

**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ**

**Colegio de Ciencias Biológicas y Ambientales**

**Análisis de la concentración de carbono y composición vegetal en  
humedales de páramo altoandinos en una gradiente altitudinal en  
el Parque Nacional Cayambe Coca**  
Proyecto de investigación

**Andrea Lizeth Vega Trávez**

**Biología**

Trabajo de titulación presentado como requisito  
para la obtención del título de  
Licenciada en Biología

Quito, 17 de mayo del 2017

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ  
COLEGIO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AMBIENTALES

**HOJA DE CALIFICACIÓN  
DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

**Análisis de la concentración de carbono y composición vegetal en humedales  
de páramo altoandinos en una gradiente altitudinal en el Parque Nacional  
Cayambe Coca**

**Andrea Lizeth Vega Trávez**

Calificación:

Nombre del profesor, Título académico

Esteban Suárez R., Ph.D

Firma del profesor

---

Quito, 18 de mayo de 2017

## Derechos de Autor

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma del estudiante:

---

Nombres y apellidos:

Andrea Lizeth Vega Trávez

Código:

00112627

Cédula de Identidad:

1719005736

Lugar y fecha:

Quito, 18 de mayo de 2017

## RESUMEN

Los páramos andinos son ecosistemas tropicales cuyos patrones topográficos y climatológicos permiten la formación de humedales, que son superficies inundadas o semi-inundadas que acumulan grandes capas de suelo orgánico llamado turba. Los datos de carbono en humedales altoandinos son escasos y en este contexto nuestro estudio tiene como objetivo cuantificar los depósitos de carbono en humedales del Parque Nacional Cayambe Coca, caracterizar la composición vegetal e identificar patrones en una gradiente altitudinal. Nuestros datos muestran relaciones significativas entre la densidad de carbono y la altitud y longitud de profundidad del humedal. La densidad de carbono en el suelo disminuye con la altitud y los humedales más profundos poseen mayor cantidad de carbono acumulado. La vegetación es heterogénea, con dominancia de pajonal en sitios más bajos y de almohadillas en sitios de mayor altitud. Estos patrones altitudinales están ligados a la capacidad de acumulación de carbono y la retención de agua en humedales. Debido a los grandes depósitos de carbono en los humedales altoandinos del Ecuador y la vulnerabilidad de los ecosistemas de altura frente al cambio climático es necesario realizar más estudios que permitan caracterizar y cuantificar los depósitos de C para poder realizar estimaciones a nivel regional.

Palabras clave: Humedal, páramo, carbono, acumulación, gradiente altitudinal.

## ABSTRACT

Andean paramos are tropical ecosystems whose topographic and climatological patterns allow the formation of peatlands, which are flooded or semi-flooded areas that accumulate large layers of organic soil called peat. Carbon data in high Andean wetlands are scarce and in this context the objective of this study is to quantify carbon deposits in the Cayambe Coca National Park peatlands, characterize plant composition and identify patterns in an altitudinal gradient. Our data show significant relationships between the carbon density and altitude and depth length of the peatland. The carbon density in the soil is reduced with the altitude and the deeper peatlands in the greater amount of carbon accumulated. The vegetation is heterogeneous, with dominance of tussock grasslands in lower sites and sedge in higher sites. These altitudinal patterns are linked to the capacity of carbon accumulation and water retention in peatlands. Because of large carbon stocks in Ecuadorian mountain peatlands and the vulnerability of high altitude ecosystems to climate change, more studies are needed to characterize and quantify the C deposits in order to make regional estimates.

*Key words:* Peatland, paramo, carbon, accumulation, altitudinal gradient.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>Introducción .....</b>	<b>7</b>
<b>Desarrollo del Tema.....</b>	<b>10</b>
<b>Resultados .....</b>	<b>15</b>
<b>Conclusiones .....</b>	<b>21</b>
<b>Referencias bibliográficas .....</b>	<b>22</b>
<b>Anexo A: tablas.....</b>	<b>25</b>
<b>Anexo B: figuras .....</b>	<b>26</b>

