 2017); por este motivo se ha puesto enfoque en la relación del servicio de regulación hídrica, en función del contenido de carbono presente en la biomasa forestal y edáfica, como herramienta, para poder establecer una propuesta de gestión.

Materiales y Métodos

El diseño de la propuesta de nuestra investigación, se llevó a cabo en un bosque montano de ceja andina, en el área de influencia de la zona de amortiguamiento del parque nacional Sangay. En el sector de la comunidad de Llucud; la superficie de la zona de bosque es de 80,57 ha; rango altitudinal 3280 a 3720 m.s.n.m, temperaturas promedio que oscilan entre los 5.9 y 19.1 °C; precipitacio-

nes que varían entre los 750 y 1000 mm por año. Los suelos son franco y franco-arenoso

de mediana profundidad de 50 a 75cm con presencia de materia orgánica.

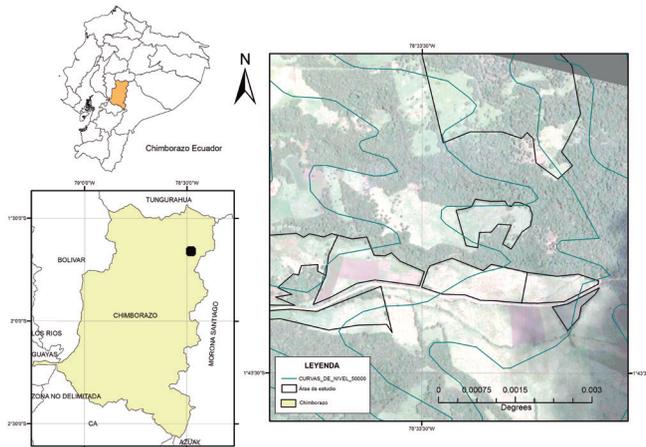


Gráfico 01. Área de estudio

Para la evaluación de los servicios ecosistémicos se procedió a establecer dos líneas: la primera se basa en la evaluación en campo; la segunda se basa en el uso de la minería de datos (Mar et al. 1903). Se implementación de unidades de monitoreo denominado conglomerados, tomando en cuenta las consideraciones el diseño del estudio propuesto por (Ojeda 2017), considerando el estrato de la zona baja del bosque en el límite de la frontera agrícola, dentro del conglomerado (CC) se establecieron parcelas permanentes de monitoreo (ppm) de (60x60) m, para la variable de biomasa, COT se establecieron fajas de (20x60), donde se establecieron medidas dasométricas. Utilizando el área basal, la altura total y el factor de forma, volumen $AB=(DAP^2*\pi)/4$ rminó con las siguientes formulas:

Cálculo de Área basal

$$AB=(DAP^2*\pi)/4 \quad (1)$$

Donde: el AB: área basal expresada en m²; DAP: diámetro en (m) tomados a la altura del pecho

n: Expresa una medida constante de la circunferencia (3,1416...)

Cálculo del Volumen

$$V=AB*Hc*Ff \quad (2)$$

Donde: V: Volumen expresado en m³; AB: área basal expresada en m²; Hc: Altura medida comercial en (m); Ff Expresa el factor de forma cilíndrico-cónico de las especies latifoliadas (0,5)

Fijación de carbono

Para la determinación de la fijación de carbono acumulado en el bosque se ejecutó el estudio en dos componentes importantes, como es en el carbono edáfico y el carbono en la biomasa, para lo cual se planteó dos métodos para la determinación de los mismos.

En la cuantificación de la fijación de carbono contenido en la biomasa aérea se utilizó la ecuación del cálculo de la Biomasa Forestal (carbono orgánico total aéreo).

Cálculo de la Biomasa Forestal (carbono orgánico total aéreo Mg/ha)

$$Co=V*dm*Ff+c \quad (3)$$

Donde: el Co: Carbono orgánico total aéreo

expresado en (Mg/ha); V: Volumen de la madera (m³); dm: Densidad de la madera; F (f+c): Factor de expansión que resulta del cálculo de ecuaciones alométricas de ramas y copa; propuesto en la investigación del programa evaluación nacional forestal (MAE and FAO 2014).

Servicio ecosistémico de regulación hídrica; Caudal

Para la determinación del caudal se utilizó el método del flotador – aforo. Estableciendo el caudal de 4 canales que son utilizados para diferentes destinos, como lo son para: caudal agrícola, caudal de uso humano y caudal ecológico.

Cálculo del caudal:

$$Q=V(m^3)/t(s) \quad (4)$$

Biodiversidad

Para determinar la biodiversidad se utilizó el Índice de Simpson y el Índice de Shannon, los cuales se establecerán en categorías alta, media o baja.

