

Valoración económica ambiental del compartimiento leñoso como una alternativa para conservar la biodiversidad del bosque seco de la provincia de Loja, Ecuador

Environmental economic valuation of the woody compartment as an alternative to conserve the biodiversity of the dry forest of the province of Loja, Ecuador

Nathalie Aguirre Padilla^{1*}, Alex Erazo Lara²

1. Maestrante de Economía y Administración Agrícola, Escuela Superior Politécnica del Chimborazo, Riobamba, Ecuador

2. Docente-Investigador de la Escuela Superior Politécnica del Chimborazo, Riobamba, Ecuador

*Autor para correspondencia: niap2701@hotmail.com

Recibido: 30 de abril del 2017

Aceptado: 21 de junio del 2017

Resumen

Los servicios ecosistémicos que proveen los ecosistemas son importantes para la sociedad; los bosques secos son ecosistemas valiosos por su biodiversidad e importancia económica y social para la población local; por esta razón es necesario su valoración económica y ecológica y, a través de ésta, aproximar su valor social y ambiental por parte de la sociedad. El objetivo de la investigación fue: determinar el contenido de carbono en el compartimiento leñoso del bosque seco de la provincia de Loja y el valor económico del servicio ambiental captura de carbono. El valor ecológico se obtuvo mediante el inventario de las especies leñosas \geq a 5 cm de DAP evaluándose 150 parcelas. Se estimó el volumen total, la biomasa considerando la densidad de la madera de cada especie, el contenido de carbono del compartimiento leñoso del bosque y, los certificados (CER) que se negocian en mercados voluntarios. Se encontró 62 especies leñosas, correspondientes a 51 géneros y 29 familias, con dominancia de: *Ceiba trichistandra*, *Eriotheca ruizii*, *Cochlospermum vitifolium*, *Handroanthus chrysanthus* y *Terminalia valverdeae*. El contenido de carbono del compartimiento leñoso del bosque seco es de 32,90 t/ha y las toneladas de CO₂ equivalentes son 118,44/ha, que significa 118,44 CER/ha, se consideró un precio de USD 5/CER, obteniéndose un valor económico total del bosque de USD 183 582 000. Esta valoración apoya a la percepción comunitaria e institucional sobre el bosque seco y constituye la base para elaborar una propuesta de comercialización de bonos de carbono en mercados voluntarios.

Palabras clave: Valoración ecológica, valoración económica, carbono acumulado, bosques secos, certificados de reducción de emisiones.

Abstract

Ecosystem services are the direct and indirect contribution of ecosystems to human well-being; the dry forests are valuable ecosystems because of their biodiversity, economic and social importance to the local population; for this reason economic and ecological valuation is necessary, to approximate its social and environmental value by the society. The objective of the research was to determine the carbon content in the woody compartment of the dry forest of Loja province and the economic value of the environmental service from carbon capture. The ecological value was obtained by the inventory of the woody species ≥ 5 cm of DBH registered in 150 plots. The total volume was estimated, the biomass considering the density of woody species, the carbon content in the woody compartment of the forest and the Certified Emission Reduction (CERs) that are traded in voluntary markets. It was found 62 woody species, belonging to 51 genera and related to 29 families, with dominance of: *Ceiba trichistandra*, *Eriotheca ruizii*, *Cochlospermum vitifolium*, *Handroanthus chrysanthus* and *Terminalia valverdeae*. The carbon content on the woody compartment of the dry forest is 32,90 t / ha and the equivalent tons of CO₂ are 118,44 / ha, which means 118,44 CER/ha, a price of USD 5/CER was considered, resulting in a total economic value of the forest of USD 183 582 000. This assessment supports community and institutional perception of dry forest and provides the basis for a proposal to carbon market credits in voluntary markets.

Keywords: Ecological valuation, economic valuation, accumulated carbon, dry forests, Certified Emission Reduction.

Introducción

Es de conocimiento mundial que el incremento en la concentración de algunos gases en la atmósfera, como el dióxido de carbono (CO₂), producto del crecimiento de la población mundial y sus actividades productivas, provocan una intensificación del efecto invernadero natural del planeta. Como fuentes principales de emisión del CO₂ se mencionan la combustión de combustibles fósiles, la producción de cemento en los países industrializados; la deforestación, incendios forestales y el cambio de uso de la tierra en países tropicales. La importancia creciente que tiene la presencia del CO₂, por ser uno de los gases que más contribuye al efecto invernadero y que incide sobre el calentamiento global, sugiere que se reconozca el papel que juega la vegetación en la captación de este gas y se motiven las plantaciones y cuidado de los bosques (Corral *et al.*, 2006).

El mercado de carbono surge en el mundo como una alternativa y económicamente viable al compromiso asumido por países, empresas e individuos, de disminuir las emisiones de gases que contribuyen a los gases de efecto invernadero (GEI). Este puede estar dentro del cumplimiento y la observancia de las prerrogativas del Protocolo de Kyoto o puede estar el mercado voluntario, el cual no es jurídicamente vinculante, pero se ha desarrollado como respuesta a aquellos que están interesados en convertirse en carbón neutral; se refiere a que diferentes instituciones implementan acciones de reducción de emisiones por diferentes motivos (marketing, valor agregado de un producto) mediante instrumentos creados fuera de cualquier sistema regulado, los llamados no Kyoto (García, 2011).

Entonces, conociendo la importancia biológica del bosque seco, el estado de amenaza que soportan, el escaso conocimiento sobre los servicios ambientales que proveen y los escasos estudios sobre valoración ecológica y económica del bosque; surge la necesidad de realizar la valoración económica de la captura de carbono de los bosques secos de la provincia de Loja.

La población local que vive en los alrededores de los bosques secos de la provincia de Loja, conoce y valora el bosque por la existencia y posibilidad de extraer madera y leña y desconoce y subvalora la presencia de productos forestales no maderables, la biodiversidad y servicios ambientales que estos prestan, aunque han sido parte de su vida cotidiana. A pesar de que las

autoridades locales que conocen el verdadero valor ecológico del bosque, han propuesto proyectos para la conservación del bosque, varios proyectos han fracasado por el poco o nulo interés de la población de participar de estos.