## INTRODUCCIÓN

El páramo ecuatoriano es un ecosistema andino que se encuentra generalmente a partir de los 3500 msnm (Solis 1984), aunque algunas veces este límite puede ubicarse a 2800 m por factores climáticos y geológicos. En general el rango altitudinal de los ecosistemas de páramo está por sobre la línea arbórea hasta la línea de nieve permanente (Hofstede *et al.* 2003). Los ecosistemas de páramo cubren alrededor de 1'250.000 hectáreas del total del territorio nacional (5% del área total), por lo que el Ecuador es el país con mayor proporción de páramos en relación a su extensión (Vásconez y Hofstede 2006). Las características geográficas y patrones climatológicos extremos, como la baja presión atmosférica, fluctuaciones severas de temperatura, intensidad en la radiación solar y vientos fuertes fomentan altas tasas de endemismo. Además, son importantes desde el punto de vista de servicios ambientales y benefician directa o indirectamente a una gran parte de la población (UICN 2002) mediante almacenamiento de carbono, regulación de ciclos hídricos, depuración de contaminantes y estabilización climática (Buytaert *et al.* 2011).

Los suelos de páramo poseen características determinadas principalmente por el clima y las capas de ceniza resultado de erupciones volcánicas (Buytaert *et al.* 2005). También se caracterizan por una densidad aparente baja y estructura porosa, lo cual sugiere alta conductividad hidráulica y capacidad de retención de agua (Nanzyo *et al.* 1993). La topografía y el clima predominantemente frío del páramo reducen las tasas de descomposición de materia orgánica y contribuyen a su acumulación en el suelo, generando una alta capacidad de retención de agua, especialmente en sitios con poco drenaje en los que se forman diferentes tipos de humedales (turberas, lagunas, pantanos, etc.).

Los humedales son superficies inundadas o semi-inundadas que se encuentran saturadas de agua durante tiempos prolongados (Balslev y Luteyn 1992). A pesar de que han sido tradicionalmente asociados a áreas bajas en regiones boreales y tropicales, también ocurren en las altas cordilleras como la de los Andes de América del Sur (Cooper *et al.* 2010, Benavides 2014). Estos acumulan grandes capas de suelo orgánico conocidas como turbas y suelos minerales ricos en carbono. Las capas de suelo orgánico se originan a partir de la vegetación única de páramo, lo cual permite que aproximadamente el 95% del carbono del ecosistema sea retenido en los suelos, pues la producción de materia orgánica es mayor a las tasas de descomposición (Cooper *et al.* 2012). Del mismo modo estas tasas de descomposición se ven afectadas por la formación de compuestos órgano-metálicos en los suelos, que son muy resistentes a la descomposición microbiana. Los metales son producto de la meteorización de ceniza volcánica y rocas (Hofstede y Aguirre 1999). Según Hernández (2010) el proceso de acumulación de carbono se da en dos partes, suelo y biomasa vegetal. Aunque los estudios sobre la dinámica de carbono en los humedales altoandinos son limitados, se sabe que estos poseen reservorios importantes de carbono que tienen un potencial significativo de mitigación de gases de efecto invernadero. Se conoce que los suelos de páramo pueden llegar a almacenar alrededor de 1200 toneladas de carbono por hectárea, lo cual es aproximadamente siete veces más de lo que posee un bosque húmedo tropical en su biomasa vegetal (Chimner 2000, Hofstede y Aguirre 1999).

En cuanto a la estructura de comunidades de plantas en el páramo los estudios realizados reportan amplia heterogeneidad, principalmente relacionada a las características químicas del suelo y otras gradientes ambientales y de disturbio antropogénico (Cooper *et al.* 2010). A partir de los 3000 msnm la vegetación es un mosaico complejo que posee áreas bien drenadas dominadas por pajonales y áreas poco drenadas dominadas por almohadillas, las cuales contribuyen en gran porcentaje a la cobertura del suelo. Así mismo existen parches de

bosques altoandinos dominados principalmente por *Polylepis* spp. y *Gynoxis* spp. (Ramsay y Oxley 1997).

Debido a que los ecosistemas de páramo son bastante frágiles, las perturbaciones antropogénicas provocan un desequilibrio en su funcionamiento y afectan la retención de agua en el suelo, aumento de la erosión, cambios estructurales de la vegetación e incremento en las tasas de descomposición de materia orgánica (Squeo *et al.* 2006). Estos cambios resultan en la disminución de los servicios ecosistémicos esenciales para poblaciones locales, arriesgando además la estabilidad de carbono en las turberas (Buytaert *et al.* 2007). Estudios previos sugieren que el cambio climático afectará a todos los ecosistemas, pero debido a su topografía y clima los ecosistemas de altura poseen vulnerabilidad intrínseca a cambios externos, posiblemente el área total de los ecosistemas de altura se vea reducida en el futuro debido a los cambios en las barreras de los ecosistemas (Buytaert *et al.* 2011). Como consecuencia se reduciría la diversidad de especies y la cantidad y calidad de servicios ambientales. Este fenómeno, sumado a las actividades antropogénicas directas como la quema y la ganadería, podrían tener impactos que necesitan ser evaluados, pues representan amenazas a la estabilidad de las turberas (Buytaert *et al.* 2008).

