

VALOR ECONÓMICO DEL ALMACENAMIENTO DE CARBONO EN LOS PÁRAMOS DE LA RESERVA ECOLÓGICA EL ÁNGEL

ECONOMIC VALUE OF CARBONO STORAGE IN THE HIGHLANDS OF EL ANGEL ECOLOGICAL RESERVE

PAUL LEÓN CADENA¹, EVELYN TAPIA VALENZUELA², FABIÁN RODRÍGUEZ ESPINOSA^{3,4}

¹CARRERA DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA Y DEL MEDIO AMBIENTE, DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y CONSTRUCCIÓN, UNIVERSIDAD DE LA FUERZAS ARMADAS – ESPE. Av. General Rumiñahui s/n Sangolquí, Ecuador.

²CARRERA DE ECONOMÍA, FACULTAD DE ECONOMÍA, PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR – PUCE, Av. 12 de Octubre 1076 y Roca, Quito, Ecuador.

³CENTRO DE INVESTIGACIÓN GEOESPACIAL, DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y CONSTRUCCIÓN, UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE. Av. General Rumiñahui s/n Sangolquí, Ecuador. EMAIL: ffrdriguez3@espe.edu.ec

⁴FACULTAD DE ECONOMÍA, PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR – PUCE, Av. 12 de Octubre 1076 y Roca, Quito, Ecuador.

Recibido: 30 de marzo de 2017 / Aceptado: 31 de mayo del 2017

RESUMEN

El cambio climático y sus efectos están asociados a un costo social y tiene valores monetarios. Una de las estrategias para estabilizar las concentraciones de CO₂, uno de los gases causantes del efecto invernadero, es la creación y manejo de áreas protegidas naturales. El Ecuador tiene un total de 50 áreas protegidas que cubren más de 4 millones de hectáreas, una de las áreas protegidas en la Reserva Ecológica el Ángel con 15.715 ha aproximadamente. Entre los bienes y servicios ambientales que ésta reserva, al igual que el resto de áreas protegidas, es la provisión de agua y servir como sumidero de carbono. En el presente estudio se estima el valor económico del servicio ambiental de sumidero de carbono, para lo cual se realizó una revisión de los estudios realizados sobre el volumen de carbono en los páramos del Ecuador. A partir del volumen de carbono almacena, se estimó los beneficios al multiplicar por los precios internacionales de los Certificados de Emisiones de Carbono CEC y se obtuvo que los beneficios económicos por evitar las emisiones de CO₂ llegan a 10,7 millones US\$ a un precio de 0.14 US\$/TCO₂e hasta un valor de 359 millones US\$ a precio de 4,67 US\$/TCO₂e. El beneficio económico de la creación y existencia de áreas naturales protegidas es bastante alto, solo al analizar uno de sus servicios ambientales como secuestro y almacenamiento de carbono como en los suelos del Páramo de la REAA se concluye que es beneficios con casi \$ 11 millones de dólares como valor mínimo.

Palabras claves: Sumidero de carbono, áreas naturales protegidas, mercados de carbono.

ABSTRACT

Climate Change and its effects are associated with a social cost, cost that has monetary values. One strategy to stabilize CO₂ emissions is the creation and management of natural protected areas. Ecuador has as much as 50 protected areas which covers about 4 million of hectares, one of this protected areas is the El Angel Ecological Reserve with approximately 15.715 has. Among good and environmental services provided by this reserve, as well as the others, is water provision and carbon sink. In this study, we estimate the economic value of carbon sink. In order to achieve this goal, we review all studies that estimate the volume

of paramos' soil in Ecuador. Once soil carbon volume was settled, we estimate benefits of carbon sink through CEC in El Angel. Economic benefits of carbon sink reach 10.7 US\$ million with a price of 0.14 US\$/TCO₂e and up to 359 US\$ million with a price of 4.67 US\$/TCO₂e. The economic benefits as carbon sinks of natural protected areas proved to be worth it, and only in paramos' soil of REAA the low bound value is the almost 11 US\$ million.

Key words: Carbon sinks, natural protected areas, carbon markets.

1. INTRODUCCIÓN

La iniciativa de las Naciones Unidas para determinar el alcance de los efectos del cambio climático, sus causas y sus posibles soluciones se concentra principalmente en las emisiones de dióxido de carbono, y el primer paso, de acuerdo con Repetto y Austin (1997), es la estabilización de las concentraciones de CO₂. El dióxido de carbono es uno de los gases naturales causantes del efecto invernadero que inducen al cambio climático y está asociado a un costo social, los efectos en valores monetarios de las emisiones antropocéntricas de CO₂, medido en toneladas de carbono en un sitio o lugar especial (Pearce, 2005).

Una de las estrategias para estabilizar las concentraciones de CO₂ es la creación y el manejo de áreas naturales protegidas, de acuerdo con Dudley et al. (2009), las áreas naturales protegidas juegan un rol muy importante en la mitigación y adaptación al cambio climático (Londono et al., 2016). Entre los beneficios que proveen las áreas naturales protegidas con relación a la adaptación al cambio climático se incluyen seguridad alimentaria y acceso al agua, reducción de desastres, material genético para la adaptación de cultivos, nuevas medicinas, sumidero de carbono, entre otros (Londono et al., 2016).

Este reconocimiento sobre los beneficios de los servicios ambientales que proveen las áreas protegidas naturales es relativamente nuevo. Canadá fue uno de los primeros países en reconocer el potencial que tienen las áreas protegidas como sumideros de carbono (Kulshreshtha et al., 2000). En su estudio, reportaron que los bosques canadienses almacenan aproximadamente 4.432 millones de toneladas de carbono en varios ecosistemas, y estimaron que tienen un valor aproximado de 2.967,00 US\$/ha. Asimismo, Campbell et al. (2008) reportó que un 15% del carbón almacenado se mantiene dentro de las áreas protegidas. El mantener la vegetación natural se convierte en el mejor mecanismo para capturar y almacenar el carbono del ambiente, por lo tanto, los ecosistemas donde se encuentran las áreas protegidas naturales son el mejor mecanismo natural para la mitigación del cambio climático (Londono et al., 2016).