El presente trabajo de investigación permitió responder la pregunta: ¿Es posible que la valoración económica del servicio ambiental captura de carbón que provee el bosque seco de la provincia de Loja, permita su valoración y reconocimiento comunitario e institucional?

Lo cual se logró mediante el cumplimiento de los objetivos: estimar el contenido de carbono en el compartimento leñoso de los bosques secos de la provincia de Loja, que permita valorar la importancia del servicio ambiental captura de carbono en este ecosistema; y, realizar la valoración económica de la captura de carbono, que permita disponer de un flujo de ingresos que sirvan para plantear una propuesta de venta de bonos de carbono.

La valoración ecológica del bosque seco de la provincia de Loja permitió registrar 62 especies leñosas, correspondientes a 51 géneros y 29 familias. El contenido de carbono del compartimento leñoso del bosque es 32,90 t/ha y la valoración económica del servicio ecosistémico captura de carbono es de \$ 183 582 000.

Materiales y Métodos

Área de estudio

El estudio se ejecutó en el bosque seco de la provincia de Loja, localizado entre 190 a 1 000 msnm, en los cantones Zapotillo, Macará, Puyango, Paltas, Pindal, Célica y Sozoranga, que comprende parte de la Reserva de Biosfera Bosque Seco, reconocida desde junio del 2014. La provincia de Loja tiene 11 000 km², de éstos 3 100 km² son bosque seco, ubicados en el extremo sur del Ecuador en el límite con el Perú (Figura 1) (Aguirre *et al.*, 2013).

El área tiene una precipitación anual de 500 mm y temperatura promedio anual de 24°C (Espinoza *et al.*, 2012; Webber, 2009).

Los bosques secos de la provincia de Loja, están en buen estado de conservación con una puntuación de 57,6 %, éstos bosques secos se aprecian mejor conservados que los del norte peruano y que sus homólogos de Manabí, Santa Elena, Guayas y El Oro, considerando su

composición, estructura y regeneración natural de las especies típicas de bosque seco (Aguirre *et al.*, 2013, Aguirre, 2014).

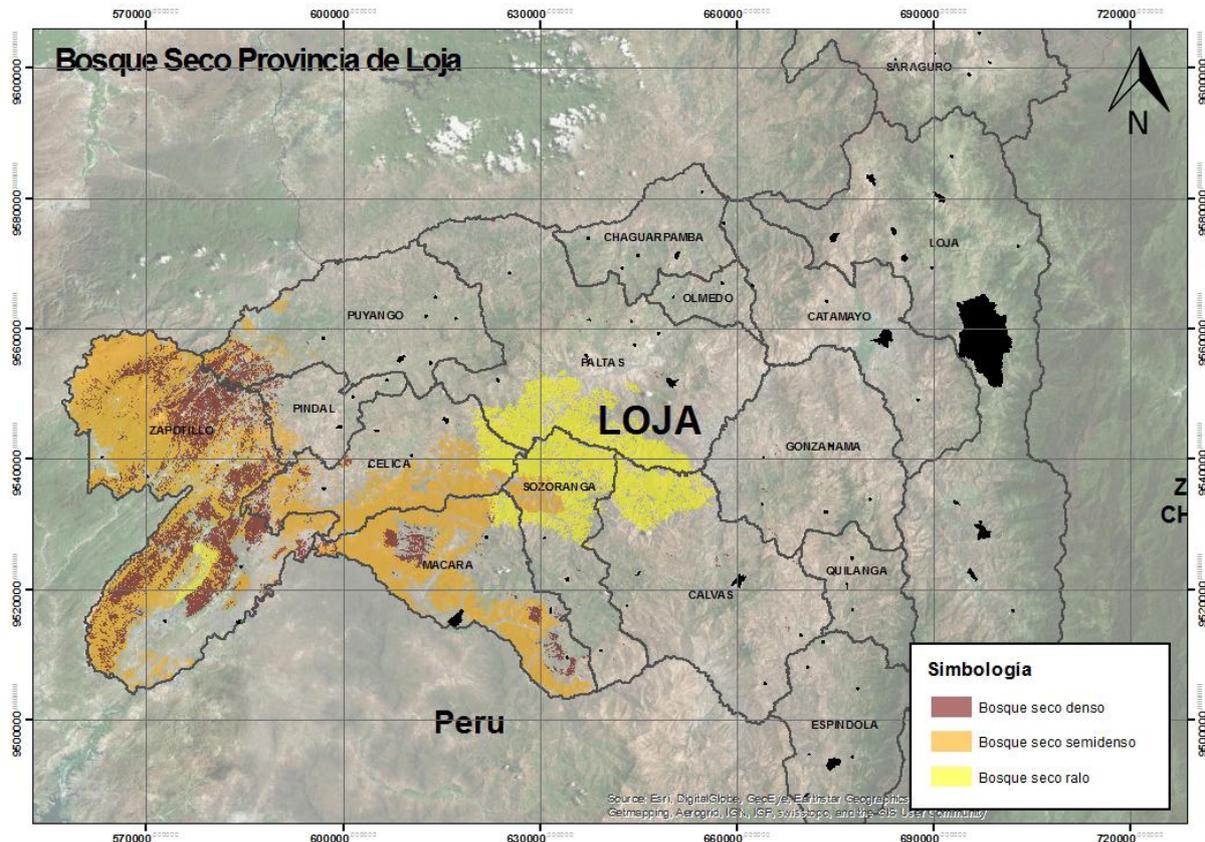


Figura 1: Localización de los bosques secos de la provincia de Loja, Ecuador.

Selección y tamaño de la muestra

En la extensión de terreno cubierta por bosque seco, se utilizó un muestreo sin reemplazo, en la que el elemento no se puede incluir en la muestra más de una vez. Se utilizó el tipo de muestreo probabilístico, que permitió observar el comportamiento real de las variables, que admitió que cada elemento de la población tenga la oportunidad de ser seleccionado como muestra y no discrimina a ningún elemento.

