

Almacenamiento de agua y fijación de carbono en reserva ecológica El Ángel y su impacto en el uso del suelo

Assessment of water storage and carbon sequestration in the high Andean moors of the El Ángel ecological reserve to evidence the impact of land use change.

Villarroel Herrera, Marjorie; Chamorro Armas, Sonia; González Escudero, Marco Antonio; Palacios Cabrera, Teresa

Marjorie Villarroel Herrera

marjotierra@yahoo.com

CAMAREN. Quito, Ecuador

 Sonia Chamorro Armas

sechamorro@uce.edu.ec

Universidad Central del Ecuador. Quito, Ecuador

 Marco Antonio González Escudero

magonzalez@uce.edu.ec

Universidad Central del Ecuador. Quito, Ecuador

 Teresa Palacios Cabrera

tapalacios@uce.edu.ec

Universidad Central del Ecuador. Quito, Ecuador

FIGEMPA: Investigación y Desarrollo

Universidad Central del Ecuador, Ecuador

ISSN: 1390-7042

ISSN-e: 2602-8484

Periodicidad: Semestral

vol. 3, núm. 1, 2017

revista.figempa@uce.edu.ec

Recepción: 30 Marzo 2017

Aprobación: 16 Junio 2017

URL: <http://portal.amelica.org/ameli/journal/624/6243939005/>

DOI: <https://doi.org/10.29166/revfig.v1i1.54>

Autor de correspondencia: marjotierra@yahoo.com



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional.

Cómo citar: Villarroel Herrera, M., Chamorro Armas, S. E., González Escudero, M. A., & Palacios Cabrera, T. A. (2017). Almacenamiento de agua y fijación de carbono en reserva ecológica El Ángel y su impacto en el uso del suelo. *FIGEMPA: Investigación y Desarrollo*, 3(1), 42–48. <https://doi.org/10.29166/revfig.v1i1.54>

Resumen: El estudio ha permitido establecer los indicadores y verificar el impacto en el suelo del páramo alto-andino de la Reserva Ecológica “El Ángel”, comprobándolo a través de la exploración de los humedales partiendo de análisis de laboratorio, que son los componentes que proveen los recursos hídricos necesarios para el consumo y el riego, manteniendo el equilibrio de la cuenca hidrográfica y su capacidad de fijación de carbono, lo que se relaciona íntimamente con: la escasa actividad de óxido-reducción, el ambiente con la humedad y el permanente volumen de recursos hídricos. Es importante que el Comité de Gestión de la reserva propicie la aplicación de la normativa legal y se implemente los instrumentos técnicos y tecnológicos que permitan subsanar la pérdida de la capacidad biorreguladora hídrica del páramo.

Palabras clave: Impacto antrópico, páramo alto andino, capacidad reguladora hídrica, fijación del carbono.

Abstract: The study has allowed to verify the impact on the soil of the Moor Park ecological reserve “El Ángel”, checking it through exploration of the wetlands, which are the components that provide water resources for consumption and irrigation, while keeping the balance of the watershed and its capacity of carbon fixation, which relates closely with: low redox activity, the atmosphere with moisture and permanent volume of water resources. It is important that the Management Committee of the reserve conducive to the application of the rule of law and implement technical and technological instruments that allow to remedy the loss of ability water bioregulatory of the Moor.

Keywords: anthropic impact, high Andean paramo, water regulatory capacity, carbon fixation.

INTRODUCCIÓN

En Ecuador, la superficie que ocupa el ecosistema páramo es aproximadamente 1.835.834 hectáreas, los suelos de los páramos contienen un alto contenido de materia orgánica, característica que les confiere una alta capacidad de almacenar agua y nutrientes (Llambí et al., 2012).

De acuerdo a investigaciones realizadas por Llambí y otros, el alto contenido de materia orgánica que poseen los suelos de páramo permite captar el agua proveniente de las precipitaciones y su acumulación en el suelo, de tal forma que lo libera lentamente a los 14 manantiales, riachuelos, ríos y lagunas. El suelo actúa como una esponja que absorbe agua y la libera hacia el subsuelo o la superficie (Llambí et al., 2012).

Los suelos, donde se asienta el Sitio Ramsar Reserva Ecológica El Ángel (REEA), 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, posee una extensión de 15715 ha, abarcando altitudes que van desde los 3400 hasta los 4200 msnm; se caracterizan en su conformación por la presencia de ceniza volcánica que proviene del Volcán Chiles. Éstos son de tipo andosol que se identifican por ser suelos jóvenes, con gran cantidad de materia orgánica, alta tasa de retención de agua y permeabilidad, con una tasa de carbono representativa, de esta forma el sitio Ramsar actúa como una gran esponja que almacena, regula el agua y fija carbono (Ministerio del Ambiente, 2008).

El tipo de suelo en los páramos alto-andinos del norte se origina en vulcanismos nuevos y se clasifican como andosoles los mismos que se caracterizan por pH ácidos y es esencial para el almacenamiento de agua, así como la presencia de materia orgánica en lenta descomposición.

Este estudio, se basa en la metodología utilizada en los páramos de Jimbura (Provincia de Loja) y en las provincias de Tungurahua y Chimborazo, del proyecto enmarcado en la Estrategia Regional de Conservación y Uso Sostenible de los Humedales Altoandinos, como una de las acciones del Ministerio del Ambiente y sujeto a la Convención Internacional sobre los Humedales (Echeverría, 2008), aprobado el 2 de febrero de 1971 en la ciudad iraní Ramsar. Los resultados de estas experiencias investigativas permitieron determinar cómo el cambio del uso de suelo en el ecosistema de páramo afecta al almacenamiento de agua y fijación de carbono; tomando en cuenta que la mayoría de las tierras que conforman el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SMAP) en el Ecuador se caracterizan porque dentro de sus áreas hay tierras de propiedad privada o colectiva. En el caso que nos ocupa en la Reserva Ecológica de El Ángel se identifican tierras de propiedad de asociaciones como propietarios colectivos y propiedades privadas de haciendas. De ahí que en la zona sur occidental y nororiental de la REEA se ha reemplazado los páramos por cultivos de ciclo corto como la papa y por extensiones de pasto destinadas a la alimentación del ganado (International Wetlands, 2013).