El Ecuador cuenta con una superficie protegida que supera los 4 millones de hectáreas, las cuales equivalen a un 20% de la superficie territorial del Ecuador. Una de las zonas ecológicas más importantes del país, y representativas para el mundo son las Islas

Galápagos, las cuales les corresponde el 16,7% de esta superficie protegida ya mencionada (MAE, 2017). Del total de 50 áreas protegidas del país, 16 se encuentran en la Cordillera de los Andes con el objetivo, entre otros, de conservar las fuentes de agua en los páramos del país (MAE, 2017).

Ecuador es el país que más páramos tiene con respecto a su extensión total. La diversidad de los páramos está mejor caracterizada por la palabra “única” que por “riqueza”. A todos los niveles de la biodiversidad (genes, especies y paisajes) no hay más representantes en el páramo que en otras zonas de vida, pero lo característico es “lo que hay en el páramo, no se encuentra en ninguna otra parte” (Mena Vásconez y Hofstede, 2006; Hofstede, 1999).

Por lo dicho anteriormente a fin de demostrar la importancia ecológica y económica que tiene el ecosistema de páramo de las áreas protegidas se han planteado el objetivo de realizar una valoración económica del almacenamiento de carbono en los páramos de la Reserva Ecológica El Ángel (REEA) y analizar los mercados de carbono existentes.

2. BENEFICIOS DEL PÁRAMO

Aparte de los usos que pueden prestar varias especies o grupos de especies del páramo, el ecosistema como un todo también genera beneficios para la sociedad, tanto en el páramo mismo como a grupos humanos alejados del páramo pero que lo aprovechan de manera muy importante. Ya se ha considerado un par de casos el servicio ambiental relacionado con la belleza escénica (frailejones y yaguales). El paisaje de páramo, en general, puede ser muy atractivo y así generar ingresos para las comunidades locales y para empresas a más amplia escala a través de un ecoturismo bien entendido y manejado (Mena Vásconez y Hofstede, 2006; Hofstede, 1999).

El ecosistema de páramo abastece servicios ambientales vitales no solo para las poblaciones andinas y ha recibido mucha atención en los últimos tiempos como los son la provisión de agua y la retención y almacenamiento de carbono. La importancia hidrológica de los páramos va más allá de la provisión de agua, el ecosistema de páramo sirve de filtro natural y purifica el agua proveniente de la precipitación (Buyteart et al., 2006), mantiene una alta humedad y protege de la erosión. Debido a su fragmentación, el ecosistema de páramo tiene una alta especiación con alto grado de endemismo. Según Buyteart y sus colegas (2006) existe aproximadamente unas 5 mil especies de plantas y el 60% de ellas son endémicas. Asimismo, son los particulares suelos parameros los que realizan de manera directa funciones como almacenamiento de agua y carbono, pero es la vegetación contribuye tanto en la formación del suelo como en su conservación y retención.

Por otro lado, los ecosistemas de páramo son muy susceptibles a cualquier alteración de su normal funcionamiento, la presencia humana y sus efectos data desde tiempo remotos (Chepstow-Lusty et al., 1996). En algunas regiones parameras los suelos

han sido degradados y drenados intensivamente para la producción de papas, frejol y cebollas (Beniston, 2003; Buyteart et al., 2006). Beniston (2003) discute también la alta susceptibilidad de los ecosistemas de páramo al cambio climático cambiando la vegetación y los procesos hidrológicos.

2.1 Calidad del agua

Los resultados de esta investigación demostraron que el agua que nace en el páramo de El Ángel es prístina y sin ningún nivel de contaminación. Sin embargo la presencia de viviendas, el desalojo de desechos orgánicos al río, la localización cercana de piscinas piscícolas, e inclusive las quemas, son los principales factores que determinan una preocupante reducción de la calidad del agua (Serrano y Galarraga, 2015).

2.2 Zona de amortiguamiento

Tabla 1. Cambios de cobertura vegetal del REEA período 2007-2013.

Cobertura vegetal de la REEA	Superficie (ha) 2007	Porcentaje (%) 2007	Superficie (ha) 2013	Porcentaje (%) 2003	Diferencia (ha) 2013-2007	Diferencia (%) 2013-2007
Páramo de frailejones	12.915,60	78,08	14368	89,85	+1352,4	+11,87
Páramo de almohadillas	2.247,16	13,59	507	3,17	-1.740,16	-10,42
Bosque siempre verde montano alto	246,85	1,49	94	0,59	-152,85	-1,09
Áreas intervenidas	694,12	4,2	943	5,9	+248,88	+1,70
Cuerpos de agua	66,40	0,4	62	0,39	-4,40	-0,01
Páramo lacustre	283,96	1,72	-	-	-	-
Plantaciones forestales	26,30	0,16	-	-	-	-
Bosque de Polylepis	60,68	0,37	-	-	-	-
Total	16.541,07	100	15974		-	-

Fuente: Plan de Manejo de la REEA (2008) y Mapa de vegetación (MAE,2013)

De acuerdo al estudio de la zona el propósito es predecir el impacto que originan las prácticas del manejo del suelo en el recurso agua y en la generación de precipitaciones (MAE, 2015). En el siguiente cuadro se muestra el uso del suelo de la REEA.

3. EL PÁRAMO COMO SUMIDERO DE CARBONO

Todo ecosistema se caracteriza por brindar servicios ambientales de suma importancia para el desarrollo de la vida del planeta, los páramos no son la excepción y es así que se pueden mencionar dos destacadísimos servicios que dicho ecosistema brinda a la sociedad. El primero de ellos es la dotación de agua, y el segundo en el cual se concentra el presente estudio es el almacenamiento de carbono en sus suelos.

El secuestro de carbono mediante los bosques se ha convertido en un servicio ambiental reconocido a escala global, que puede tener un valor económico considerable para países en vías de desarrollo (Ramírez et al., 1999). Esto es debido a la preocupación creciente por los cambios climáticos y su impacto en la actividad humana y en los recursos naturales, causado por los gases provenientes de procesos industriales, la actividad agrícola, el uso de combustibles fósiles y la deforestación, que son responsables de la mayor parte de estas alteraciones climáticas; entre ellos, el CO₂, es uno de los más abundantes, con efecto invernadero en la atmósfera (Cielsa, 1996).

“El suelo más común en páramos es de origen volcánico y se conoce técnicamente como *andosol*, del japonés que significa tierra negra. Este color negro viene del alto contenido de materia orgánica, que por las bajas temperaturas no se descompone rápidamente.