Se muestrearon parcelas de 20 x 20 m (400 m²), distribuidas aleatoriamente en cinco sectores: La Ceiba, Algodonal, Laipuna, La Ceiba Grande y Mangahurco. El establecimiento de las parcelas siguió la metodología planteada por Aguirre y Aguirre (1999) y Aguirre (2010). Para

determinar si el muestreo era suficiente para tener representado el bosque seco en estudio, se utilizó la curva área-especie utilizando el programa BioDiversity.

Recolección de datos primarios y secundarios

Se registraron todos los individuos con más de 3 m de altura y mayores o iguales a 5 cm de $D_{1,30\text{ m}}$, a los cuales se midió el diámetro a 1,30 m ($D_{1,30\text{ m}}$) con una cinta diamétrica y la altura total con un hipsómetro sunnto. Se utilizaron: hojas de campo estándares para anotar datos de diámetro y altura de los árboles del bosque seco. Además, se identificó taxonómicamente a que especie pertenece cada uno de los individuos medidos, siguiendo la nomenclatura propuesta por el APG III.

Obtención del carbono fijado en la biomasa forestal del bosque seco

En primera instancia se calculó el volumen de la masa forestal de todos los individuos censados, usando la fórmula planteadas por Aguirre (2012); Aguirre y Aguirre (2004).

$$V = G * H * f$$

Dónde: V= volumen; G = área basal; H = altura total y f = factor de forma

Luego el valor del volumen de madera se transforma a biomasa de cada individuo, para lo cual se considera la dureza de la madera de cada especie, para esto se usó la densidad o peso específico (pe) de cada especie vegetal, se empleó la fórmula:

$$\text{Biomasa} = \text{Volumen} \times \text{pe} \text{ (Aguirre y Aguirre, 2004).}$$

Para el cálculo total se considera la biomasa radicular y foliar, para el caso de la raíz se estima que el 30 % de la biomasa total del árbol corresponde a la raíz y, para la copa el 20 %.

$$\text{Biomasa de raíz} = \text{Biomasa del árbol} * 0,3 \text{ (MacDicken, 1994).}$$

$$\text{Biomasa de copa} = \text{Biomasa del árbol} * 0,2 \text{ (MacDicken, 1994).}$$

Entonces: Biomasa total del árbol = Biomasa del árbol + biomasa de raíz + biomasa de copa.

Cálculo del contenido de carbono del compartimento leñoso del bosque

Se calculó el contenido de carbono de cada árbol, usando la expresión universal:

Carbono acumulado = Biomasa total x 0,5 (asumiendo que todo organismo contiene el 50 % de carbono) (Aguirre y Aguirre, 2004)

Obtención de la valoración económica del carbono acumulado

Se usó los datos de la productividad del bosque seco calculado (Biomasa total del árbol*0,5). Para conocer el CO₂ acumulado en el bosque se transforma el carbono almacenado en el bosque (Biomasa * 0,5) a CO₂ equivalente, para ello se multiplica por 3,6 (peso atómico del carbono).

Ya que es conocido que lo que se negocia en los mercados son los certificados o bono de carbono (CER), se considera que una t de CO₂ equivalente representa un certificado o bono (1 t = un Certificado).

Luego se obtuvo la equivalencia que una hectárea de bosque seco tiene en “N” Certificados o Bonos de Carbono que son los que se negocian en el mercado. La cantidad de certificados o bonos que se venden en los mercados voluntarios se multiplica por el precio referencial que actualmente es de USD 5/Certificado (Banco Mundial, 2016). La valoración económica del bosque seco de la provincia de Loja se obtuvo usando la expresión:

$\text{ValorSAmCO}_2 = \text{Cantidad de Certificados o Bonos de Carbono} \times \text{precio referencial de CO}_2/\text{ha}$
(Aguirre, 2011)

Resultados

Estructura y composición florística del bosque seco de la provincia de Loja

Se identificaron 62 especies leñosas (\geq a 5 cm de D_{1,30 m}), pertenecientes a 51 géneros y 29 familias. La curva área - especie (Figura 2) indican que el muestreo con 100 parcelas distribuidas en el área fue suficiente para representar la composición florística del bosque estudiado; sin embargo, los cálculos se realizaron con las 150 parcelas inventariadas.

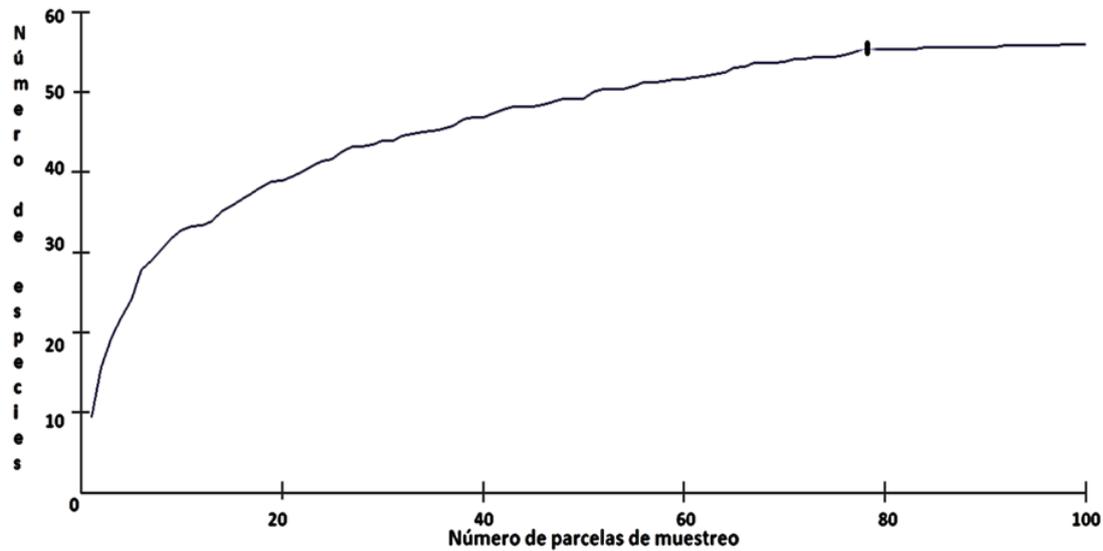


Figura 2. Curva área-especie obtenida para los bosques secos de la provincia de Loja, Ecuador. Los bosques secos de la provincia de Loja son semidensos (500 a 699 individuos/ha), con dominancia de especies como: *Ceiba trichistandra*, *Eriotheca ruizii*, *Cochlospermum vitifolium*, *Handroanthus chrysanthus* y *Terminalia valverdeae*, que en temporada lluviosa son semejantes a una selva tropical.