Según lo anterior el cambio de uso de suelo en un ecosistema páramo de humedal afecta sus características ecosistémicas así como a las comunidades y poblaciones que dependen de su buen estado de conservación para su desarrollo (Chincheró et al., 2009).

MATERIAL Y MÉTODOS

El trabajo realizado es el resultado de un proyecto de investigación descriptivo apoyado por un estudio de campo y documental (Fig. 1).

NOTAS DE AUTOR

marjotierra@yahoo.com



FIGURA 1
Descripción de la Metodología

Para la realización de la investigación se planteó dos parcelas de estudio de forma cuadrada con la dimensión de 10x10m, las muestras fueron tomadas a 0,10 m de profundidad. Se trabajó con, la cartilla informativa del sitio Ramsar Reserva Ecológica El Ángel (REEA), y el Plan de Manejo Ambiental de la Reserva en un sitio medianamente conservado y otro intervenido (quemado, tractorado); cada parcela responde de forma estadística independiente, como réplica del universo, en los cuales se midió humedad volumétrica, carbono orgánico total, densidad aparente, materia orgánica y pH, constituyendo las variables dependientes en cada sitio muestreado.

El método de investigación considera el cumplimiento de los siguientes criterios: accesibilidad a los sitios de colocación de parcelas, representatividad de los sitios identificados, objetivos del estudio, recursos económicos existentes y la posibilidad de réplica.

El sitio intervenido se caracteriza por presentar cambio de uso de suelo y cobertura vegetal natural a zona de pastoreo vacuno y suelo labrado para pastizal; el sitio medianamente conservado mantiene las características nativas y ecológicas del ecosistema páramo como: presencia de vegetación alto-andina (pajonal, frailejones, almohadillas, rosetas) edafofauna (gusanos, insectos y otros).

La metodología fue avalada por Wetlands Internacional en convenio con el Ministerio del Ambiente de Ecuador y aplicada en el peritaje ambiental en la Reserva Ecológica Ilinizas por afectaciones causadas por Aglomerados Cotopaxi ACOSA; considera su aplicabilidad y referencia para otros páramos del Ecuador, con el fin de obtener resultados comparables que permitan evaluar el estado de conservación de los suelos de humedal dentro del páramo; así por ejemplo la utilizada en la REEA ha sido aplicada para determinar cómo las actividades antropogénicas que cambian el uso de suelo en los páramos impactan en sus características de almacenamiento de agua y fijación de carbono. Además la metodología en mención.

Procedimiento para medir el almacenamiento de agua en los suelos de humedal.

La metodología se sustenta en la Norma Técnica Ecuatoriana (NTE-INEN-ISO, 2014, pág. 10) sobre guía de procedimientos para la investigación de sitios naturales, casi naturales y cultivados.

Medición de humedad volumétrica

La medición de la humedad volumétrica parte de un volumen conocido: mediante la utilización de un cilindro metálico de (5 x 5) cm de diámetro y de alto respectivamente, para luego valorar su variación (Castro et al., 2011).

Fórmulas para utilizar en el cálculo de humedad volumétrica

Para el cálculo de humedad volumétrica se aplicó las siguientes fórmulas (tabla 1):

TABLA 1
Fórmulas de cálculo de humedad volumétrica

Humedad Volumétrica	Densidad aparente	Humedad gravimétrica
$\Theta = Wg \cdot \rho$	$\rho = M/V$	
$\Theta =$ humedad volumétrica	$\rho =$ densidad aparente	$Wg =$ humedad gravimétrica
$Wg =$ humedad gravimétrica	$M =$ peso de seco	$Mh =$ peso húmedo
$\rho =$ densidad aparente	$V =$ volumen de la muestra (volumen del cilindro)	$Ms =$ peso seco

Una vez que se obtienen los valores de humedad volumétrica para cada muestra, el valor resultante es la humedad volumétrica promedio de cada parcela. Este valor será utilizado para obtener un valor estimado de almacenamiento de agua para las parcelas intervenidas en donde se aplica la siguiente fórmula: $A = \# \cdot p$

A = almacenamiento de agua (en m^3/m^2 o m^3/ha)

= humedad volumétrica

p = profundidad de la que se recolectó las muestras (m)

Procedimiento para medir la fijación de carbono en suelos de humedal

Las muestras recolectadas deben ser pesadas in situ, colocadas en fundas con cierre de seguridad para no perder material durante su traslado. Codificadas y preservadas a 4°C hasta que llegue al laboratorio para su correspondiente procesamiento (Castro et al., 2011).

Las muestras de suelo recolectadas con los cilindros se enviaron al laboratorio acreditado donde se obtuvo el porcentaje de carbono orgánico total (COT), materia orgánica y potencial de hidrógeno (pH). Mediante el cálculo de densidad aparente de la muestra, se estimó el valor de carbono para el área de muestreo, en

función de la recolección hecha a una profundidad de 10 cm. Se aplicó la fórmula para determinar el cálculo de contenido carbono orgánico total en el suelo (Castro et al., 2011) (tabla 2).

TABLA 2
Procedimiento para medir la fijación de carbono en suelos de humedal

Densidad aparente	Volumen de la muestra	Contenido de carbono orgánico del suelo (COS)
$\rho = M/V$	$V = \pi r^2 * h$	$COS = A * Fc * e * \rho$
M= peso de seco	$\pi = 3,1416$	COS = contenido de carbono orgánico en el suelo (t/ha)
V= volumen de la muestra (volumen del cilindro)	r= radio del cilindro	A = área de muestreo (ha,m ²)
	h = altura del cilindro	Fc = fracción de carbono (valor obtenido de los análisis de laboratorio %)
		P= densidad aparente del suelo (t/m ³)

Las muestras de suelo de los sitios identificados como intervenido y medianamente conservado fueron procesadas para la determinación de: pH, materia orgánica (MO) y carbono orgánico total (COT).