(...) Gracias al mencionado proceso de retención de materia orgánica, (la mitad de la cual es carbono) los suelos parameros son almacenes de carbono. Si bien la masa vegetal del páramo también es un sumidero de este elemento, no lo es en la medida de ecosistemas boscosos más bajos. Sin embargo, al contrario de lo que sucede con las tierras bajas, los suelos parameros tienen esta elevada concentración de materia orgánica y además son muy profundos (hasta 3 metros). Gracias a esto la cantidad total de carbono almacenada por hectárea de páramo puede ser mayor que la de selva tropical. Con un buen manejo de los páramos, se conserva el suelo y se mantiene el carbono almacenado mientras que si se descubre y maltrata el suelo, existe el peligro de que mucho del carbono se descomponga y vaya a la atmósfera como dióxido de carbono, el principal causante del calentamiento global, posiblemente el más grave problema ambiental del planeta (Mena Vásconez y Hofstede, 2006).

“(...) El páramo incluye grandes áreas abiertas (sin bosques) con relativamente baja productividad agrícola que por esta razón se presta para hacer actividades de forestación a gran escala, con el objetivo de fijar CO₂ atmosférico.” (Hofstede, 1999).

4. RESERVA ECOLÓGICA “EL ÁNGEL”

La Reserva Ecológica de El Ángel está ubicada en la provincia de Carchi, en la región sierra norte del Ecuador, en las parroquias La Libertad y el Ángel del cantón Espejo; Tufiño y Maldonado en el cantón Tulcán y la Concepción en el cantón Mira. (Ministerio del Ambiente, 2015).

La Prefectura del Carchi a través de su página web, en la cual destaca a la reserva dentro del ámbito turístico, presenta la siguiente descripción de la misma:

“Tiene una extensión de 15.715 has. La reserva presenta una riqueza florística y faunística similar a la mayoría de los páramos, con la excepción de la presencia de frailejones (*Espeletia pycnophyllia*) que domina la reserva. La reserva se encuentra ubicada desde los 3644 hasta los 4768 m.s.n.m., teniendo un clima frío de páramo que corresponde a la zona de vida de bosque muy húmedo montano (bmhM), bosque húmedo montano bajo (bhMB), bosque pluvial Sub Alpino (bpSA). El paisaje está representado por la presencia de pajonal, almohadillas y frailejones que contrasta con acequias, lagunas, vertientes, quebradas y ríos que nacen de la reserva, como: Ángel, Bobo, Grande, Chiquito entre otros que forman la cuenca del río Mira y río el Ángel; los suelos pertenecen al orden de los Andisoles, derivados de cenizas volcánicas, con texturas arcillosas, francolimosas y arenosas (MAE, 2015).

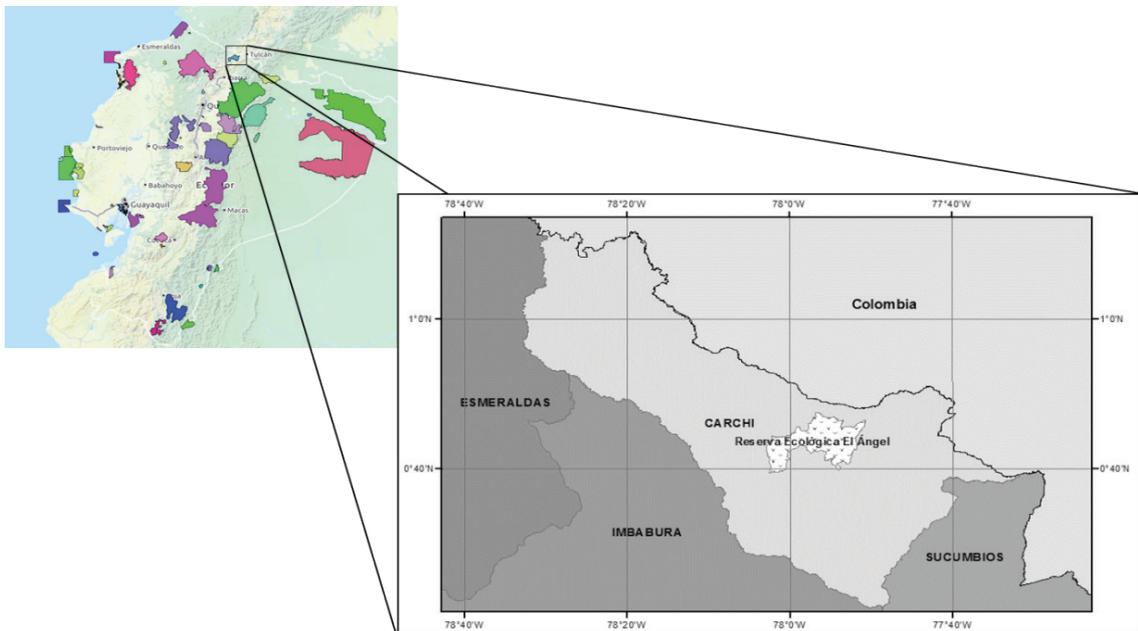


Figura 1. Mapa de Ubicación de la REAA
Fuente: MAE, 2014; Elaboración: Autores. 2014

La reserva, según el Plan de Manejo (MAE, 2015) está ocupada por páramo en un 80%, bosque alto andino del tipo llamado “Ceja andina” y humedales. Su pluviometría es alta y el clima es ecuatorial frío de alta montaña con temperaturas que alcanzan los 5° a 6° C y una precipitación anual entre 2000 – 3000 mm. Las lluvias son de larga duración y baja intensidad, la humedad relativa es siempre superior al 80%, con dos épocas: seca (junio a octubre) y lluviosa (noviembre a mayo).

Su vegetación está dominada por el frailejón (*Espeletia pycnophylla*), que aparte de esta reserva se la encuentra solamente en el Parque Nacional Llanganates, pero con la diferencia que en la reserva de El Ángel son más altos y robustos llegando a medir hasta 7 metros (MAE, 2015).

Al frailejón le acompañan otras especies vegetales como el pajonal del páramo, la chuquiragua, pumamaquí, sigse, mora y mortiño.

Dentro de las especies animales que se encuentran se destacan el venado, el conejo, el lobo, reptiles y algunas aves entre las que se destaca el curiquingue, las tórtolas y el cóndor los Andes que a veces es posible divisarlo surcando los cielos de los páramos del El Ángel (MAE, 2015).