El dosel principal del bosque está compuesto por árboles que alcanzan hasta 18 m de altura, se diferencian tres estratos: dominante con individuos de entre 14 a 18 m, sobresalen: *Ceiba trichistandra*, *Eriotheca ruizii*, *Handroanthus chrysanthus*, *Cordia macrantha*, *Cochlospermum vitifolium*. El estrato codominante constituido por árboles de entre 8-14 m, especies principales: *Geoffroea spinosa*, *Bursera graveolens*, *Guazuma ulmifolia*, *Terminalia valverdeae* y *Prosopis juliflora*. En el estrato dominado se encuentran árboles de entre 3 a 8 m, sobresalen: *Simira ecuadorensis*, *Prockia crucis*, *Pithecellobium excelsum*, *Ipomoea pauciflora* y *Achatocarpus pubescens*.

En el sotobosque crecen: *Opuntia quitensis*, *Cereus diffusus*, *Jatropha curcas*, *Baccharis trinervis*, *Barnadesia aculeata*, *Lantana canescens*, *Ipomoea carnea*, *Croton* sp., *Phyllanthus* sp., *Abutilon* sp., y abundancia de gramíneas en temporada de lluvias.

Contenido de carbono de los bosques secos de la provincia de Loja

Realizado los cálculos de volumen y biomasa del fuste, considerando la densidad de madera de cada especie vegetal leñosa, se obtiene que en las 5 hectáreas muestreadas existen 109,66 toneladas, que significa 32,90 t de carbono acumulado por hectárea (Tabla 1).

Tabla 1. Contenido de carbono de cada una de las 62 especies registradas en el estudio de los bosques secos de la provincia de Loja.

Especie	Densidad de madera g/cm ³	Densidad de madera kg/m ³	Volumen (m ³)	Biomasa (kg)	Contenido Carbono (kg)
<i>Acacia macracantha</i> Humb. & Bonpl. Ex Willd.	0,73	730	0,57	418	208,8
<i>Achatocarpus pubescens</i> C. H. Wright	0,59	590	0,23	134	66,9
<i>Aegiphila</i> sp.	0,68	680	0,29	199	99,5
<i>Agonandra excelsa</i> Griseb.	0,74	740	0,11	84	42,2
<i>Albizia multiflora</i> (Kunth) Barnaby & J.W. Grimes	0,65	650	0,81	525	262,4
<i>Allophylus</i> sp.	0,55	550	0,03	15	7,6
<i>Bauhinia aculeata</i> L.	0,67	670	0,08	55	27,6
<i>Bougainvillea peruviana</i> Bonpl.	0,56	560	0,01	8	3,9
<i>Bursera graveolens</i> (Kunth) Triana & Planch.	0,32	320	4,39	1 404	702,1
<i>Caesalpinia glabrata</i> Kunth.	0,95	950	3,15	2 989	1 494,4
<i>Calliandra taxifolia</i> (Kunth.) Benth.	0,82	820	1,14	935	467,4
<i>Capparicordis crotonoides</i> (Kunth) H.H. Iltis & X. Cornejo	0,69	690	0,01	5	2,5
<i>Cavanillesia platanifolia</i> (Bonpl.) Kunth	0,6	600	0,05	29	14,4
<i>Cedrela odorata</i> L.	0,6	600	0,18	105	52,5
<i>Ceiba trichistandra</i> (A. Gray) Bakh.	0,32	320	163,56	52 339	26 169,4
<i>Celtis iguanaea</i> (Jacq.) Sarg.	0,77	770	0,09	66	33,1
<i>Celtis loxensis</i> C. C. Berg.	0,77	770	1,43	1 097	548,7
<i>Chloroleucon mangense</i> (Jacq.) Britton & Rose	0,95	950	2,02	1 919	959,7
<i>Citharexylum gentryi</i> Moldenke	0,7	700	0,73	514	257,0
<i>Citharexylum quitense</i> Spreng.	0,6	600	0,47	279	139,6
<i>Citharexylum</i> sp.	0,6	600	0,58	347	173,5
<i>Coccoloba ruiziana</i> Lindau	0,6	600	0,01	6	3,0
<i>Coccoloba</i> sp.	0,6	600	0,07	41	20,7
<i>Cochlospermum vitifolium</i> (Willd.) Spreng.	0,3	300	15,35	4 606	2 303,2
<i>Colicodendron scabridum</i> (Kunth) Seem.	0,65	650	0,28	185	92,6
<i>Cordia lutea</i> Lam.	0,5	500	0,14	70	35,1
<i>Cordia macrantha</i> Chodat	0,55	550	11,21	6 164	3 082,0
<i>Croton</i> sp.	0,4	400	0,00	1	0,6
<i>Cynophalla mollis</i> (Kunth) J. Presl	0,66	660	0,39	258	129,1