RESULTADOS

Los resultados y sistematización de información aportan como lineamientos metodológicos para la medición de almacenamiento de agua y fijación de carbono en el suelo de los humedales, conforme a lo planteado en el estudio desarrollado para la Reserva Ecológica Ilinizas (Castro et al., 2011).

Para el análisis de datos se utilizó una de las medidas cuantitativas de relación entre variables denominado Coeficiente de correlación de Pearson (r_{xy}), el cual se define como el cociente entre la covarianza y el producto de las desviaciones típicas de ambas variables; si la relación lineal se expresa positiva significa que la correlación es directa, mientras que la expresión lineal negativa da cuenta de una relación inversa (Amezquita, 2013).

Del proceso de retención de materia orgánica la mitad del almacenamiento corresponde a carbono, si bien la masa vegetal del páramo también es un sumidero de carbono, es menor a los ecosistemas boscosos más bajos. Los resultados obtenidos son los siguientes (Figuras: 2,3,4, 5, 6,7,8,9,10) (tablas: 3, 4,5).

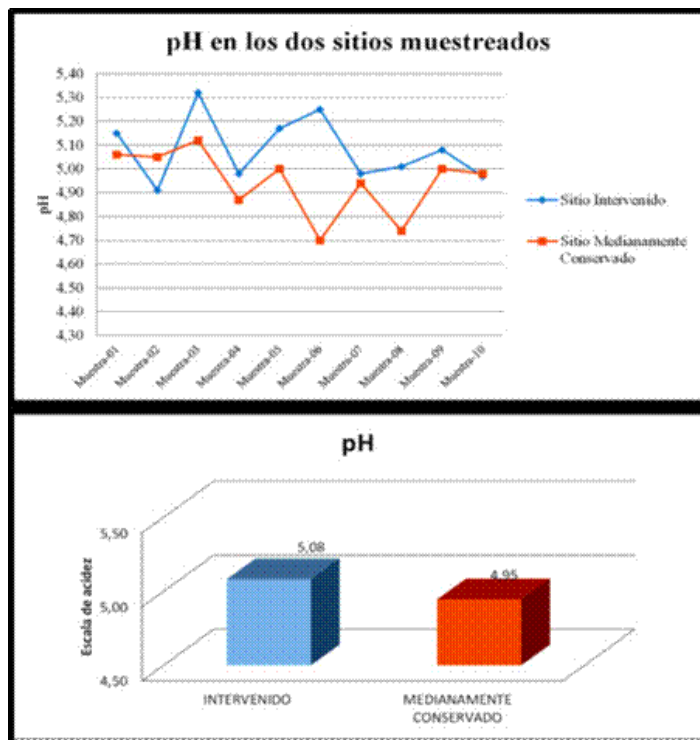


FIGURA 2
Medición de pH en el sitio intervenido y medianamente intervenido.

TABLA 3
Resultados de pH, % Materia Orgánica y %COT

Promedio de muestras	pH	Materia Orgánica %	Carbono Orgánico Total %
(I-01 - I-10)	5,08	29,03	10,04
(C-01 - C-10)	4,95	32,87	11,11

