



Recepción: 26/ 05/ 2016

Aceptación: 30 / 08/ 2016

Publicación: 15/ 11/2016



Ciencias técnicas y aplicadas

Artículo de investigación

Medición del almacenamiento del agua y fijación de carbono en los humedales de la Reserva Ecológica El Ángel, (REEA), como metodología que evidencia la afectación del cambio de uso de suelo en el páramo altoandino

Measurement of water storage and carbon sequestration in the wetlands of the El Angel Ecological Reserve (REEA), as a methodology that evidences the effect of the change of land use in the high Andean moorland

Medida de armazenamento de água e fixação de carbono em zonas húmidas Reserva Ecológica Angel, (REEA) como metodologia demonstra o envolvimento de mudança no uso da terra no moor Altoandino

Teresa Alejandra Palacios^I

teresa.alejandra@gmail.com

Sonia Chamorro^{II}

sonia.ch@gmail.com

Ph.D. José María Lalama Aguirre^{III}

jmlalama@uce.edu.ec

PhD. María Leonor Parrales Poveda^{IV}

marialeonor_72@hotmail.com

Ph.D. Marco Antonio Zaldumbide Verdezoto^V

m-zaldumbide@yahoo.com

Correspondencia: teresa.alejandra@gmail.com

^I Ingeniera, Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador.

^{II} Doctora, Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador

^{III} Magister, Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador

^{IV} Magister, Universidad Estatal del Sur de Manabí, Jipijapa, Ecuador.

^V Magister, Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador

Resumen

Esta investigación permite determinar los cambios que afectan a los servicios ambientales del ecosistema humedal, en lo relacionado con el almacenamiento de agua y fijación de carbono en los suelos analizados; debido al uso consecuencia de las actividades antrópicas agrícolas y agropecuarias que actúan en el sitio Ramsar de la Reserva Ecológica El Ángel (REEA), ubicados en los páramos de la sierra norte del Ecuador.

La información generada es un aporte que favorece la toma de decisiones, oportunas y adecuadas para conservar el ecosistema del humedal referido anteriormente. Se entiende que el humedal es un elemento fundamental de los páramos alto-andinos en Ecuador que provee una gran cantidad de recurso hídrico necesario para el consumo humano, el equilibrio de la cuenca hidrográfica, y su capacidad de fijación de carbono como medida estratégica para mitigar los efectos del cambio climático.

El páramo de esta reserva ecológica es un espacio importante por su función como sumidero de carbono en todo el planeta. El secuestro de carbono observado en este ecosistema se relaciona estrechamente con la escasa actividad de óxido-reducción, el ambiente con alta humedad y el permanente volumen de recurso hídrico.

Palabras clave: almacenamiento de agua; fijación de carbono; humedal.

Abstract

This research allows to determine the changes that affect the environmental services of the humid ecosystem, in relation with the capacity and storage of water and carbon fixation on the analyzed soils; due to the use and consequence of the antropogenic and agricultural activities that interact in the place called Ramsar of the ecological reserve El Angel (REEA), located at the highlands of the northern mountains of Ecuador.

The generated information contributes and favors appropriate decision making to keep the humid ecosystem mentioned before. It is understood that humid is a basic element of the andean highlands of Ecuador that provides a great amount of hydro - resources needed for human consumption, the equilibrium of the river basin, and it's capacity of carbon fixation as an strategic resource to mitigate the effects of climate change.

The highland mountains of the reserve is an important space for its function as an ultimate provider of carbon in the entire planet. The carbon sequestration observed in this ecosystem is closely related to the limited activity of rust reduction, the environment with high humidity and the permanent volume of hydro resources.

Key words: water storage; carbon fixation; wetland.

Resumo

Esta investigação para determinar as mudanças que afetam os serviços ambientais húmida ecossistema, em relação ao armazenamento de água e a fixação do carbono no solo analisado; devido ao resultado uso de atividades antrópicas agrícolas e agrícolas que operam no sítio Ramsar El Angel Ecological Reserve (REEA), localizadas nos pântanos do planalto norte do Equador.