Especie	Densidad de madera g/cm ³	Densidad de madera kg/m ³	Volumen (m ³)	Biomasa (kg)	Contenido Carbono (kg)
<i>Cynophylla sclerophylla</i> (H.H. Iltis & X. Cornejo)	0,64	640	0,01	5	2,7
<i>Eriotheca ruizii</i> (K. Schum.) A. Robyns	0,45	450	53,09	23 893	11 946,4
<i>Erythrina velutina</i> Willd.	0,3	300	12,89	3 866	1 933,0
<i>Erythroxylum glaucum</i> O. E. Schulz	0,7	700	3,47	2 428	1 214,0
<i>Ficus jacobii</i> Vázq. Avila	0,3	300	0,78	233	116,4
<i>Geoffroea spinosa</i> Jacq.	0,85	850	8,88	7 548	3 774,2
<i>Gliricidia brenningii</i> (Harms) Lavin.	0,55	550	0,01	7	3,4
<i>Handroanthus billbergii</i> (Bureau & K.Schum.) S.O.Grose	0,9	900	2,79	2 511	1 255,6
<i>Handroanthus chrysanthus</i> (Jacq.) S.O.Grose	0,9	900	57,09	51 381	25 690,3
<i>Ipomoea calodendron</i> O'Donnell	0,3	300	8,77	2 632	1 315,8
<i>Leucaena trichodes</i> (Jacq.) Benth.	0,6	600	0,85	508	254,0
<i>Loxopterygium huasango</i> Spruce ex Engl.	0,95	950	1,79	1 705	852,3
<i>Machaerium millei</i> Standl.	0,8	800	3,47	2 776	1 387,9
<i>Maclura tinctoria</i> (L.) Steud.	0,75	750	0,36	270	135,2
<i>Malpighia emarginata</i> DC.	0,6	600	0,02	14	7,2
<i>Piptadenia flava</i> (Spreng. ex DC.) Benth.	0,75	750	0,36	272	136,2
<i>Piscidia carthagenensis</i> Jacquin	0,8	800	9,65	7 718	3 859,1
<i>Pisonia aculeata</i> L.	0,45	450	3,48	1 566	783,1
<i>Pisonia floribunda</i> Hook. F.	0,42	420	0,02	10	5,1
<i>Pithecellobium excelsum</i> (Kunth) Mart.	0,78	780	0,28	217	108,4
<i>Prockia crucis</i> P. Browne ex. L.	0,58	580	1,89	1 099	549,4
<i>Randia armata</i> (Sw.) DC	0,65	650	0,05	33	16,3
<i>Randia aurantiaca</i> Standl.	0,6	600	0,01	6	3,2
<i>Salacia</i> sp.	0,76	760	2,17	1 651	825,7
<i>Sapindus saponaria</i> L.	0,8	800	0,02	19	9,7
<i>Senna mollissima</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) H.S. Irwin & Barnaby	0,5	500	0,26	129	64,4
<i>Simira ecuadorensis</i> (Standl.) Steyerm.	0,65	650	11,55	7 505	3 752,6
<i>Sorocea sprucei</i> (Baill.) J. F. Macbr.	0,6	600	0,01	7	3,7
<i>Terminalia valverdeae</i> A. H. Gentry	0,82	820	29,02	23 796	11 898
<i>Triplaris cumingiana</i> Fisch. & C.A. Mey . Ex . C.A. Mey	0,55	550	0,03	17	8,4
<i>Vernonanthura patens</i> (Kunth) H. Rob.	0,35	350	0,00	1	0,5
<i>Zanthoxylum</i> sp.	0,61	610	0,01	8	4,1
<i>Ziziphus thyrsoflora</i> Benth.	0,85	850	0,81	692	345,8
Total fustes (kilogramos) en las cinco hectáreas			421,29	219 323	109 661
Total fustes (toneladas) en las cinco hectáreas					109,66

Captura de carbono de los componentes considerados

El carbono acumulado en el compartimiento leñoso de los bosques secos de la provincia de Loja, se calculó en base a fuste, raíz y copa de cada uno de los árboles inventariados en las cinco hectáreas de muestreo. En la tabla 2 se resume el aporte de cada elemento considerado.

Tabla 2. Resumen del contenido de carbono por compartimento leñoso considerado en el estudio de los bosques secos de la provincia de Loja (5 hectáreas)

Contenido de carbono de cada componente considerado	Toneladas (t)
Fustes	109,660
Raíces	32,90
Copas	21,93
Total del muestreo	164,49
Carbono acumulado por hectárea	32,90

En el bosque seco de la provincia de Loja, los árboles acumulan 32,90 toneladas de CO₂ por hectárea.

Valoración económica de la captura de carbono en los bosques secos de Loj

Transformación del carbono acumulado a dióxido de carbono capturado

Para conocer el CO₂ acumulado en los bosques secos, se transforma el carbono que esta acumulado en el comportamiento leñoso a CO₂ equivalente, para ello se multiplica por 3,6 que es el peso atómico del carbono (Tabla 3).

Tabla 3. Carbono acumulado en el compartimento leñoso considerado en el estudio de los bosques secos de la provincia de Loja, que son 5 hectáreas.

Carbono acumulado (t/ha)	32,90 x 3,6
Toneladas de CO ₂ equivalente (CO ₂ e/ha)	118,44
Total del bosque seco provincia de Loja	310 000 hectáreas
Total toneladas CO ₂ e en todo el bosque	36 716 400

Las toneladas de CO₂ equivalente por hectárea que poseen los bosques secos de la provincia de Loja (CO₂ e/ha) y que se considerará para la posible negociación es de 118,44 tCO₂e/ha.

Certificados o bonos de carbono que poseen los bosques secos de la provincia de Loja

Para calcular los certificados o bono de carbono que posee el bosque, se considera que 1 t de CO₂ equivalente representa un certificado o bono. La relación es que una tonelada de carbono es igual a un certificado, por lo cual el bosque seco tendría 118,44 certificados por hectárea.

Considerando que el bosque seco de la provincia de Loja posee 310 000 hectáreas, el total de certificados que se podrá negociar son: 36 716 400 certificados.