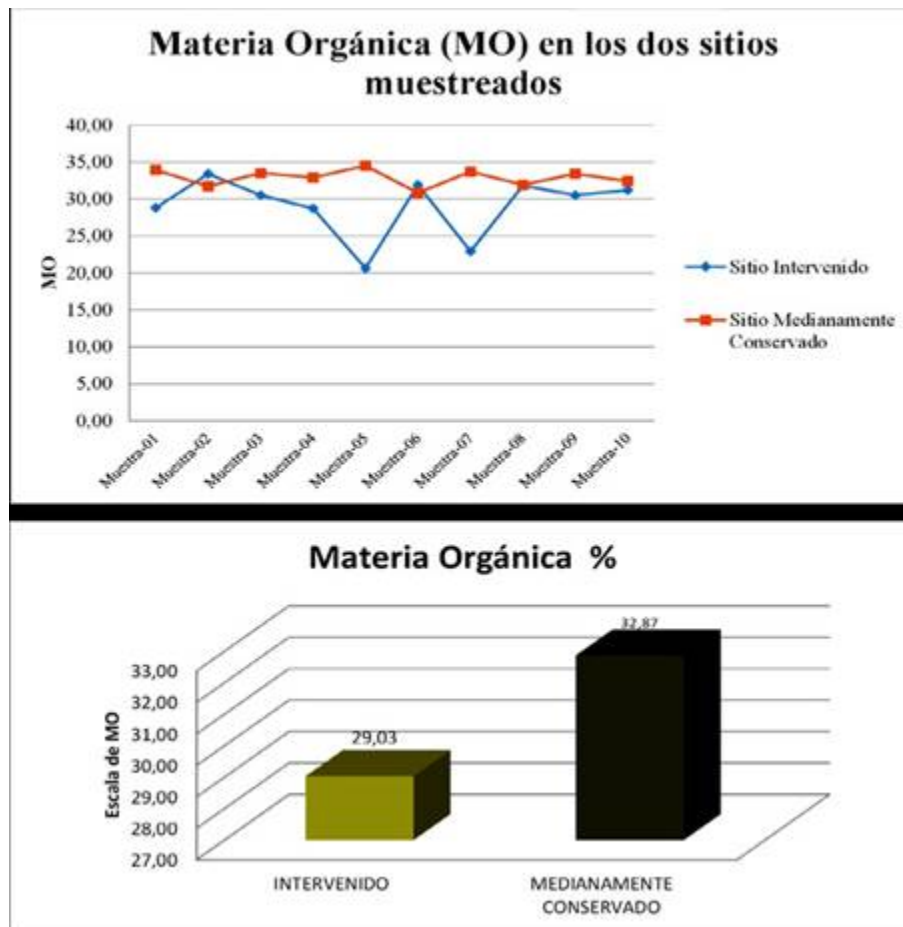


FIGURA 3
Medición de % MO en el sitio intervenido y medianamente intervenido

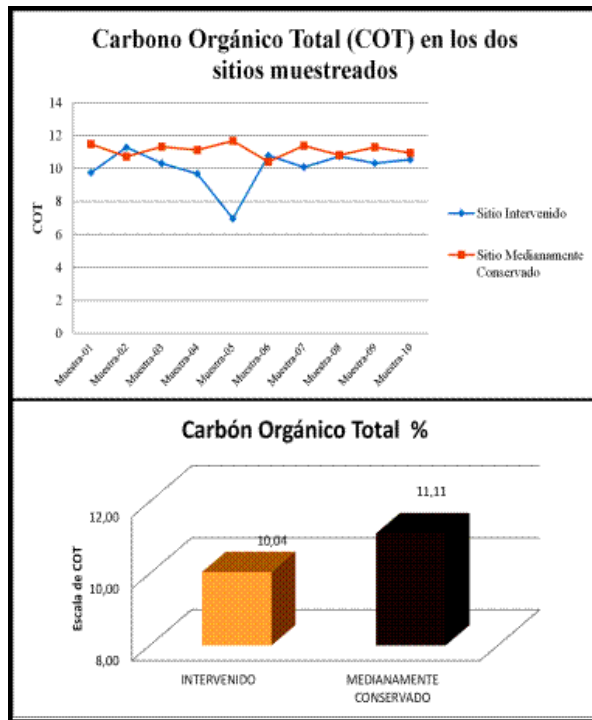


FIGURA 4
Medición de %COT en el sitio intervenido y medianamente intervenido

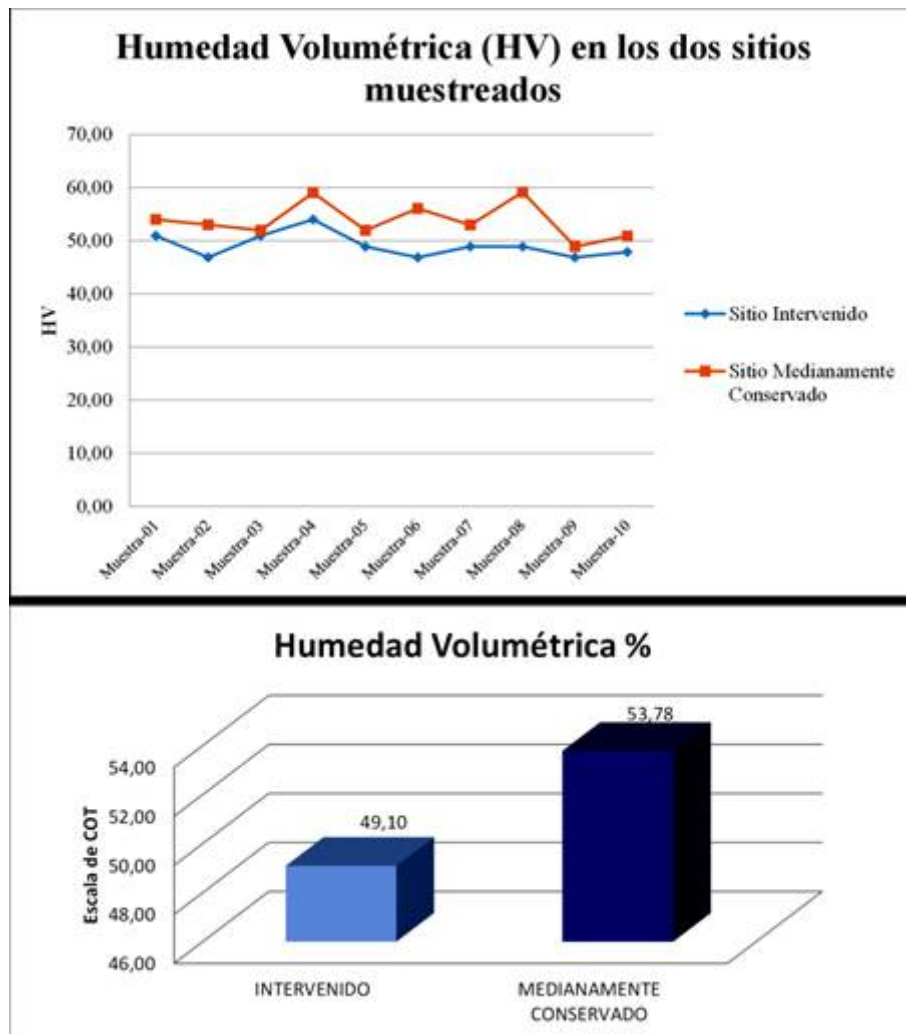


FIGURA 5

Medición de Humedad Volumétrica en el sitio intervenido y medianamente intervenido