A informação gerada é uma contribuição que favorece a tomada de decisões, atempada e adequada para preservar o ecossistema de zonas húmidas acima referido. Entende-se que a zona húmida é um elemento fundamental das altas Andes no Equador que fornece uma grande quantidade de recursos de água necessária para consumo humano, o equilíbrio da bacia, e de carbono fixabilidade como uma medida estratégica para mitigar os efeitos das alterações climáticas. O deserto desta reserva ecológica é um espaço importante para o seu papel como sumidouro de carbono no planeta. O sequestro de carbono observada neste ecossistema está intimamente relacionado com a baixa actividade de oxidação-redução, a atmosfera com humidade elevada e volume constante de recursos de água.

Palavras chave: armazenamento de água; sequestro de carbono; pantanal.

Introducción

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 aprobado el 2 de febrero de 1971 en la ciudad iraní de Ramsar. Los resultados de estas experiencias investigativas permitieron determinar como el cambio del uso del 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 al Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SMAP) en el Ecuador se caracterizan porque dentro de las áreas protegidas 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 y también a las comunidades y poblaciones que dependen de su buen estado de conservación para su desarrollo. (Chincheró, Flachier, Lima, & y Villarroel, 2009 pág. 16).

Estudio

El páramo es un ecosistema altoandino con características únicas a nivel mundial y regional, que lo cataloga como un ecosistema muy importante. Dentro de sus características primordiales se destaca vegetación y suelos, que constituyen un reservorio de carbono y materia orgánica, fundamentales para la regulación del agua y la fertilidad de los suelos. (Llambí, y otros, 2012).

De los servicios ambientales, que el páramo proporciona, hay dos fundamentales: la provisión de agua en cantidad y calidad a la población directa e indirecta, y el almacenamiento de carbono atmosférico que disminuye el calentamiento global. Ambos se relacionan estrechamente con el comportamiento del elemento suelo.

Es conocido que el suelo de los páramos es comúnmente de origen volcánico, y se lo identifica específicamente como andosol, esta palabra deriva del japonés y significa tierra negra. Este color caracteriza a los suelos de páramo por el alto contenido de materia orgánica que se descompone lentamente, por efecto de las bajas temperaturas.

El aluminio de la ceniza volcánica en conjunto con la materia orgánica se combina y forman vesículas muy resistentes a la descomposición de la edafofauna. Estos complejos se llenan de agua, que es retenida por un período relativamente largo y luego liberada en forma lenta y

constante. Del proceso de retención de materia orgánica la mitad del almacenamiento corresponde a carbono; 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, el principal causante del calentamiento global. (CONDESAN, 2000)

En el Ecuador la superficie que ocupa el ecosistema páramo es aproximadamente 1.835.834 hectáreas, el alto contenido de materia orgánica que poseen permite captar el agua proveniente de las precipitaciones y su acumulación en el suelo. El páramo actúa como una esponja que absorbe agua y la libera hacia el subsuelo o la superficie. (Llambí, y otros, 2012, pág. 58)

Los suelos, donde se asienta el Sitio Ramsar Reserva Ecológica El Ángel (REEA), 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. La Reserva Ecológica de El Ángel se ubica en la Provincia de El Carchi, Cantón Espejo y en parte de las parroquias La Libertad y El Ángel del Cantón Tulcán; así como en la Parroquia Tufiño y parte de la Parroquia La Concepción del Cantón Mira.

Metodología

Las condiciones ecosistémicas de los humedales, que se localizan en el sitio Ramsar Reserva Ecológica El Ángel (REEA), son analizadas con el fin de aportar información relevante para su posible manejo sostenible. Los resultados y sistematización de información –por su parte– aportan como lineamientos metodológicos para la medición de almacenamiento de agua y fijación de carbono en el suelo de los humedales.