Índice de Shannon

$$H' = \sum_{i=1}^s P_i \log_2 P_i \quad (5)$$

Dónde: S: número de especies (la riqueza de especies); P_i: proporción de individuos de la especie i respecto al total de individuos (es decir la abundancia relativa de la especie i); N_i: número de individuos de la especie i; N: número de todos los individuos de todas las especies

De esta forma, el índice contempla la cantidad de especies presentes en el área de estudio (riqueza de especies), y la cantidad relativa de individuos de cada una de esas especies (abundancia)

Índice de Simpson

$$D = \sum_{i=1}^s n_i(n_i - 1)/N(N - 1) \quad (6)$$

Donde: S: es el número de especies; N: es el total de organismos presentes (o unidades cuadradas); n: es el número de ejemplares por especie

Índice de Margaleff

$$D_{me}=(S-1)/\ln N \quad (7)$$

Donde:

S = Número de especies; N = Número total de individuos;

Paisajístico y turístico

El servicio ambiental de belleza escénica no es cuantificable, se lo puede evaluar mediante la disposición de pago que el turista tiene por el disfrute de la belleza escénica que posee un determinado ecosistema, la disposición de pago variará de acuerdo con la diversidad de ecosistemas y las características propias que posee cada uno en términos de belleza escénica esto según el Ministerio del Ambiente con la siguiente fórmula:

$$Y_{be}=PE_{be}+ QE_{be} + PN_{be} PN_{be} \quad (8)$$

Donde: Ingreso por belleza escénica en turismo (\$/año); se expresa con; PE_{be} Valor monetario pagado por turistas extranjeros para el disfrute de belleza escénica (\$/persona/año); PN_{be}Valor monetario pagado por turistas nacionales para el disfrute de belleza escénica (\$/persona/año); QE_{be} Cantidad de turistas extranjeros (persona/año); QN_{be}-Cantidad de turistas nacionales (persona/año).

Resultados y discusión Inventario forestal

En el inventario forestal tomado en la zona baja del bosque comprendido entre 3400-3700 m.s.n.m; se identificaron 131 individuos, correspondiente a 11 familias, y 15 especies; muchas de ellas endémicas, las mismas que se han adaptado a condiciones de alta humedad, pendientes mayores al 40%; siendo en mayor cantidad *Miconia* sp.

con 33 individuos (Melastomataceae); *Miconia pseudocentrophora* con 24 individuos (Melastomataceae); y *Myrsine andina* con 24 individuos (Myrsinaceae). Una vez identificadas se clasificaron según su uso, teniendo un mayor número de especies para el uso de leña, madera y medicina respectivamente. Al respecto, (Cuvi 2010) manifiesta que en

0.3 ha, comprendida en tres transectos, a diferente gradiente altitudinal respectivamente, se cuantificó un total de 383 individuos pertenecientes a 8 familias, 14 géneros y 17 especies (Anexo 2). *Miconia bracteolata* (Bonpl.) DC fue la especie que registro una amplia dominancia en los tres gradientes altitudinales con 200 individuos.

Tabla 1. Inventario forestal del bosque Andino Leonán de Llucud

Familia	Nombre Científico	# Ind	Uso de la especie	Código
Melastomataceae	<i>Miconia</i> sp. <i>Miconia</i>	33	construcción, leña	1,2
Melastomataceae	<i>pseudocentrophora</i>	24	Construcción, leña, frutos, tintes.	1,2,4,10
Myrsinaceae	<i>Myrsine andina</i>	24	Madera, leña, medicinal y postes	1,2,6,9
Asteraceae	<i>Verbesina olsenii</i>	15	Leña y postes.	2,9
Chloranthaceae	<i>Hedyosmum</i> sp.	8	madera, leña Madera, leña, ornamental,	1,2 1,2,14,1
Escrofulariácea	<i>Buddleja incana</i>	7	reforestación,	8
Melastomataceae	<i>Miconia crocea</i>	5	Frutos, retención hídrica.	4,18
Solanaceae	<i>Brunfelsia</i> sp.	4	Medicinal.	6
Chloranthaceae	<i>Hedyosmum scabrum</i>	3	madera, leña, medicinal. Leña, medicinal, ornamental,	1,2 2,6,14,1
Solanaceae	<i>Brugmansia sanguinea</i>	2	cercas vivas, alucinógeno.	8
Boraginaceae	<i>Tournefortia fuliginosa</i>	2	leña, medicinal	2,6
Araliaceae	<i>Oreopanax incisus</i>	1	Madera. Tablas, leña, frutos, m medicinal y	1 1,2,4,6,
Lamiaceae	<i>Aegiphila ferruginea</i>	1	postes. Construcción, leña, medicinal,	9 1,2,4,6,
Elaeocarpaceae	<i>Vallea stipularis</i>	1	forraje, postes y ornamental.	7,9,14
Rosaceae	<i>Hesperomeles ferruginea</i>	1	leña, carbón, frutos y tallado	2,3,4,15

Código de uso 1=madera; 2=leña; 4=fruto; 6= medicinal; 9=forraje; 14= Postes (construcción); 15= frutos y tallado. Fuente Evaluación Nacional Forestal (MAE and FAO 2014).