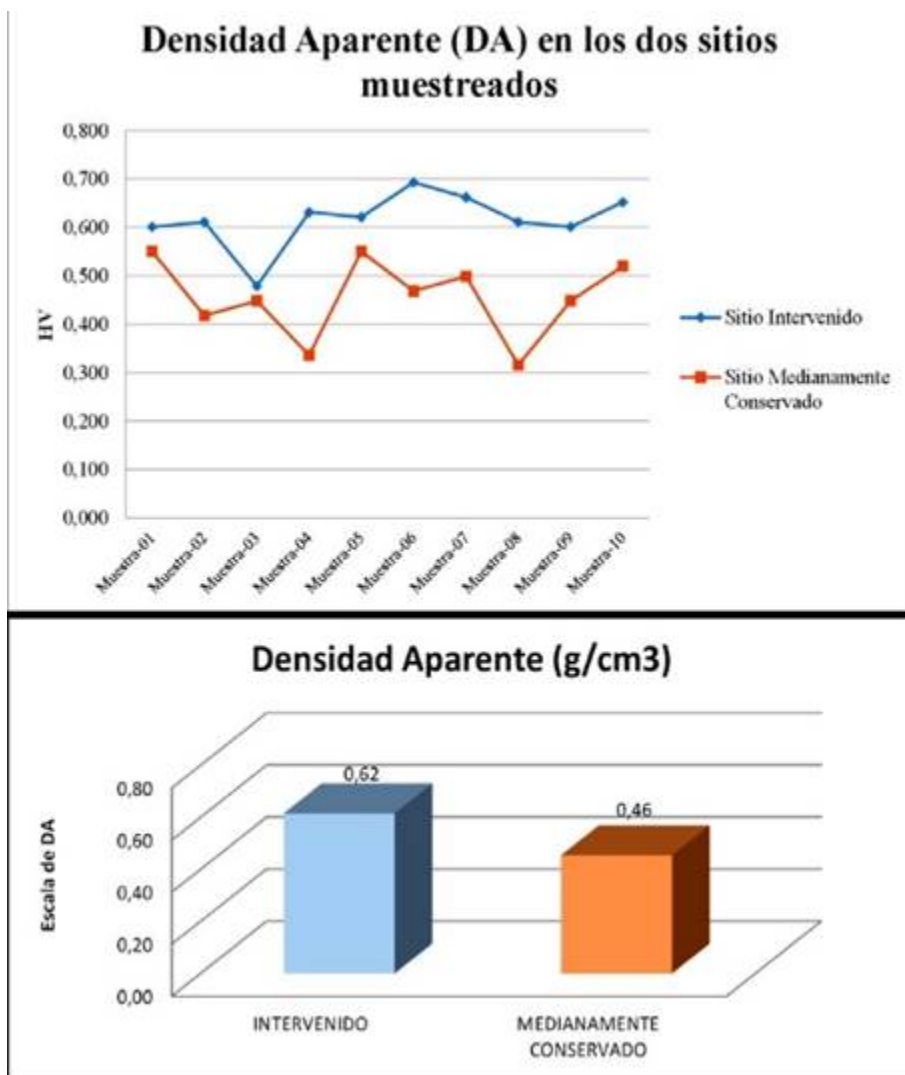


FIGURA 6

Medición de Densidad Aparente en el sitio intervenido y medianamente intervenido

TABLA 4

Análisis de correlación para el sitio intervenido

Variables	pH	Materia Orgánica %	Carbón Orgánico Total %	Humedad Volumétrica %	Densidad Aparente (g/cm ³)
pH		-0.0922	-0.2692	0.0824	-0.4259
Materia Orgánica %			0.8464**	-0.2240	-0.1379
Carbón Orgánico Total %				-0.2851	0.0137
Humedad Volumétrica %					-0.3283
Densidad Aparente (g/cm ³)					

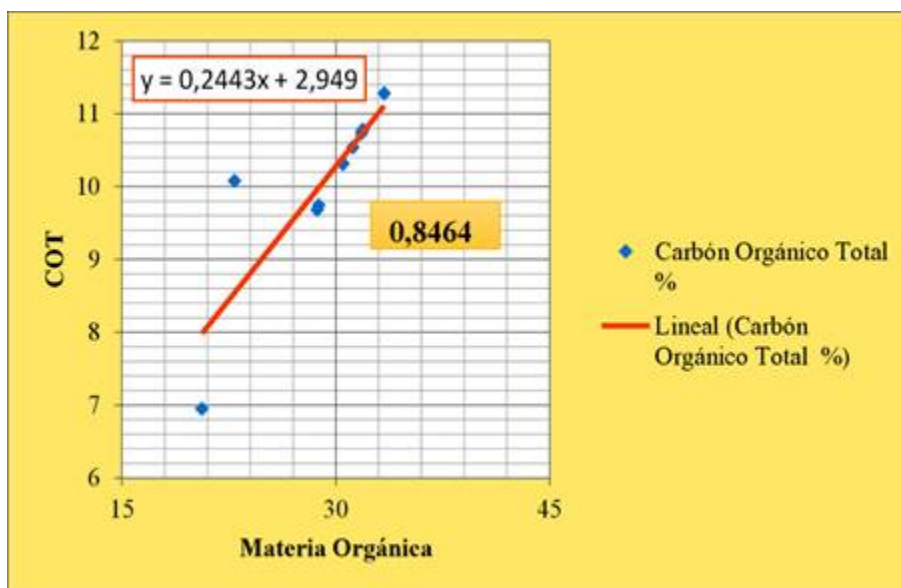


FIGURA 7
Representación Gráfica del análisis de correlación de % COT

TABLA 5
Análisis de correlación para el sitio medianamente conservado

Variables	pH	Materia Orgánica %	Carbón Orgánico Total %	Humedad Volumétrica %	Densidad Aparente (g/cm3)
pH		0.6386	0.6323	-0.6968**	0.4665
Materia Orgánica %			0.9995**	-0.4242	0.4737
Carbón Orgánico Total %				-0.4082	0.4656
Humedad Volumétrica %					-0.6672**
Densidad Aparente (g/cm3)					

Fuente: procesamiento estadístico. **Relación fuerte significativa
Elaborado por VILLARROEL, M., Julio-2015

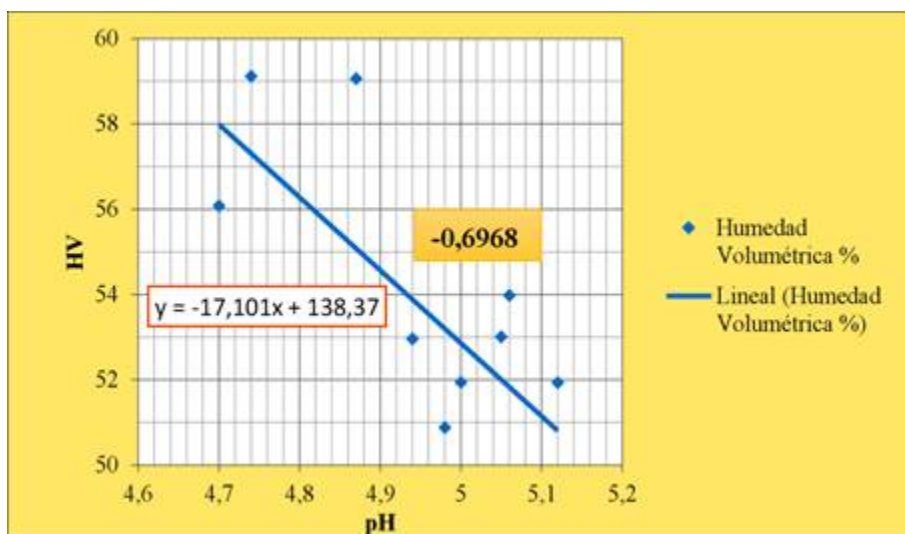


FIGURA 8
Representación Gráfica del análisis de correlación de Humedad Volumétrica