Para la realización de la investigación se planteó dos parcelas de estudio, en base al estudio del Predio Nieves Toma, Reserva Ecológica Ilinizas; en el que se utilizó parcelas de forma cuadrada de dimensión de 10x10 m, en un sitio medianamente conservado y otro intervenido (quemado, tractorado). De tal manera que cada parcela responde de forma estadística independiente, como réplica del universo. La profundidad a la que se toma las muestras es de 0,10m., el método de

investigación considera el cumplimiento de los siguientes criterios: la accesibilidad a los sitios de colocación de parcelas, la representatividad de los sitios identificados y la posibilidad de réplica. (Castro, Calderón, & Villarroel, 2011, pág. 8)

Para la fase de investigación de campo se dispuso parcelas cuadradas de 10 m de lado en un sitio con características de conservación fácilmente distinguibles, en donde se identificó como: sitio medianamente conservado; y sitio modificado por actividades antrópicas (uso agro productivo) denominado: sitio intervenido; esto con el fin de comparar la afectación que causa el cambio de uso de suelo y cobertura vegetal al almacenamiento de agua y fijación de carbono.

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 altoandina (pajonal, frailejones, almohadillas, rosetas) y edadofauna (gusanos, insectos y otros).

Cálculos

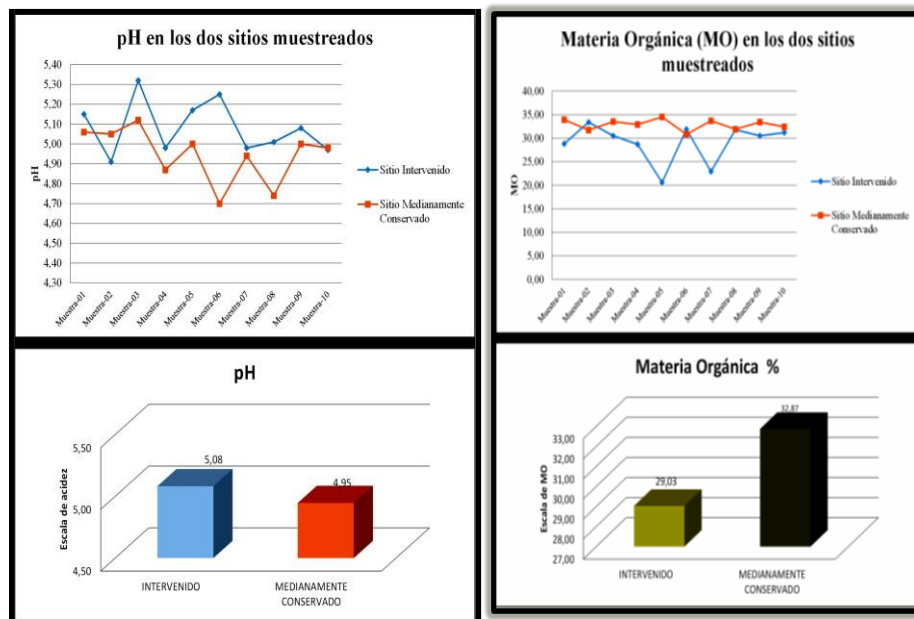
En los dos sitios denominados intervenido y sitio medianamente conservado, se analizó la humedad volumétrica, carbono orgánico total, densidad aparente, materia orgánica y pH, constituyendo las variables dependientes en cada sitio muestreado.

Para el análisis de datos se utilizó una de las medidas cuantitativas de relación entre variables denominado Coeficiente de correlación de Pearson (r_{xy}), que indica que tipo de relación existe entre dos variables, además de la magnitud de la correlación expresada en relaciones lineales de tendencia. La metodología 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.