Diversidad

El índice de diversidad de Simpson de las parcelas monitoreadas dio un promedio de 0.75, lo que nos indica que su dominancia es alta por lo que la comunidad tiende a ser diversa ya que el valor se acerca a 1. En cuanto al índice de Shannon registra un valor de 1.53, misma que constituye una comunidad diversa, con un valor de diversidad media, ya que se asemeja al logaritmo de riqueza específica de 5,57 (1,72). Por último,

el índice de Margalef nos da un promedio de 5.67, lo que nos indica que es una zona que posee una alta diversidad, ya que se encuentra por encima de 5; (Ojeda 2017), menciona en su estudio que estos ecosistema son poco estudiados, pero están bajo una presión antrópica, el conocimiento ancestral para el uso de productos forestales no maderables incrementa el costo beneficio de estos bosques, como segunda instancia de este estudio, se pretende establecer procesos de bioprospección mediante el conocimiento

inter científico con los pobladores, por lo que espera plantear procesos del potencial medicinal de especies forestales.

Fijación de carbono

El stock de carbono en el suelo de bosque en las zonas alto andinas forma parte del servicio ecosistémico de reserva y regulación, por tanto, es importante tener en cuenta métodos adecuados para su análisis. Nuestro estudio establece un perfil de 90 cm de profundidad, encontrando un valor promedio para carbono orgánico edáfico de 784 Ton/ha; que corresponde a los análisis de índices de meteorización y textura, que corresponden a un mismo origen de material parental, en contraste se estimó una variabilidad en las zonas de influencia directa del bosque específicamente en zonas de pasto, donde se obtuvieron

valores de 556 Ton/ha; esto concuerda con la degradación progresiva de las características físico-químicas del suelo. (MAE and FAO 2014) manifiesta que la variación de carbono edáfico se presenta en los primeros 30 cm de profundidad; debido a procesos de mecanización con maquinaria agrícola, estos tienden a alterar los procesos biogeo-químicos (FAO 2017).

Evaluación de los servicios ambientales

El impacto se evaluó en tres categorías positivas, negativas y vulnerables; el impacto vulnerable se determinó en base al conflicto y la pérdida potencial (Ojeda 2017), si consideramos una evaluación del costo beneficio tenemos la siguiente matriz ponderado los valores de costo de reemplazo frente el costo del servicio de aprovisionamiento y reserva (Aguirre et al., 2003).

Tabla 2. Resumen de servicios ecosistémicos que genera el bosque de ceja andina.

Servicio Ecosistémico		Unidad	Estrato	Servicio de aprovisionamiento	Impacto
Volumen de la madera		m ³	Bosque	11.333,1	Negativo
Carbono Orgánico Total		Mg	Bosque	63.166,88	Positivo
			Pasto	44.796,92	Vulnerable
Caudal	Agrícola	m ³ /s	Bosque	0,47	Vulnerable
	Ecológico	m ³ /s	Bosque	0,78	Positivo
	Humano	m ³ /mes	Bosque	948,75	Vulnerable
Biodiversidad Florística		Alta, media o baja	Bosque	0,75 (alta)	Positivo
				1,53 (alta)	
				5,67 (biodiversa)	
Biomasa		Mg ha ⁻¹	Bosque	8567,82	Positivo
Paisajístico		Regular, malo o bueno	Bosque	Bueno	Positivo

La ponderación se evaluó considerando las presiones antrópicas sobre el bosque en función a los servicios de regulación y reserva, teniendo una valoración positiva, pero con un alto grado de vulnerabilidad, esto genera una visión amplia de la interconectividad que posee el bosque en la generación de sus recursos.

Conclusiones

El bosque a través de los servicios ecosistémicos proporciona un sin número de beneficios para la sociedad, considerando el punto de vista antropocéntrico y el valor intrínseco, además se debe considerar la conectividad de los servicios de reserva, regulación aprovi-

sionamiento y de apoyo, en este contexto se puede enfocar todo un sistema de análisis para mejorar las políticas de pago por servicios ambientales; la ponderación se consideró tomando en cuenta las presiones antrópicas sobre el bosque en función a los servicios de regulación y reserva, teniendo una valoración positiva, pero con un alto grado de vulnerabilidad.