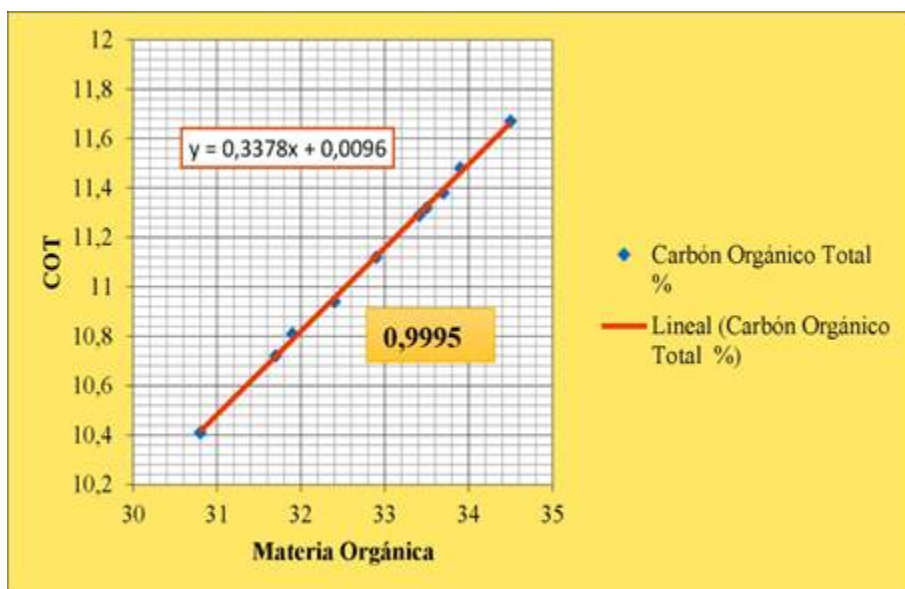


FIGURA 9
Representación Gráfica del análisis de correlación de % COT

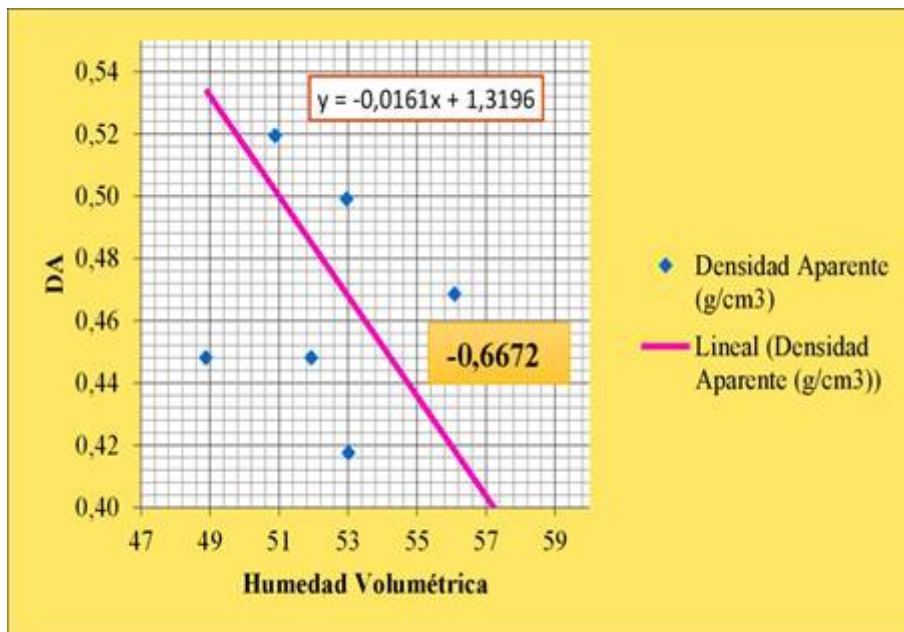


FIGURA 10
Representación Gráfica del análisis de correlación Densidad Aparente

DISCUSION

El trabajo realizado es el resultado de un proyecto de investigación descriptivo apoyado por un estudio de campo y documental. En el caso de la investigación documental es fundamental para ampliar y profundizar los conocimientos sobre el cambio de las características propias del páramo.

En este caso, las condiciones ecosistémicas de los humedales, alto andinos, son analizadas con el fin de aportar información relevante para su posible manejo sostenible. Se trabajó con, la cartilla informativa del sitio Ramsar, 2015- Reserva Ecológica El Ángel (REEA), y el Plan de Manejo Ambiental de la Reserva (Ministerio del Ambiente, 2008).

Los suelos en estudio poseen una elevada concentración de materia orgánica que se presenta en profundidades de hasta tres metros; al ser comparado este ecosistema con la selva tropical la cantidad de carbono almacenada por hectárea de páramo es mayor. Si los páramos no cambian su uso de suelo se mantiene el carbono almacenado, mientras que si se descubre y daña el suelo, existe el peligro de que la mayoría del carbono se descomponga y se libere a la atmósfera como dióxido de carbono, que es el gas principal causante del calentamiento global (Llambí et al., 2012).

La correlación entre materia orgánica y carbono orgánico total para la parcela intervenida es una relación fuerte positiva 0.8464, lo cual indica que mientras mayor sea la presencia de materia orgánica de igual forma mayor será la presencia de carbono orgánico total. En la parcela intervenida se obtiene este resultado por el cambio de uso de suelo nativo a una actividad agropecuaria, que presenta carbono temporal resultado de la labranza del suelo por actividades agrícolas, la presencia de estiércol del ganado vacuno y la utilización de fertilizantes. Este carbono con acción del oxígeno atmosférico tiende oxidarse y produce dióxido de carbono que es uno de los gases de efecto invernadero.