Valor económico total de bosque seco por el servicio ambiental captura de carbono

Lo que se negocia o vende en los mercados voluntarios son los certificados (CER), considerando el precio referencial actual de USD 5/Certificado (SENDEC0₂, 2017, Banco Mundial, 2016), entonces: como el bosque seco de la provincia de Loja posee 118,44 certificados x USD 5, cada hectárea de bosque tendría un valor de USD 592,20. En la tabla 4 se presenta el valor económico total que puede tener el bosque seco de la provincia de Loja por el servicio ambiental captura de carbono.

Tabla 4. Valor económico total del bosque seco de la provincia de Loja por captura de CO₂

Bosque	Total USD
Una hectárea	592,20
Todo superficie de los bosques secos de la provincia de Loja	310 000 ha.
Valor total de los bosques secos de la provincia de Loja por captura de CO ₂	183 582 000

El valor económico total del bosque seco de la provincia de Loja por la provisión del servicio ambiental captura de carbono es de \$ 183 582 000 dólares americanos.

Discusión

Estructura y composición florística del bosque seco de la provincia de Loja

Se identificaron 62 especies leñosas (\geq a 5 cm de $D_{1,30\text{ m}}$), registro que se enmarca dentro del rango promedio de la riqueza y diversidad de los bosques secos que según Fredericksen (2011) es de 30 a 90 especies. Este estudio registra datos similares a otros bosques secos ecuatorianos (Mendoza y Jiménez, 2008; Josse, 1997; Aguirre y Kvist, 2005, Aguirre y Kvist, 2009; Phillips y Miller, 2002), con menos especies que lo reportado por Espinosa *et al.*, (2012) ya que ellos incluyen especies del bosque piemontano seco de Loja. En otro ámbito los resultados son concordantes con registros de otros bosques secos neotropicales como los mexicanos (Zamora-Crescencio *et al.*, 2011; Sánchez *et al.*, 2007; Balvanera y Aguirre, 2006), venezolanos (Leython y Ruiz-Zapata, 2006; Dezzeo *et al.*, 2008), colombianos (Carrillo-Fajardo *et al.*, 2007; Mendoza, 1999; Ruiz-Linares y Fandiño-Orozco, 2009).

Los bosques secos de la provincia de Loja son semidensos; con dominancia de individuos de *Ceiba trichistandra*, *Eriotheca ruizii*, *Handroanthus chrysanthus*, *Cordia macrantha*, *Cochlospermum vitifolium*. El estrato codominante constan: *Geoffroea spinosa*, *Bursera graveolens*, *Guazuma ulmifolia*, *Terminalia valverdeae* y *Prosopis juliflora*. En el estrato dominado crecen: *Simira ecuadorensis*, *Prockia crucis*, *Pithecellobium excelsum*, *Ipomoea pauciflora* y *Achatocarpus pubescens*. Esta estructura también ha sido reportada en estudios realizados por el Herbario Loja *et al.*, (2001), Mendoza y Jiménez (2008), Aguirre y Kvist (2009) para bosques secos del Ecuador. Mientras que para bosques de la zona Tumbesina del lado peruano Leal-Pinedo y Linares-Palomino (2005) señalan que los bosques tienen una altura del dosel entre 10-15 m y las especies sobresalientes son: *Handroanthus bilbergii*, *Terminalia valverdeae* y *Caesalpinia glabrata*. Rosal-Sánchez *et al.*, (2011) reportan para bosques de Piura que la altura del dosel es de 14,1 m, y los árboles emergentes son: *Ceiba trichistandra*, *Loxopterygium huasango* y *Cochlospermum vitifolium*.

Contenido de carbono de los bosques secos de la provincia de Loja

La captura de carbono del componente leñoso de los bosques secos de la provincia de Loja, es de 32,90 tC/ha, considerada similar a la acumulación de carbono de referencia reportada por las Estadísticas del Ministerio del Ambiente (2015), en donde el promedio para bosques seco pluviestacional es de 37 tC/ha. Comparando con otros ecosistemas de Ecuador es menor, así: con bosque seco andino es de 47,9 tC/ha., para los bosque siempreverde de ceja andina es de

105,10 tC/ha, para bosque siempreverde de piedemonte que es 122,80 tC/ha., y para bosque siempreverde de tierras bajas de la Amazonía el carbono almacenado es de 160,40 tC/ha; la menor cantidad de carbono acumulado en los bosques secos está dada y es entendida por la dinámica de la vegetación seca, influenciada especialmente por las condiciones climáticas imperantes en la zona de bosque seco.

Comparando con el estudio realizado por Ruiz y Tinoco (2013) que cuantificaron las reservas de carbono de tres áreas de conservación del programa socio bosque con ecosistemas de bosque seco de Zapotillo, en la provincia de Loja; los resultados demuestran similitud a los obtenidos en esta investigación; reportan un promedio de carbono del componente arbóreo de 36,15 tC/ha, siendo el total almacenado de 96,37 tC/ha, incluido necromasa y suelo.

Los estudios a nivel mundial para este tipo de ecosistemas son escasos, sin embargo, en estudios realizados por la FAO, indican que el almacenamiento de carbono en bosque secos es de 60 tCO₂/ha, en bosques primarios, mientras que en bosques secundarios es de 25 tCO₂/ha (Knninen, 2000), datos diferentes a los de la presente investigación.

En el estudio realizado por Siu & Ordeñana (2001), titulado: “Estimación del contenido y almacenamiento de carbono en el bosque seco secundario del refugio de vida silvestre Chococente, en Nicaragua”, se calcula la cantidad de carbono en tres diferentes edades del bosque, reportan valores de 21 tC/ha para bosque de 50 años considerando solo árboles, de la regeneración natural es de 3 tC/ha y el sotobosque 0,27 tC/ha, lo cuales son medianamente similares con los resultados obtenidos en la investigación del bosque seco de Loja. Al comparar con otro estudio realizado en la costa de Perú por Málaga, Giudice, Vargas y Rojas (2014), que reportan una captura de 17,9 tC/ha en los bosques secos peruanos, se demuestra que son inferiores a los bosques secos de Loja.