Para la evaluación del bosque considerando el enfoque de valoración se propone destinar métodos de compensación que se derivan del aprovechamiento de las actividades de la disponibilidad a pagar, por el aprovisionamiento de los servicios de regulación que genera el bosque en un margen del 5% para proyectos que fomenten un manejo integral del bosque; basado en las normativas existentes y con el apoyo de las competencias de los gobiernos locales evitando conflictos y realizando un trabajo participativo.

Literatura Citada

Aguirre, Zhofre, Omar Cabrera, Angel Sanchez, Bolívar Merino, and Byron Maza. 2003. "Composición Florística, Endemismo y Etnobotánica de La Vegetación Del Sector Oriental, Parte Baja Del Parque Nacional Podocarpus." *Lyonia* 3 (1): 5–13.

Almeida, L., M. Nava, E. Ayala, J. Ordoñez, and J. Ujnovsky. 2007. "Servicios Ecosistémicos En La Cuenca Del Río Magdalena, Distrito Federal," 53–64.

Balvanera, P. 2012. "Los Servicios Ecosistémicos Que Ofrecen Los Bosques Tropicales" 21 (Mea 2005): 136–47.

Bussmann, Rainer W. 2005. "Bosques Andinos Del Sur de Ecuador, Clasificación, Regeneración y Uso" 12 (2): 203–16.

Cuvi, Mario. 2010. "Estudio de La Diversidad Florística a Diferente Gradiente Altitudinal En El Bosque Montano Alto Lluçud, Cantón Chambo, Provincia de Chimborazo."

FAO. 2017. Carbono Orgánico Del Suelo El Potencial Oculto. <http://www.fao.org/3/i6937es/i6937ES.pdf>.

Hofstede, R., and P. Mena. 2007. "Los Beneficios Escondidos Del Páramo: Servicios Ecológicos e Impacto Humano," 1–4.

MAE, and FAO. 2014. "Evaluación Nacional Forestal Resultados 2014."

Mar, Santa, U B A Florencio Varela, San Justo Pcia, and Buenos Aires. 1903. "Aplicaciones de Data Mining Al Estudio de La Biodiversidad."

Meynard, C., A. Lara, M. Pino, D. Soto, L. Nuhuelhuad, D. Nuñez, C Echeverría, et al. 2007. "Y La Sociedad: Servicios Ecosistémicos En La Ecoregión de Los Bosques Lluviosos Valdivianos En El Cono Sur de Sudamérica," 29–38.

Meza, Víctor. 2008. "Evaluación de La Eficiencia Económica y La Integridad Ecológica Para Dos Tipos de Bosques Húmedos Intervenidos Bajo Manejo Forestal Con Diferentes Intensidades de Cosecha En La Región Norte y Atlántica de Costa Rica." Evaluación de La Eficiencia Económica y La Integridad Ecológica Para Dos Tipos de Bosques Húmedos Intervenidos Bajo Manejo Forestal Con Diferentes Intensidades de Cosecha En La Región Norte y Atlántica de Costa Rica, 112 p. <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A2836e/A2836e.pdf>.

Ojeda, J. 2017. "IMPACTO DEL CAMBIO DE USO EN COBERTURAS DE BOSQUE A PASTO EN SUELOS DE LA COMUNIDAD DE LLUCUD PROVINCIA CHIMBORAZO." <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/4178/1/UNACH-EC-ING-AMB-2017-0007.pdf>.

Quétier, F., E. Tapella, G. Conti, D. Cáceres, and S. Díaz. 2007. "Servicios Ecosistémicos y Actores Sociales. Aspectos Conceptuales y Metodológicos Para Un Estudio Interdisciplinario," 17–27.

Tirira, Diego. 2014. "Diversidad de Mamíferos En Bosques de Ceja Andina Alta Del Nororiente de La Provincia de Carchi , Ecuador," no. November.

Torres Matovelle, Pablo. 2017. "Indicadores Para Un Sistema de Monitoreo de Impactos Del Turismo Mediante Límites de Cambio Aceptable En La Laguna de Quilotoa, Reser-

va Ecológica Ilinizas." *Revista Amazónica Ciencia y Tecnología* 6 (2): 85–98.

Wunder, S, S Wertz-Kanounnikoff, and R. Moreno. 2007. "Pago Por Servicios Ambientales : Una Nueva Forma de Conservar La Biodiversidad," 39–52.