La correlación entre humedad volumétrica y pH para la parcela medianamente conservada, el valor alcanzado de la relación es -0,6968, fuerte negativa, esto indica que mientras mayor sea el grado de acidez del suelo mayor será la capacidad de almacenamiento de agua, que permite entender como la afectación de la acidez del suelo incide drásticamente en la función de almacenamiento y regulación del agua en los suelos de los páramos alto-andinos.

Por otro lado, la correlación entre carbono orgánico total y materia orgánica para la parcela medianamente conservada es 0,9995 relación fuerte positiva, lo que indica que a mayor presencia de materia orgánica mayor será la capacidad de almacenamiento de carbono, y la disminución de la cantidad de la materia orgánica en el suelo modifica las cualidades del suelo para la fijación de carbono.

CONCLUSIONES

El cambio del uso del suelo dentro de la reserva Ecológica El Ángel, produce modificaciones significativas en las características de almacenamiento de agua y fijación de carbono en el suelo de los humedales.

El porcentaje de almacenamiento de agua, en las dos parcelas de estudio, (sitio intervenido y sitio medianamente conservado), dio como resultado los siguientes valores: en la parcela intervenida es de un 49% (4,9 m³); parcela medianamente conservada tiene un incremento hasta el 54% (5,4 m³); siendo este último el que presenta mayor capacidad de almacenamiento de agua con un valor de 5% más que el sitio intervenido.

Los valores obtenidos sobre fijación de carbono orgánico total para las dos parcelas estudiadas muestran los siguientes resultados: para el sitio intervenido la fijación de 10,04% de carbono orgánico total; y, para la parcela medianamente conservada alcanza 11,11% de COT.

El contenido de carbono en el suelo, de la parcela medianamente conservada presentó 55,55 t/COT, valorado para una hectárea; considerando este valor para la superficie total del Sitio Ramsar Reserva Ecológica El Ángel (REEA), se estimaría en la fijación de 944.499,99 t /COT; lo cual garantizaría que este COT almacenado no se emita a la atmósfera en forma de CO₂, y sea un aporte a los procesos de mitigación al cambio climático.

La correlación del sitio intervenido muestra una relación significativa directa entre materia orgánica y carbono orgánico total (0,8464). Resultado que da cuenta del efecto de la actividad agropecuaria sobre los suelos de páramo.

La correlación en el sitio medianamente conservado fijó tres relaciones significativas: dos son inversas (-0,6968; -0,6672) y una directa (0,9995), que muestran que mantener la cobertura vegetal y estructura característica del suelo alto-andino favorece el almacenamiento de agua y fijación de carbono.

RECOMENDACIONES

Aplicar la normativa ambiental existente por parte de todos los actores involucrados, debido al riesgo en que se encuentran los servicios ambientales como la dotación de agua para consumo humano e irrigación.

Monitoreo y seguimiento periódico de las actividades antrópicas al interior y alrededor del área protegida; para prevenir que se produzcan incendios resultado de las actividades agropecuarias y el aumento de la frontera productiva que amenaza a la flora, fauna y sus características frágiles e importantes del suelo alto-andino.

Realizar estudios complementarios sobre almacenamiento de agua y fijación de carbono en el suelo, en las diversas formaciones vegetales del Sitio Ramsar Reserva Ecológica El Ángel.

Promover y fortalecer diversas actividades como: concientización, capacitación y educación en las instituciones públicas y privadas, relacionadas con la reserva ecológica para favorecer las condiciones socioeconómicas de vida de las poblaciones asentadas en estos territorios.

REFERENCIAS

Acuerdo Ministerial 028 que sustituye al libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria (LEXIS Inteligencia Jurídica 13 de 02 de 2015).

- Amezquita, A. (Noviembre de 2013). Estadística Inferencial. Quito, Pichincha, Ecuador.
- Ary, B., Jacobs, L. C., & Razavieh, A. (1983). Introducción a la Investigación Pedagógica. México: Mc Graw Hill.
- Asamblea Nacional Legislativa. (2014). Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua. (R. O. 305, Ed.) Quito, Ecuador.
- BirdLife International. (2015). Sites-Important Bird and Biodiversity Areas (IBAs). Obtenido de Important Bird Areas factsheet: El Ángel-Cerro Golondrinas: <http://www.birdlife.org/darazone/sitefactsheet.php?id=14524>. 14 de mayo
- Briones, E., Flachier, A., & Hernández, C. (1997). Estudio de la calidad del agua de las acequias Yascón y Puchues. Comparación puntual del inicio y final de las acequias Mascarillay Garrapatal, y del río El Ángel, provincia del Carchi. Quito.
- Buytaert, W., Célleri, R., Bert, D., Cisneros, F., & Hofstede, R. (2008). Impacto Humano en la hidrología de los páramos Andinos. Cuenca: Pydlos.
- Buytaert, W., Cellerí, R., Crespo, P., Feyen, J., Iñiguez, V., Borja, P., & De Bievre, B. (2006). Land use change impacts on the hydrology of wet And. EARTH-SCIENCE, 79, 53-72. Obtenido de Condesan: <http://www.condesan.org>
- Calderón, M., Romero-Saltos, H., Cuesta, F., Pinto, E., & Báez, S. (2013). Monitoreo de contenidos y flujos de carbono en gradientes altitudinales. Protocolo 1 Versión 1. Quito: Condesan/COSUDE.
- Carrera, J. (25 de 07 de 2013). Reserva Ecológica El Ángel. Obtenido de Turismo El Ángel: <http://turismoel-angel.blogspot.com/>
- Castro, M. (2009). Valoración Económica del Agua de los Bofedales Secundarios de las Lagunas Negras de Jimbura, Nudo de Sabanilla. Quito: EcoCiencia, Ministerio del Ambiente del Ecuador.
- Castro, M. Á., Calderón, M., & Villarroel, M. A. (2011). Informe de Peritaje del Predio Nieves Toma, Reserva Ecológica Ilinizas. Quito: EcoCiencia.
- Célleri, R. (2009). Servicios ambientales para la conservación de los recursos hídricos: Síntesis Regional Condesan 2008. Quito.
- Chimbolema, S., Suárez, D., Peñafiel, M., Acurio, C., & Paredes, T. (2013). Guía de Plantas de la Reserva Ecológica El Ángel. Quito: DCG Impresores.
- Chincheró, M., Flachier, A., Lima, P., & Villarroel, M. (2009). Caracterización ecológica de las turberas y bofedales del sistema de humedales Amaluza, Nudo de Sabanilla, provincia de Loja, Ecuador. Quito: EcoCiencia Ministerio del Ambiente del Ecuador.
- CONDESAN. (2000). Los páramos como fuente de agua: mitos, realidades, retos y acciones. II Conferencia Electrónica sobre Usos Sostenibles y Conservación del Ecosistema Páramo en los Andes. Quito, Ecuador. 22 de mayo.
- Congreso Nacional (2004). Codificación de la Ley de Gestión Ambiental. (R. O. 418, Ed.) Quito: Ecuador
- Consultora Irigoyen & Asociados, Instituto de Riego INAR. (2009). Estudios para la rehabilitación y mejoramiento de las acequias Morán y Pisquer y la red de distribución y sistema de riego San Isidro, provincial del Carchi. Quito: Consultora Irigoyen & Asociados.
- Constitución del Ecuador. (2008). Biodiversidad y recursos naturales. Quito: Corporación de Estudios y Publicaciones.
- Echeverría, H. (2008). La Convención Ramsar en el Ecuador Guía sobre la conservación y uso racional de los humedales. Quito: Centro Ecuatoriano de Derecho Ambiental.
- Flachier, A., Castro, M., Gortaire, E., Villarroel, M., & Calderón, M. (2010). Diseño Metodológico para la valoración socioeconómica de los bofedales y turberas altoandinas, análisis de almacenamiento de agua. Proyecto Creación de Capacidades para la Valoración Socioeconómica de los Humedales Altoandinos. Quito: EcoCiencia UTPL.
- Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Espejo. (2013). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2011-2031 del Cantón Espejo. El Ángel: Gabriel Casanova Planificación Territorial.
- GTP, Grupo de Trabajo en Páramos del Ecuador. (2004). Páramo y Humedales. Quito: EcoCiencia.