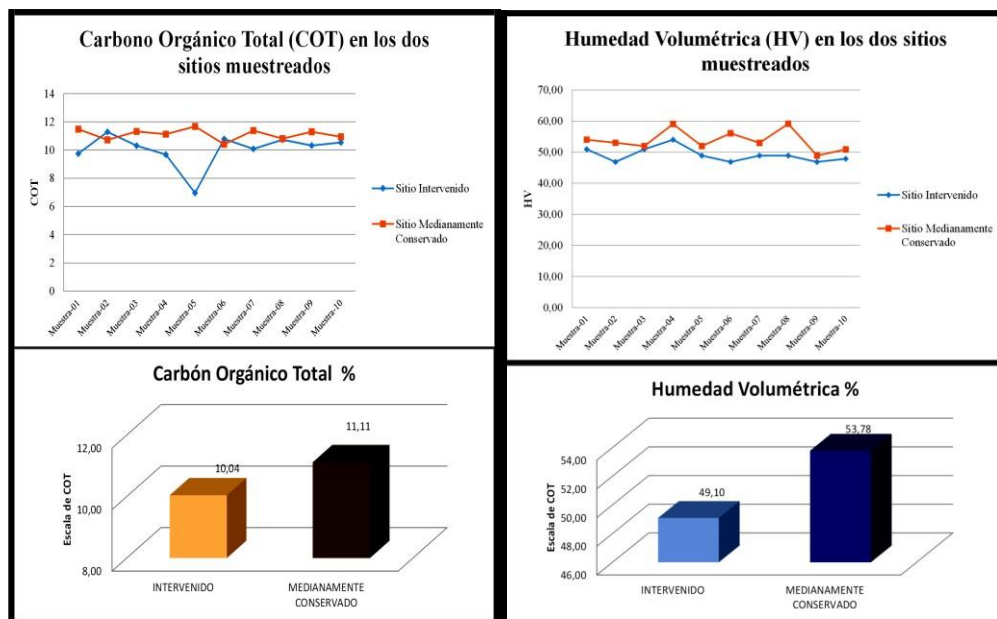
- El procedimiento para medir el almacenamiento de agua en los suelos de humedal, se sustentó en la Norma Técnica Ecuatoriana (NTE-INEN-ISO, 2014, pág. 10) sobre guía de procedimientos para la investigación de sitios naturales, casi naturales y cultivados.

- 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. (Flachier, Castro, Gortaire, Villarroel, & Calderón, 2010, pág. 13). 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 fue utilizado para obtener un valor estimado de almacenamiento de agua para las parcelas intervenidas.
- El procedimiento para medir la fijación de carbono en suelos se desarrolló siguiendo el procedimiento respectivo siendo recolectadas en cilindros, y enviadas 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 estimará el valor de carbono para el área de muestreo.
- 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).

Los resultados obtenidos en el proceso de muestreo y análisis se los resume en los gráficos a continuación:



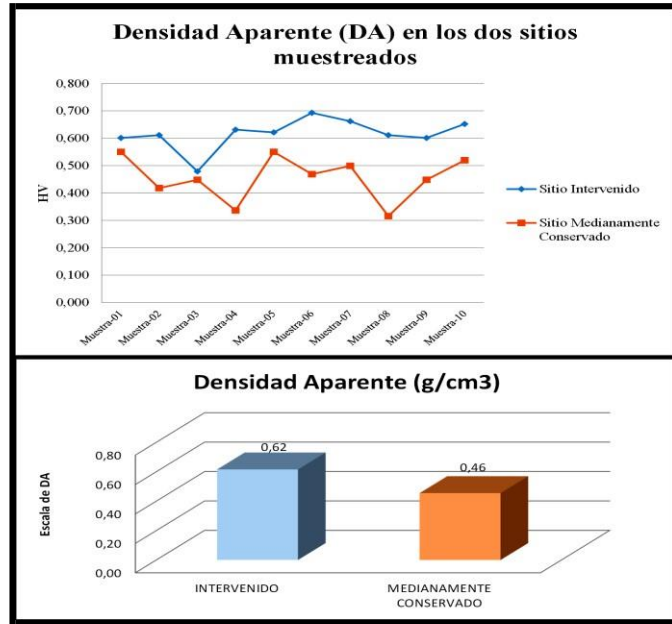
Fuente: Datos de laboratorio ** Relación fuerte significativa



Fuente: Datos de laboratorio ** Relación fuerte significativa

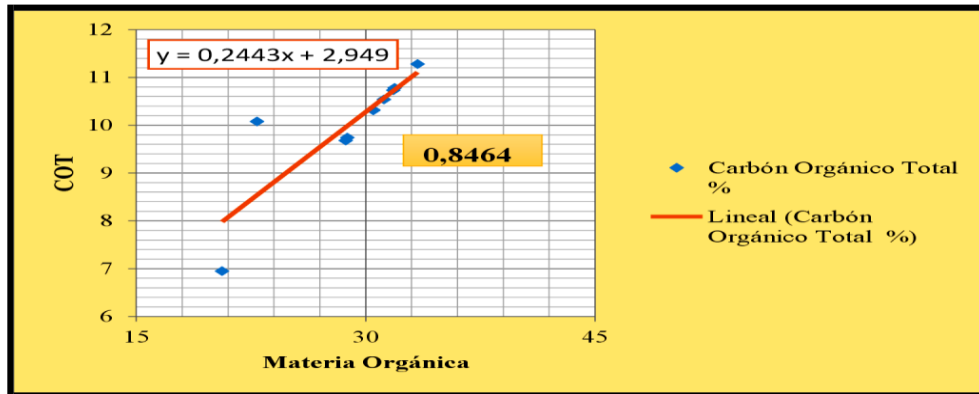
Análisis de correlación para el sitio intervenido.