Existen elevaciones importantes que superan los 3.500 msnm de altura, tales como el Pelado, el Cerro Negro, el Mirador, el Chinchinal y el Chiltazón, este último recientemente explorado, cuya parte más alta es nido de cóndores y en el cual existen vestigios arqueológicos importantes y además se está por confirmar que la cascada existente en sus estribaciones es la más alta del Ecuador (se calcula un salto de 500 m). Además en su interior encontramos algunos humedales, tales como las lagunas Negra, Crespo, Potrerillos y las lagunas del Voladero” (MAE, 2015).

El presente estudio se enfoca en el almacenamiento de carbono en el suelo, por lo cual es importante conocer más acerca de las características de dicho componente dentro de la REEA. “En el páramo, los suelos típicamente son muy negros y húmedos. Por el clima frío, la alta humedad y el hecho de que los suelos son formados en cenizas volcánicas recientes, la descomposición de materia orgánica es muy lenta. Por esto existe una gran cantidad de carbono almacenada en una capa gruesa de, en el caso de los páramos de El Ángel, hasta 2 metros de profundidad. Si se considera este caso extremo de Carchi, donde estos 2 metros tienen una concentración de 17% de carbono en el suelo, con una densidad aparente de 0,5 kg/litro, podemos calcular que en estos suelos se almacenan 1700 toneladas de carbono por hectárea. Así, es evidente que en el ecosistema paramero, si se considera el suelo, puede almacenar más carbono que la selva tropical.” (Hofstede, 1999)

5. LOS MERCADOS DE CARBONO

El mercado global de carbono ha emergido debido a la percepción de que en el futuro las restricciones a la emisión de los gases efecto invernadero (GEI) serán mayores. En el corto plazo estas restricciones se reflejan en el protocolo de Kyoto que a, su vez, motiva que entidades internacionales, gobiernos y corporaciones tomen medidas proactivas sobre el asunto (Eguren, 2004).

El mercado de carbono es uno de los pocos mercados ambientales en pleno funcionamiento y no es más que un conjunto de transacciones en donde un intercambio de emisiones de gases de efecto invernadero se intercambian como cualquier otra mercancía (Lecocq, 2004, 2005). Existe un comprador de crédito emisiones, las cuales son usadas para poder seguir con sus actividades productivas, caso contrario se verían limitadas por las restricciones existentes a las emisiones de GEI; y por otro lado existe un grupo de vendedores, generalmente países del tercer mundo, que están dispuestos a vender la captación de los gases a través de programas con plantaciones forestales, agrosilvicultura, o a través de proyectos de desarrollo limpio enmarcados dentro de los acuerdos Kyoto. Existen básicamente dos tipos de mercado de carbono donde se realizan transacciones para cumplir con las limitaciones de emisiones de gases invernadero establecidas en los países industriales, en vías de desarrollo y países del tercer mundo para mitigar el cambio climático global (Lecocq, 2004, 2005; Capoor y Ambrosi, 2006, 2007, 2008). Estos dos mercados son:

- Comercio de Permisos de emisiones (PEs) que se basa en la cantidad de emisiones asignadas (AAUs por sus siglas en inglés) bajo el marco del Convenio Kyoto y los permisos de contaminación bajo el Escenario de Comercio Europeo (EU ETS, por sus siglas en inglés). Este mercado de permisos es establecido por un regulador (los gobiernos generalmente) quién establece el límite máximo de emisiones de gases del efecto invernadero y además establece permisos para las industrias quienes adquieren estos permiso y lo pueden comercializar a través de intermediarios financieros.
- Transacciones basadas en proyectos (TBRs) que se basa en transacciones directas donde el comprador o demandante participa directamente en proyectos para reducir las emisiones de gases invernadero de tal forma que el comprador adquiere “créditos de carbono” que le permiten desarrollar sus actividades industriales. Como lo aclara Lecocq (2004, 2005), este tipo de transacciones no necesita de un regulador ya que las transacciones se pueden hacer directamente entre el demandante y el oferente

Los gobiernos han establecido diversos esquemas para poder cumplir con los compromisos de Kyoto, entre varios esquemas los principales hasta el momento han sido los esquemas de comercio de la Comunidad Europea, del Reino Unido y del gobierno holandés, este último más que un esquema doméstico ha decidido trabajar directamente sobre los mecanismos de mercado del Protocolo de Kyoto. En julio del 2003, el Parlamento Europeo

votó favorablemente una directiva que da origen al régimen europeo de comercio de emisiones de gases de efecto invernadero el European Union Emissions Trading Scheme (EU ETS por sus siglas en inglés).

Este régimen pretende armonizar los varios esquemas de comercio de emisiones que han sido establecidos en países de Europa como el del Reino Unido, que ha llegado a establecer precios de 17 libras esterlinas por TnCO₂e, negociándose 12,6 millones TnCO₂e hasta el 2007 por un total de 215 millones de libras esterlinas, y esquemas nacionales menores como los de Dinamarca, Noruega, Alemania y Francia. Australia, Japón y Canadá que están pensando también en desarrollar esquemas nacionales de comercio que permitan crear incentivos a las compañías para que reduzcan emisiones con el fin de cumplir con los compromisos de Kyoto.

Estos esquemas establecen límites que, a través de regulaciones que presionan a las compañías privadas a cumplir con los límites de emisiones de GEI establecidos domésticamente. Esto genera un mercado por créditos de carbono que en parte pueden ser satisfechos con créditos generados fuera del país. El régimen europeo de comercio de emisiones de gases de efecto invernadero comenzaría en el 2005 y en su primera fase sólo cubriría emisiones de CO₂ de grandes industrias y actividades energéticas, que constituyan el 46% de las emisiones de la UE del 2010 (Eguren, 2004).

Eguren (2004) desarrollo para la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) organismo que forma parte de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) un estudio de los mercados de carbono para Latinoamérica, aportando valiosísima información acerca de dicho mercado y aplicándolo a la realidad de nuestro entorno socio-cultural.