Valoración económica de la captura de carbono en los bosques secos de Loja

Considerando que cada tCO₂ representa un CER, en la provincia de Loja se podría negociar 36 716 400; cantidad considerable, cada uno tendría un valor de USD 5, que significaría ingresos suficientes para financiar la conservación de los bosques secos de Loja, tal como lo señala Aguirre (2011) en una perspectiva de buscar fuentes de financiamiento no tradicionales para costear las acciones de protección y manejo de ecosistemas en Ecuador

Aunque los precios de los CER han fluctuado durante la última década, con tendencia a la baja, en el año 2008 el precio se encontraba en USD 22,02, en el año 2010 llega a USD 14,32 y para el año 2013 a USD 4,45 que es el precio más bajo reportado, sin embargo, para el año 2017 el precio promedio se ha mantenido en USD 5/CER (SENDECO2, 2017).

Para este trabajo de investigación se considera el precio del 2017 (USD 5/CER), que permite una estimación financiera moderada del valor económico total por captura de carbono del bosque seco de la provincia de Loja (USD 183 582 000); constituyéndose en una opción para mejorar la percepción y valoración del bosque seco por parte de la comunidad e instituciones, en virtud de la provisión del servicio ambiental captura de carbono, en la perspectiva de aprovechar y conseguir recursos económicos que permitan mejorar la calidad de vida de los dueños y de la población que dependen de ellos. Es un valor alto, pero concuerda con las estimaciones reportadas por Aguirre (2010).

Conclusiones

El bosque seco de la provincia de Loja es un ecosistema con una gran diversidad de flora, se identificaron 62 especies leñosas, pertenecientes a 51 géneros y 29 familias, rango promedio de la riqueza y diversidad de los bosques secos del Ecuador.

En los bosques secos de la provincia de Loja se diferencian tres estratos, siendo las especies ecológicamente importantes: *Ceiba trichistandra*, *Simira ecuadorensis*, *Handroanthus chrysanthus*, *Eriotheca ruizii*, *Terminalia valverdeae*, *Bursera graveolens*, *Cochlospermum vitifolium* y *Cordia macrantha*, esto indica que el bosque conserva aún su composición, pero no la estructura; estos elementos florísticos tipifican el clímax para esta formación boscosa.

Realizado los cálculos de volumen y biomasa de los fustes de los árboles y considerando la densidad de madera de cada especie vegetal leñosa, se obtiene que en las 5 hectáreas de muestreo existen 164,49 t de carbono acumuladas; que significa que en el compartimiento leñoso de los bosques secos de la provincia de Loja existen 32,90 toneladas de C por hectárea.

El valor económico total por el servicio ambiental captura de carbono del bosque seco de la provincia de Loja, se calculó considerando las toneladas de CO₂ equivalentes (118,44), la

superficie de bosque seco (310 000 ha) y el precio referencial de cada certificado emitido en USD 5, obteniéndose un valor económico total de USD 183 582 000.

La valoración económica del servicio ambiental captura de carbono del bosque seco es una opción para mejorar la percepción y valoración del bosque seco por parte de la comunidad e instituciones involucradas, en la perspectiva de impulsar el aprovechamiento y conseguir recursos económicos que permitan mejorar la calidad de vida de la población local que dependen de ellos.

Bibliografía

Aguirre, Z. y Aguirre, N. (1999). *Guía práctica para realizar estudios de comunidades vegetales*. Herbario Loja No. 5. Departamento de Botánica y Ecología de la Universidad Nacional de Loja. Loja, Ecuador.

Aguirre N. y Z. Aguirre. (2004). *Guía para monitorear la biomasa y dinámica de carbono en ecosistemas forestales en el Ecuador*. Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador.

Aguirre, Z. y Kvist, P. (2005). Composición florística y estado de conservación de los bosques secos del sur-occidente del Ecuador. *Lyonia*. Volumen 8 (2): 41-67.

Aguirre, Z., Kvist, L. y Linares, R. (2006). Especies leñosas y formaciones vegetales en los bosques estacionalmente secos de Ecuador y Perú. *Arnaldoa*. 13(2): 324 – 350.

Aguirre, Z. y Kvist, L. (2009). Composición florística y estructura de bosques estacionalmente secos en el sur-occidental de Ecuador, provincia de Loja, municipios de Macara y Zapotillo. *Arnaldoa* 16(2): 87 – 99.

Aguirre, Z. (2010). *Guía para estudios de composición florística, estructura y diversidad de la vegetación natural*. Universidad San Francisco Xavier de Chuquisaca, Sucre, Bolivia.

Aguirre Z. (2011). *Economía ambiental: valoración económica del ambiente y de los recursos naturales*. Universidad Nacional de Loja. Loja, Ecuador.

Aguirre-Mendoza, Z.; Betancourt-Figueras, Y.; Geada-López, G. (2013). Regeneración natural en los bosques secos de la provincia de Loja y su utilidad para el manejo local. *Revista CEDAMAZ*. 3(1): 54-65.

Aguirre Z. (2014). Estructura del bosque seco de la provincia de Loja y sus Productos Forestales No Maderables: caso de estudio Macará Tesis Doctoral. Universidad de Pinar del Río, Cuba.

Aguirre N. (2010). Plan de Negocios para la comercialización de CER en la región sur del Ecuador. BIOSUR. Loja, Ecuador.

Balvanera P. y E. Aguirre. (2006). Tree Diversity, Environmental Heterogeneity, and Productivity in a Mexican Tropical Dry Forest. *Biotropica* 38(4): 479–491.

Banco Mundial (2016). Panel de Fijación del Precio del Carbono: Definición de una visión transformadora para 2020 y años venideros. Cumbre Paris. 15 de mayo de 2017, de Banco Mundial sitio web: <http://www.bancomundial.org/es/news/speech/2016/04/21/carbon-pricing-panel---setting-a-transformational-vision-for-2020-and-beyond>.

Carrillo-Fajardo, M., O. Rivera-Díaz, R. Sánchez-Montaña. (2007). Caracterización florística y estructural del bosque seco tropical del cerro Tasajero, San José de Cúcuta (norte de Santander), Colombia. *Revista Actualidad Biológica* 29 (86): 55-73.