Variables	pH	Materia Orgánica %	Carbono Orgánico Total %	Humedad Volumétrica %	Densidad Aparente (g/cm3)
pH		-0.0922	-0.2692	0.0824	-0.4259
Materia Orgánica %			0.8464**	-0.2240	-0.1379
Carbono Orgánico Total %				-0.2851	0.0137
Humedad Volumétrica %					-0.3283
Densidad Aparente (g/cm3)					



Fuente: Datos de laboratorio ** Relación fuerte significativa

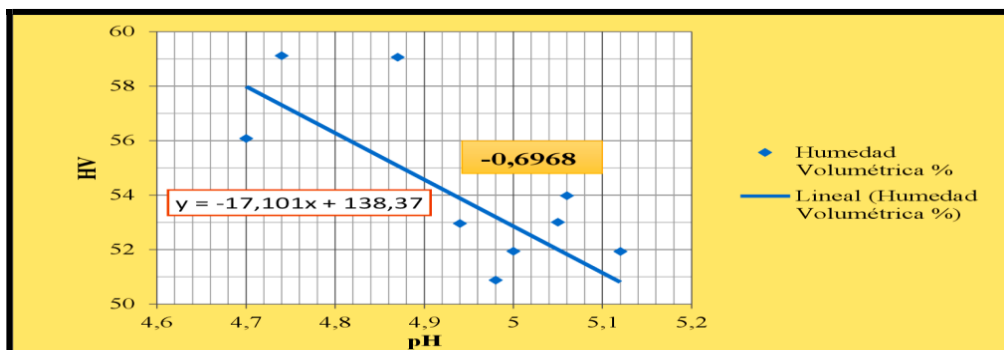
Correlación entre carbono orgánico total y materia orgánica



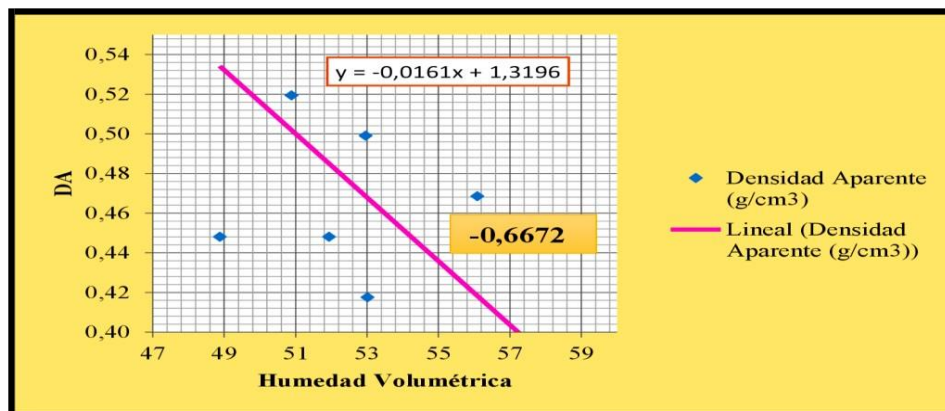
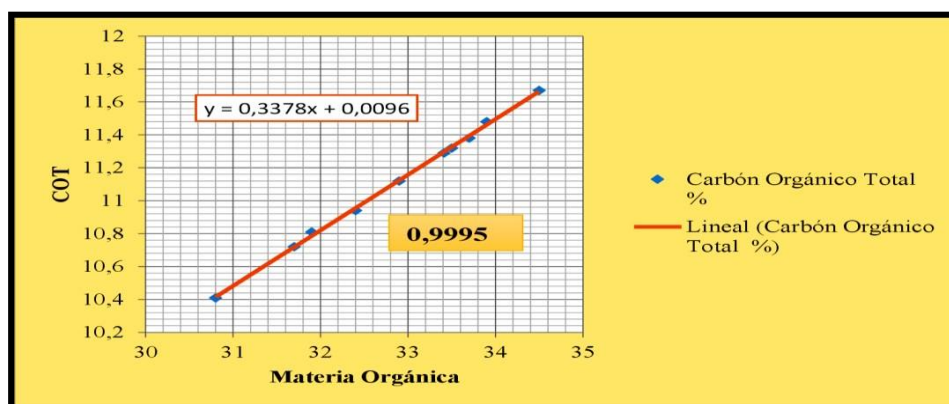
Análisis de correlación para el sitio medianamente conservado