- International Wetlands. (2013). Wetlands ORG. Recuperado el 8 de Mayo de 2014, de <http://ramsar.wetlands.org/Database/AbouttheRamsarSitesDatabase/tabid/765/Default.aspx>
- La Hora. (25 de 06 de 2010). Piden respetar zona protegida de la reserva ecológica El Ángel. Noticias Carchi.
- La Hora. (10 de 01 de 2011). Cambio de uso de suelo en reserva. Noticias Carchi.
- La Hora. (15 de 07 de 2011). Dueños de tierras con inconformidad. Noticias Carchi.
- La Hora. (07 de 2011). Sancionados por destruir el páramo. Noticias Carchi.
- Lara, D. (2013). Auditoría Ambiental de cumplimiento del proyecto “Represa Geovanny Calles”. Tulcán.
- Las coordenadas de Imbabura y Ecuador. (12 de 2008). Las coordenadas de Imbabura y Ecuador. Obtenido de <http://lascoordenadasecuador.blogspot.com/2008/12/bellezas-esnicas-en-las-lagunas-el.html>
- Llambí, L., Soto, A., Célleri, R., De Bievre, B., Ochoa, B., & Borja, P. (2012). Ecología, Hidrología y Suelos de Páramos. Quito: CONDESAN.
- Medina, G., Mena, P., & Josse, C. (1999). El Páramo como espacio de mitigación de carbono atmosférico. Serie Páramo 1. Quito: Abya Yala.
- Mena Vásconez, P., Castillo, A., Flores, S., Hofstede, R., Josse, C., Lasso, S., . . . Ortiz, D. (2011). Páramo. Paisaje estudiado, habitado, manejado e institucionalizado. Quito: Abya-Yala.
- Mena, P., Josse, C., & Medina, G. (2000). Los Suelos del Páramo. Quito: Abya Yala.
- Mena, P., Medina, G., & Hofstede, R. (2001). Los Páramos del Ecuador. Problemas, Particularidades y Perspectivas. Quito: Abya Yala.
- Ministerio del Ambiente Ecuador. (2008). Plan de Manejo de la Reserva Ecológica El Ángel. Quito: Ministerio del Ambiente.
- NTE INEN-ISO. (2014). Calidad del Suelo. Muestreo Parte 4: Guía de Procedimiento para la Investigación de Sitios Naturales, Casi Naturales y Cultivados (ISO 10381-4:2003, IDT). Quito: INEN.
- Peña, D. (Julio de 2015). Variabilidad de flujo CO₂ del suelo bajo diferentes coberturas vegetales en el páramo de Guerrero. Bogotá, Cundinamarca, Colombia.
- Peña, E., Torres, A., & Zúñiga, O. (2013). Monitoreo del ciclo del carbono en ecosistemas de alta montaña del neotrópico : métodos de estudio de caso. Cali: Universidad del Valle Programa Editorial.
- Román, C., Ruiz, R., & Barriga, R. (2005). Una nueva especie ecuatoriana del género de peces andinos *Grundulus* (Characiformes: Characidae). *J. Trop. Biol*, 537.
- Secretaría de la Convención de Ramsar. (2004). Manual de la Convención de Ramsar. Suiza: Convención Ramsar.
- Secretaría de la Convención Ramsar. (09 de 2014). The List of Wetlands of International Importance. Suiza.
- Secretaría de la Convención Ramsar. (18 de abril de 2015). Ramsar. Obtenido de <http://www.ramsar.org/es>
- Sierra, R. (1999). Propuesta preliminar de un sistema de clasificación de vegetación para el Ecuador continental, Proyecto INEFAN/EcoCiencia. Quito: Rimana.
- Suárez, D. (2005). Diversidad Biológica de la Estación de Ecosistemas Altoandinos y Agua Los Encinos. Quito.
- World Wildlife Found. (2002). Aguas para la vida, conservando la fuente de vida. Quito: WWF.
- Yaranga Cano, R., & Custodio Villanue, M. (18 de Octubre de 2013). Scientia Agropecuaria. Obtenido de www.sci-agropecu.unitru.edu.pe