Dezseo N., S. Flores, S. Zambrano-Martínez, L. Rodgers y E. Ochoa. (2008). Estructura y composición florística de bosques secos y sabanas en los llanos orientales del Orinoco, Venezuela. *Interciencia*. Volumen 33(10):733-740.

Espinosa, C.I., De la Cruz, M., Luzuriaga, A. L. y Escudero, A. (2012). Bosques tropicales secos de la región Pacífico Ecuatorial: diversidad, estructura, funcionamiento e implicaciones para la conservación. *Ecosistemas* 21 (1-2): 167-179.

Fredericksen, T. (2011). Review silviculture in seasonally dry tropical forest. Chapter 16 in Gunter *et al.* 2011 (Eds). *Silviculture in the tropics*.

Herbario Loja, UNISIG, CINFA. (2001). Zonificación y determinación de los tipos de Bosque seco en el suroccidente de la provincia de Loja. Informe Final. Herbario Loja — Proyecto Bosque Seco, Universidad Nacional de Loja, Ecuador.

Herbario Loja, CINFA, SNV. (2003). Zonificación ecológica de los seis cantones de influencia del Proyecto Bosque Seco. Fase II. Informe Final. Herbario Loja — Proyecto Bosque Seco, Universidad Nacional de Loja, Ecuador.

Josse, C. (1997). Dinámica de un bosque seco semideciduo y secundario en el oeste del Ecuador. P. 241-253. En Valencia R., y H. Balslev (Eds.). *Estudios sobre diversidad y ecología de plantas*. Universidad Católica del Ecuador. Quito, Ecuador.

Leal, J. y R. Linares. (2005). Los bosques secos de la reserva de biosfera del noroeste (Perú): diversidad arbórea y estado de conservación. *Revista Caldasia* 27(2):195-211.

Leython, S. y Ruiz T. (2006). Caracterización florística y estructural de un bosque estacional en el sector La Trilla, Parque Nacional Henri Pittier, estado Aragua, Venezuela. *Acta Botánica Venezuelica*. 29(2):303-314.

Linares-Palomino, R. (2004). Los Bosques tropicales estacionalmente secos: II. Fitogeografía y composición florística. *Arnaldoa* 11(1):103-138.

Linares, R. y Ponce, S. (2005). *Tree community patterns in seasonally dry tropical forests in the Cerros de Amotape Cordillera*. Tumbes, Perú. *Forest Ecology and Management*. 209: 261-272.

Linares, R. (2005). *Spatial distribution patterns of trees in a seasonally dry forest in the Cerros de Amotape National Park, northwestern Peru*. *Revista Peruana de Biología* 12(2): 317 – 326.

Linares-Palomino, R. y Ponce-Álvarez S. (2009). *Structural patterns and floristics of a seasonally dry forest in Reserva Ecológica Chaparri, Lambayeque, Perú*. *Tropical Ecology* 50(2): 305-314.

Málaga, N., Giudice, R., Vargas, C. y Rojas, E. (2014). Estimación de los contenidos de carbono de la biomasa aérea en los bosques de Perú. Ministerio del Ambiente, Perú. http://www.bosques.gob.pe/archivo/libro_carbono.pdf

Mendoza, H. (1999). Estructura y riqueza florística del bosque seco tropical en la región caribe y el valle del río Magdalena, Colombia. *Caldasia* 21(1): 70-94.

Mendoza, J. y Jiménez, E. (2008). Estructura de la Vegetación, Diversidad y Regeneración Natural de Árboles en Bosque Seco en la Comuna Limoncito- Provincia de Santa Elena. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil, Ecuador.

Ministerio del Ambiente. (2015) Estadísticas de Patrimonio Natural. Datos de bosques, ecosistemas, especies, carbono y deforestación del Ecuador continental. Subsecretaría de Patrimonio Natural, Sistema Único de Información Ambiental.

Montaño L. y Roa J.C. (2012). Estado actual de la conservación de los bosques secos pluviestacionales del suroccidente de la provincia de Loja. Tesis Ingeniero Forestal. Universidad Nacional de Loja. Loja, Ecuador.

Murphy, P. y Lugo, A.E. (1995). Dry forests of Central America and the Caribbean. En: Bullock, S.H., Mooney, H.A. y Medina, E. (Eds.), *Seasonally Dry Tropical Forests*. Pp. 9-34. Cambridge University Press, Cambridge.

Phillips, O. y Miller, J. (2002). Global pattern plant diversity: Alwin H. Gentry, forest transect data set. Missouri Botanical Garden Press. San Louis Missouri. USA.

Ruiz-Linares J. y M. Fandiño-Orozco. (2009). Estado del bosque seco tropical e importancia relativa de su flora leñosa, islas de la Vieja Providencia y Santa Catalina, Colombia, Caribe suroccidental. *Revista Academia Colombiana de Ciencias*. XXXIII (126): 5-15.

Ruiz I. y Tinoco H. (2013). *Cuantificación de las reservas de carbono en bosque seco dentro de tres áreas de conservación del programa socio bosque en el cantón Zapotillo, provincia de Loja*. Tesis Ingeniero Forestal, Universidad Nacional de Loja. Loja, Ecuador.

SENDECO₂. (2017). Precios de cotización de certificados de carbono. 15 de mayo de 2017 de SENDECO₂ sitio web: <http://www.sendeco2.com/es/>

Webber, L. (2009). Diagnóstico y plan de monitoreo de la calidad del agua en las Áreas de interés hídrico de los cantones Célica, Pindal, Puyango y Macará. *Naturaleza y Cultura Internacional*. Loja, Ecuador.

Zamora-Crescencio, P., Domínguez-Carrasco, M., Villegas, P., Gutiérrez, C., Manzanero, L., Ortega J., Hernández, S., Puco, E. y Puch, R. (2011). Composición florística y estructura de la vegetación secundaria en el norte del estado de Campeche, México. *Boletín de la Sociedad Botánica Mexicana*. México.