La dinámica del mercado de carbono y su viabilidad se basa en la facultad de transferir los cupos de emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEI), es decir en la característica de negociable que se da a los permisos de emisión. Los mercados de permisos negociables de emisión se basan en el argumento de que la existencia de derechos de propiedad definidos y negociables constituye una forma óptima para corregir las deseconomías externas como, por ejemplo, la contaminación. Por ello se considera que los mercados de permisos negociables son una derivación del teorema de Coase, y numerosos autores recurren a los fundamentos de la negociación coaseiana para explicar la eficiencia, por ejemplo, del sistema internacional de comercio de emisiones de CO₂. (Erias & Dopico, 2011)

El funcionamiento teórico del mercado se basa en la ley de la oferta y la demanda de Permisos de emisiones Transferibles (PET). La figura 2 sirve para realizar un sencillo análisis de ese funcionamiento, en el que las diferencias con respecto a un mercado libre y competitivo radican en la existencia de una oferta de permisos limitada –establecida por el regulador– y de un precio máximo teórico situado en torno a la sanción por incumplimiento –también establecida por el regulador–. Esta última cuestión debe ser

acotada, ya que el argumento de la sanción como precio máximo teórico sólo es válido en un análisis estático, porque en la práctica lo habitual es que la sanción no excluya la necesidad de adquirir en el período siguiente los permisos necesarios en el mercado o, alternativamente, reducir niveles de emisiones equivalentes. (Erias & Dopico, 2011)

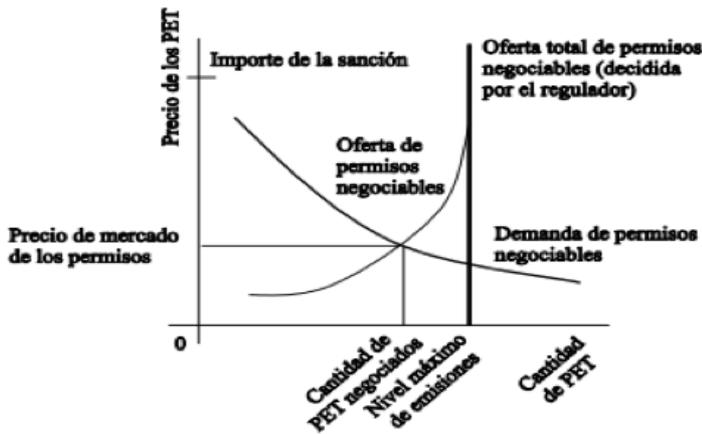


Figura 2. Funcionamiento de un mercado PET
Fuente: Erias & Dopico. 2011

5.1. MDL y Mercado CER's

En la presente sección se compila lo que a criterio del autor resulta más relevante para los fines del presente estudio, en base a la información publicada en el documento anteriormente mencionado, llamado: “El mercado de carbono en América Latina y el Caribe: balance y perspectivas”, Elaborado por el consultor Lorenzo Eguren (2004):

Las siglas MDL corresponden a Mecanismo de Desarrollo Limpio. Este mecanismo es el único que involucra a países en desarrollo. El MDL permite que proyectos de inversión elaborados en países en desarrollo puedan obtener beneficios económicos adicionales a través de la venta de “Certificados de Emisiones Reducidas” (CER's), mitigando la emisión o secuestrando gases de efecto invernadero de la atmósfera. El propósito del MDL es ayudar a los países en desarrollo a lograr un desarrollo sostenible, así como ayudar a los países con metas de reducción a cumplir con sus compromisos cuantificados. Los precios MDL se rigen básicamente por los ofrecidos por el Banco Mundial y el Gobierno Holandés, que son los principales compradores de CERs. Los precios ofrecidos por estas entidades son de información pública y están detallados en el Anexo 1 de este documento. Los demás compradores por ahora son seguidores de estos precios. Estos precios están definidos básicamente por la voluntad de pago de los participantes de los fondos de carbono del Banco Mundial y del gobierno holandés.

Los precios en el Banco Mundial a través del Fondo Prototipo de Carbono (Prototype Carbon Fund (PCF)) han sido en promedio US\$3,5 por tonelada y puede haber un premio de medio dólar si el proyecto genera beneficios sociales extraordinarios. El Banco

mundial sin embargo traspasa los certificados a los participantes del fondo a un precio de US\$5. La diferencia de precios es justificada por los gastos que incurre el PCF en la promoción del mercado MDL. Los precios del gobierno holandés a través de la subasta pública – CERUPT, en cambio son superiores, 4,7 euros en promedio. Asimismo, el Gobierno Holandés en su convenio con el Banco Mundial a través del Netherland Clean Development Facility, están dispuestos a pagar hasta 5,5 euros por tCO₂e reducida pero están negociando a un promedio de US\$3,5 la tCO₂e. Los precios del INCaF se limitan a la información disponible de su único proyecto público y es de 3 euros la tCO₂e. El PLAC no ha hecho público su información sobre sus precios. MGM Internacional, según su presidente Marco Monroy, estaría pagando en promedio US\$3,5 tCO₂e. CAEMA espera pagar precios superiores a los actuales ya que piensa establecer los contratos de venta de emisiones luego de la entrada en vigor del Protocolo de Kyoto y según su análisis habría un aumento significativo del precio (US\$7). Se puede observar un resumen de los mencionados fondos y sus respectivos precios por Tonelada de CO₂ en la tabla 2.

Tabla 2. Precios de los principales fondos de carbono en LAC

Fondo de Carbono	Precio por tCo2e (promedio)
Fondo Prototipo de Carbono (PCF)	3,5 dólares
Oferta de Compra de Certificado de Reducción de Emisiones (CERUPT)	4,7 euros
Netherlands Clean Development Facility	3,5 dólares
IFC Netherlands Carbon Facility (INCaF)	3 euros
MGM Internacional	3,5 dólares

Fuente: CEPAL, 2004

5.2. Mercado Europeo

Para la presente sección se toma como referencia el estudio realizado por Erías A. y Dopico, J. (2011) titulado “*Los Mercados de Carbono en la Unión Europea: Fundamentos y proceso de Formación de Precios*”. Por lo cual cabe mencionar que la gran mayoría del texto que a continuación se incluye proviene del mencionado estudio y por tanto es creación de sus respectivos autores.

El precio de mercado y la cantidad negociada de PET dependerá de la oferta y la demanda de esos permisos. La demanda tendrá una forma gráfica típica, con pendiente negativa, que representa una relación inversa entre el precio y la cantidad demandada de permisos. En el eje representativo de precios puede existir un nivel máximo que en gran parte dependerá del importe de la sanción por incumplimiento de los planes de asignación, que en el caso del EU-ETS se estableció en la primera fase en 40 euros por tonelada de CO₂

equivalente, y que en la actual segunda fase está establecida en 100 euros por tonelada. Se puede suponer que ese precio máximo está ligeramente por encima de la sanción, si se parte del supuesto de que éticamente es preferible pagar un precio marginal ligeramente superior por un derecho de emisión que satisfacer la correspondiente sanción.