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)					

Correlación entre carbono humedad volumétrica y pH



Correlación entre carbono orgánico total y materia orgánica



Fuente: Datos de laboratorio ** Relación fuerte significativa

Conclusiones

- El cambio del uso del suelo produce modificaciones significativas en las características de almacenamiento de agua y fijación de carbono del suelo de los humedales del sitio Ramsar Reserva Ecológica El Ángel.
- De los resultados procesados para el porcentaje de almacenamiento de agua, en las dos parcelas de estudio, (sitio intervenido y sitio medianamente conservado), se obtiene valores que muestran las diferencias en la capacidad de almacenamiento de agua. En la parcela intervenida es de un 49% ($4,9\text{m}^3$); mientras que la parcela medianamente conservada tiene un incremento hasta el 54% ($5,4\text{m}^3$). Se observa que el sitio medianamente conservado presenta mayor capacidad de almacenamiento de agua con un valor de 5% más que el sitio intervenido.
- En referencia a los valores obtenidos sobre fijación de carbono orgánico total para las dos parcelas estudiadas, los resultados muestran para el sitio intervenido la fijación de 10,04% de carbono orgánico total (COT), diferente a la parcela medianamente conservada que alcanza 11,11% de (COT).
- Para el contenido de carbono en suelo, la parcela medianamente conservada presentó 55,55 toneladas de carbono orgánico total, valorado para una hectárea. Si este valor es considerado para la superficie total del Sitio Ramsar Reserva Ecológica El Ángel (REEA), se estimaría en la fijación de 944.499,99 Tn., de carbono orgánico total (COT); lo cual garantizaría que este COT almacenado no se emita a la atmósfera en forma de CO_2 , y sea un aporte a los procesos de mitigación al cambio climático.
- El análisis de correlación en el sitio intervenido muestra una única 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; ya que el contenido de carbono orgánico total (COT) encontrado, si bien es un valor significativo, muestra la fragilidad y riesgo de pérdida del mismo, por la oxidación atmosférica, y su emisión como parte de los gases invernaderos que producen el efecto del cambio climático. Las otras

variables analizadas en esta investigación no presentan relaciones significativas debido a la alteración sufrida por la estructura del suelo y su cobertura vegetal nativa.

- Como resultado del análisis de correlación en el sitio medianamente conservado se obtienen 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 altoandino favorece el almacenamiento de agua y fijación de carbono.
- Como comentario general se deduce que los resultados obtenidos en esta investigación aportan información relevante sobre los efectos como la pérdida de las características del suelo altoandino; disminución de la fijación de carbono orgánico total en 1,07%; reducción en la capacidad de almacenamiento de agua en 5%. Cualidades que inciden en los servicios ecosistémicos claves para el desarrollo de la vida del propio páramo, de las poblaciones aledañas, y sus actividades agroeconómicas.

Referencias bibliográficas

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

BirdLife International. (14 de 05 de 2015). Sites-Important Bird and Biodiversity Areas (IBAs). Obtenido de Important Bird Areas factsheet: El Ángel-Cerro Golondrinas: <http://www.birdlife.org/datazone/sitefactsheet.php?id=14524>

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 Mascarilla y 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

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://turismoelangel.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

Chimbolema, S., Suárez, D., Peñafiel, M., Acurio, C., & Paredes, T. (2013). Guía de Plantas de la Reserva Ecológica El Ángel. Quito: DCG IMPRESORES

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