Este planteamiento teórico sólo es posible realizarlo en un análisis estático, ya que el hecho de pagar la correspondiente sanción no excluye la necesidad de adquirir los permisos en un período posterior, en el que –de no cumplirse el objetivo establecido– sería necesario satisfacer de nuevo la sanción impuesta por el regulador. Una alternativa a adquirir permisos en el mercado sería, en este caso, desarrollar un proceso productivo con menores emisiones, alternativa técnicamente más complicada de implementar, pero teóricamente factible.

La oferta del mercado debe analizarse diferenciando dos componentes. Por un lado, la oferta propiamente dicha representará una relación directa entre la cotización y la cantidad ofertada de permisos, presentándose así la tradicional curva de oferta con pendiente positiva. Sin embargo, esa oferta tendrá un límite, establecido en el número de permisos totales no asignados con carácter gratuito en los planes nacionales, cantidad establecida, en el caso del EU-ETS, en el 5% en el primer período y en el 10% en el período 2008-2012.

El proceso de determinación de precios y cantidades se deriva del comportamiento de la demanda y la oferta en el mercado. Aquellos factores que presionen al alza a la demanda generarán aumentos en las cotizaciones, mientras que los que generen aumentos en la oferta provocarán caídas en los precios de los PET.

El comportamiento de los precios se verá especialmente influido por elementos como la información sobre el mercado –reconocimiento de un exceso de permisos adjudicados en los planes de asignación, por ejemplo– o las expectativas sobre el futuro en diferentes ámbitos y sobre distintas variables.

A partir del año 2011 los precios de venta de los CER's presentaron una caída brusca, 2014. Los precios se han recuperado parcialmente para el 2016 a 0,24 US\$ según la página web SENDECO2 (Sistema Electrónico de Negociación de Derechos de Emisión de Dióxido de Carbono, 2014) el precio promedio de dicho mercado fue de 0,14 \$/tCO₂e durante el 2014, año de referencia para el presente estudio (valor estimado de los datos diarios de SENDECO2 y una tasas de cambio de 1,34 dólares por euro entre 2 de enero y 31 de diciembre de 2014), además también se presenta información acerca del mercado de la EUA para el cual el valor es de 4,67 \$/tCO₂e. Los precios CER llegaron a estar tan bajo como 0,02 US\$/tCO₂e. Existe una clara diferencia entre los precios de ambos mercados, y esta diferencia es una constante entre los dos mercados como se puede observar en la Figura 3.

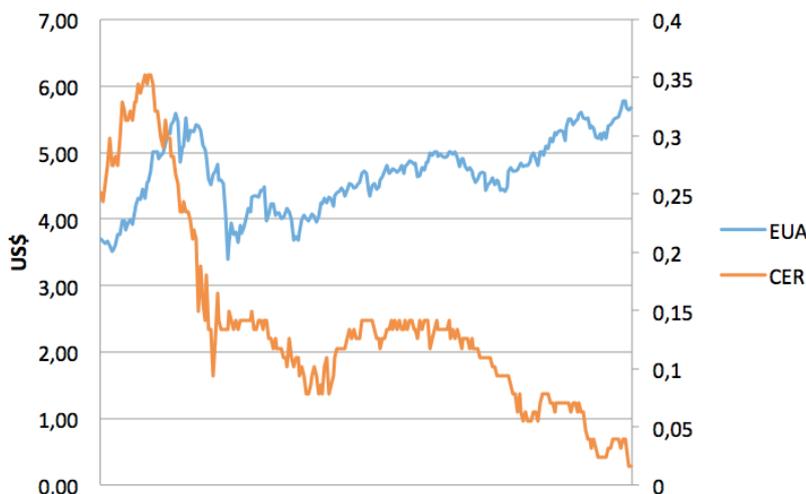


Figura 3. Precios de transacciones diarias del Carbono en €/tCO₂ en 2014
Fuente: SENDECO2. 2014

6. METODOLOGÍA

Para el desarrollo de este trabajo se va a aplicar el método de Transferencia de beneficios o Coste-Beneficio donde se caracteriza en llevar al máximo posible la cuantificación de los beneficios y costos en términos monetarios.

El análisis de costo- beneficio es una técnica importante dentro del ámbito de la teoría de la decisión. Pretende determinar la conveniencia de un proyecto mediante la enumeración y valoración posterior en términos monetarios de todos los costes y beneficios derivados directa e indirectamente de dicho proyecto.

Se utiliza el análisis Costo-Beneficio en la medida de la contribución de un proyecto para su aplicación, en términos de beneficio, que cualquiera puede acumular en algún momento y el costo en el cual se incurrirá (Brent, 2006).

El Análisis Costo-Beneficio tiene como objetivo determinar si un proyecto es económicamente eficiente y qué tan eficiente es (y si con modificaciones en el objetivo pudieran incrementar su eficiencia) (Winkelbauer & Stefan, 2005).

El método es el mismo que reporta Ávila (2000) en su trabajo “*Fijación y Almacenamiento de Carbono en Sistemas de Café bajo Sombra, Café a pleno sol, Sistemas Silvopastoriles y Pasturas a Pleno Sol*”: “Se utilizó para el análisis de valoración del servicio ambiental el criterio de contabilización de carbono en función de la tierra, el cual toma como punto de partida el carbono total existente actualmente, sin considerar las alteraciones que podrían implicar los cambios de uso de tierra en el flujo de carbono, ya que con los medios científicos actuales disponibles es muy difícil, por no decir imposible, distinguir la parte del cambio inducida (IPCC, 2000).”

Además se debe mencionar que al ser el objeto de estudio parte de un Área Protegida, es decir que según la legislación nacional no se permiten las alteraciones antrópicas en la misma, no se implicaran costos de oportunidad adicionales, ya que la secuestro de carbono solo se vería afectada por la deforestación del área de interés, una actividad claramente prohibida dentro de la misma.

Para poder utilizar los precios de los mercados de carbono anteriormente estudiados, se toman en cuenta los siguientes argumentos adaptados de Chomitz (2000) & Fearnside *et al.* (2000):

- El almacenamiento de carbono en un bosque por un período limitado de tiempo, permite prorrogar los daños que causa el calentamiento global. Esto Brinda Beneficios económicos, considerando una tasa de descuento mayor que cero.
- El fijar carbono por un tiempo limitado permite ganar tiempo hasta que se desarrollen nuevas tecnologías en los sectores energético, transporte e industrial, que reduzcan las emisiones de GEI a un costo bajo.

A continuación en las tablas 2 y 3 se recopilan los datos mencionados a lo largo del presente trabajo que servirán como datos de entrada para la cuantificación de las toneladas de carbono almacenadas en la reserva y la posterior valoración económica del correspondiente servicio ambiental.

Tabla 2. Características de la REAA consideradas para el cálculo del valor económico.

Área de la reserva	15.715 has.
Porcentaje correspondiente a Ecosistema de Páramo	80%
Carbono almacenado en el suelo	1700 tC/ha.
Relación de producción C – CO₂	1 unidad C =3,6 unidades CO ₂

Fuente: Elaboración: Autores

Se consideraron para los fines del estudio únicamente los mercados CER y EUA (ver tabla 3) que son los que tienen un mayor respaldo bibliográfico y acerca de los cuales se puede encontrar mayor cantidad de información, la cual a su vez se actualiza de manera periódica.

Tabla 3. Mercados usados para la valoración

Mercado	Costo (\$/TCO₂)
CER	0,14
EUA	4,67

Fuente: Elaboración: Autores

7. RESULTADOS

En base a los datos contenidos en la tabla 2 de la sección anterior se pudieron realizar las determinaciones que se muestran a continuación, como pasos intermedios para cumplir con el objetivo de este estudio:

- Hectáreas de páramo en la REAA: 12.572
- Toneladas de Carbono en el suelo de la REAA: 21'372.400
- Toneladas de CO₂ impedidas de ser emitidas a la atmósfera: 76'940.640

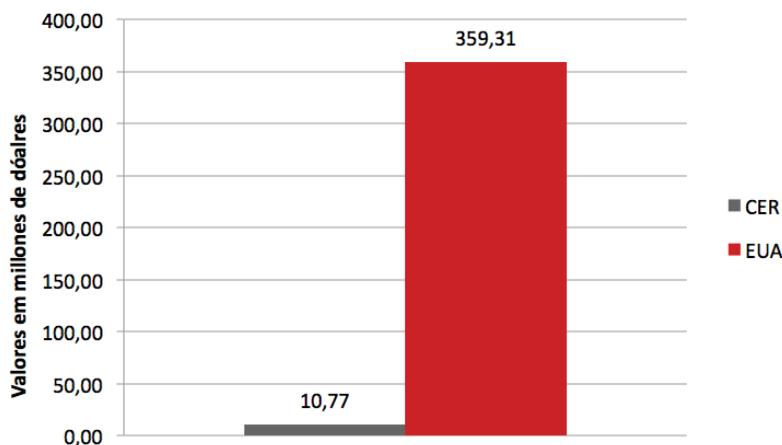
Una vez obtenida la cantidad de CO₂ comerciable en el mercado de Carbono se procedió a realizar la valoración utilizando cada uno de los precios de los mercados mencionados en la tabla 3. Los resultados obtenidos se muestran a en la tabla 4.

Tabla 4. Mercados usados para la valoración

Mercado	Valor Económico del Almacenamiento de Carbono en los Páramos de la REAA (\$)
CER	10'771.689,60
EUA	359'312.788,80

Fuente: Elaboración: Autores

La diferencia entre los valores obtenidos para los dos mercados considerados es realmente grande (ver gráfica 3) siendo el valor del mercado EUA más de 24 veces el valor del mercado CER, algo que resulta de cierta forma lamentable para nuestro país, ya que es este último mercado es en el que realmente tienen participación los países latinoamericanos. Pero ninguno de los valores obtenidos puede ser catalogado de despreciable ambos son altísimos y podrían constituirse en un importante aporte para la economía emergente de nuestro país.



Gráfica 3. Comparación entre el Valor Económico del Almacenamiento de Carbono en los Páramos de la REAA de los mercados CER y EUA

Fuente: Elaboración Propia

8. CONCLUSIONES

El servicio de almacenamiento de carbono en sistemas forestales ha sido extensamente estudiado y esto ha facilitado la provisión de información y herramientas metodológicas para el presente trabajo, de todas formas se genera una discrepancia en el uso de los términos expuestos en los mismos (secuestración, almacenamiento, fijación, etc.) y en las consideraciones válidas para acceder a la participación en los mercados de carbono que para el caso del servicio valorado se respalda en los Permisos de Emisiones Transferibles (PET) al evitar que el carbono sea liberado a la atmósfera pudiendo convertirse en el problemático CO₂.

Los distintos mercados mencionados en artículos afines generalmente no tenían un respaldo confiable o una referencia que permita considerarlos como aplicables para el caso del Ecuador, por lo cual lo más obvio resultó trabajar tan solo con los mercados CER y EUA como ya se mencionó anteriormente. Analizando el valor del mercado CER de manera individual resulta claro que el beneficio económico que se puede obtener del servicio ambiental de secuestro de carbono en los suelos del Páramo de la REAA es realmente alto (casi 14 millones US\$), fondo que podría ser muy útil para inversión en proyectos estratégicos de preservación ambiental, u otros afines que puedan generar una mejoría en el nivel de vida de la población en general y de los propios ecosistemas.

El Ecuador para aprovechar este mercado CER debería primero reglamentar las condiciones por las cuales se puede emitir este tipo de certificado, a la vez derecho, y que a su vez pueda ser transferido o cedido a otras instituciones o entidades. Al ser considerado un derecho, el reglamento debería reconocer la exclusividad para el tenedor del derecho, como también la durabilidad, es decir, el tiempo durante el cual se podría efectuar el derecho o guardarlo de acuerdo con las necesidades y exigencias del tenedor del derecho. Finalmente, el Ecuador debería buscar socios estratégicos para la colocación de dichos certificados en el mercado internacional

REFERENCIAS

- Ávila, G. (2000). Fijación y Almacenamiento de Carbono en Sistemas de Café bajo Sombra, Café a pleno sol, Sistemas Silvopastoriles y Pasturas a Pleno Sol. Turrialba.
- Benítez, P., Olschewski, R., De Koning, F., & López, M. (2001). Análisis costo-beneficio de usos del suelo y fijación de carbono en sistemas forestales de Ecuador Noroccidental. Eschborn. GTZ.
- Beniston, M. (2003). Climate Change in Mountain Regions: A Review of Possible Impacts. *Climate Change* 59:5-31.
- Buyteart, W., Célleri, R., De Vievre, B., Cisneros, F., Wyseure, G., Deckers, J., Hofstede, R. (2006). Human Impact on the Hydrology of the Andean páramos. *Earth-Science Reviews* 79:53-72.
- Chepstow-Lusty, A.J., Bennett, K.D., Swistur, V.R., and Kendall, A. (1996). 4000 years of human impact and vegetation change in the central Peruvian Andes —with events paralleling the

- Maya record? *Antiquity* 70, 824–833.
- Chomitz, K. (2000). Evaluating carbon offsets from forestry and energy projects: How do they compare? Development Research Group-World Bank.
- Cielsa, W. M. (1996). Cambio climático, bosques y ordenación forestal. Una visión de conjunto. Estudio FAO Montes No 126. 147 p.
- Cordero, Doris, Alonso Moreno, y Marina Kosmus (2008). Manual para el desarrollo de mecanismos de pago/compensación por servicios ambientales. Quito- Ecuador.
- Capoor, K. and Ph. Ambrosi. (2008). State and Trends of the Carbon Market 2008. The World Bank Institute, The World Bank, Washington DC. 78 pp.
- Capoor, K. and Ph. Ambrosi. (2007). State and Trends of the Carbon Market 2007. The World Bank Institute, The World Bank, Washington DC. 52 pp.
- Capoor, K. and Ph. Ambrosi. (2006). State and Trends of the Carbon Market 2006. The World Bank Institute, The World Bank, Washington DC. 49 pp.
- Dudley, N., Stolton, S., Belokurov, A., Krueger, L., Lopoukhine, N., MacKinnon, K., Sandwith, T. and Sekhran, N. (2009). Natural Solutions: Protected areas helping people cope with climate change. Gland, Switzerland, Washington DC and New York: IUCN-WCPA, TNC, UNDP, WCS, The World Bank and WWF. 130 pp.
- Eguren, L. C. (2004). El mercado de carbono en América Latina y el Caribe: balance y perspectivas. Naciones Unidas, CEPAL División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos, GTZ. CEPAL - SERIE Medio ambiente y desarrollo N° 83.
- Erias, A. y Dopico, J. (2011). Los Mercados De Carbono En La Unión Europea: Fundamentos Y Proceso De Formación De Precios. *Revista galega de Economía*. Vol 20, No. 1, 1-25. Disponible en: http://www.usc.es/econo/RGE/Vol20_1/castelan/art3c.pdf
- Fearnside, P.M.; Lashof, D.A.; Moura-Costa, P. (2000). Accounting for time in mitigating global warming through land-use change and forestry. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 5: 239-270.
- GGallice, (2016). Parques y Reservas del Ecuador. Obtenido de: <http://www.quitoadventure.com/espanol/aventura-ecuador/areas-protegidas-ecuador/index.html>.
- Hofstede, R. (1999). El páramo como espacio para la fijación de carbono atmosférico. En G. Median y P. Mena (eds.) El páramo como espacio para la fijación de carbono atmosférico. Serie Páramo 1 GTB/Abya-Yala Quito. pp 3-6.
- Hofstede, R., y N. Aguirre (1999). Biomasa y dinámica del carbono en relación con las actividades forestales en la Sierra del Ecuador. El páramo como espacio para la fijación de carbono atmosférico. Serie Páramo 1 GTB/Abya-Yala Quito. pp 29-52.
- IPCC. (2000). Uso de la tierra, cambio del uso de la tierra. Informe especial. Resumen para responsables de políticas. Grupo Intergubernamental de expertos sobre el cambio climático. Montreal, Canadá. 24 p.
- Kulshreshtha, S.N., Lac, S., Johnston, M. and Kinar, C. (2000). Carbon sequestration in protected areas of Canada: An economic evaluation. Economic Framework Project Report 549. Warsaw, Canada: Canadian Parks Council. 129 pp.
- Lecocq, F. (2005). State and Trends of the Carbon Market 2005. The World Bank Institute, The World Bank, Washington DC. 44 pp.
- Lecocq, F. (2004). State and Trends of the Carbon Market. The World Bank Institute, The World Bank, Washington DC. 44 pp.
- Ministerio del Ambiente del Ecuador – MAE. (2017). Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador. Obtenido de: <http://areasprotegidas.ambiente.gob.ec/todas-areas-protegidas>.

- Ministerio del Ambiente. (2015). Plan de Manejo de la Reserva Ecológica El Ángel. Quito-Ecuador. 176 pp.
- Ministerio de Ambiente del Ecuador – MAE. (2015). Mapas didácticos para el análisis del medio ambiente. Obtenido de: <http://areasprotegidas.ambiente.gob.ec/areas-protegidas/reserva-ecol%C3%B3gica-el-%C3%A1ngel>.
- Miranda, J., Prieto, F. J., Gamboa, P., Goricho, J., Vergara, A., Welling, L., Wyborn, C., and Dudley, N. (2016). Editorial: Protected Areas as Natural Solutions to Climate Change. *Parks*, Vol. 22, 1. pp. 7-12.
- Pearce, D. (2005). The Social Cost of Carbon. In: Helm, D. (Ed.) *Climate Change Policy*. Oxford University Press, Oxford, UK. pp. 99-133.
- Repetto, R. and Austin, D. (1997). *The Cost of Climate Protection: A guide for the perplexed*. Climate Protection Initiative, World Resources Institute, Washington DC. 51 pp.
- Ramírez, O; Rodríguez, L; Finegan, B; Gómez, M. (1999). Implicaciones económicas del secuestro de CO₂ en los bosques naturales. *Revista Forestal Centroamericana*. (279: 10-16).
- Russo, R. (2009). Los sumideros de carbono y los biocombustibles: su papel en el cambio climático global. Argentina: El Cid Editor | apuntes, 2009. p 5. Disponible en: <http://site.ebrary.com/lib/espesp/Doc?id=10327493&ppg=5>
- Serrano Giné, D. y Gallárraga Sánchez, R. (2015). El páramo andino: características territoriales y estado ambiental. Aportes interdisciplinarios para su conocimiento. *Estudios Geográficos*, Vol. LXXV,I 278, pp. 369-393.
- Winkelbauer, M. and Stefan, C. (2005). Testing the efficiency assessment tools on selected road safety measures. Final report Workpackage 4 of the European research project ROSEBUD. European Commission, Brussels. 261 pp.