Por la falta de información y las intensas perturbaciones que han sufrido los humedales de páramo durante las últimas décadas, es importante que se realicen estudios sobre el potencial de acumulación de carbono en estos ecosistemas. En la actualidad la falta de información limita la toma de decisiones en cuanto a la conservación de estos ecosistemas. A pesar de que varios estudios coinciden con el potencial que poseen los humedales de páramo para acumular materia orgánica es necesario realizar más estudios acerca de la composición vegetal y la estructura del ecosistema, pues esto puede servir para caracterizar de manera más adecuada los humedales altoandinos y poder realizar estimaciones a nivel regional.

## DESARROLLO DEL TEMA

### Objetivos

#### Objetivo principal:

Contribuir al conocimiento sobre el potencial de acumulación de carbono en humedales de páramos altoandinos al Noroeste de los Andes Ecuatorianos.

#### Objetivos específicos:

- 1.- Cuantificar los depósitos de Carbono en humedales de páramo en el Parque Nacional Cayambe Coca a lo largo de una gradiente altitudinal en el Noroeste del Ecuador.
- 2.- Establecer diferencias de concentración de carbono con respecto a la gradiente altitudinal.
- 3.- Identificar patrones en la estructura de la vegetación de los humedales en relación a la gradiente altitudinal.

#### Justificación:

Los datos sobre la concentración de carbono en los humedales de páramo altoandinos son bastante escasos, ya que en general en estudios previos solo se ha cuantificado la superficie superior de los suelos bien drenados (Hribljan *et al.* 2016). De igual manera, los mecanismos de mapeo actuales no permiten una resolución que permita separar los diferentes tipos de humedales que existen, los cuales varían en su contenido de carbono. De este modo, con este tipo de investigaciones se pretende proporcionar datos que contribuyan a la conservación y restauración de humedales degradados en los ecosistemas de páramo, tomando en cuenta los servicios ambientales que estos proveen y su susceptibilidad frente al cambio climático.

## **Área de estudio**

El estudio se llevó a cabo en humedales de páramo altoandinos ubicados dentro del Parque Nacional Cayambe Coca y su zona de amortiguamiento, que se encuentra en los Andes orientales del Ecuador. Estos forman parte de un complejo volcánico caracterizado principalmente por sus suelos orgánicos y topografía, modificados por la actividad glacial y volcánica (Hall y Mothes 2008).

El clima de la región es frío y húmedo con una precipitación que varía desde los 800 hasta 1000 mm al año y una temperatura diaria menor a los 10°C (Solis 1984). La vegetación de la región en zonas de suelos bien drenados está dominada por comunidades de gramíneas, hierbas y arbustos, mientras que en las zonas de suelos poco drenados predominan las almohadillas, que componen un porcentaje significativo de la cobertura del suelo (Ramsay y Oxley 1997). Las comunidades de plantas muestran cambios en la vegetación dominante a través de la gradiente altitudinal, en la que los pajonales (e.g. *Calamagrostis* spp.) dominan los sitios más bajos y las almohadillas (e.g. *Plantago* spp., *Distichia* spp.) son comunes en los más altos.

## **Metodología de la investigación**

### **Muestras de suelo**

Para la caracterización de los patrones de carbono muestreamos un total de siete humedales situados a lo largo de una gradiente altitudinal que va desde los 3700 a los 4338 msnm, a los cuales sumamos nueve humedales ya muestreados para estudios anteriores relacionados también a la acumulación de carbono en los Andes ecuatorianos. En cada humedal

seleccionamos tres sitios al azar para estimar la profundidad de la turba mediante la introducción en el suelo de varillas metálicas auto-ensamblables de 1,20 m. La perforación y colección de muestras de suelo las realizamos con un barreno abierto de 6,5 cm de diámetro (Hribljan *et al.* 2016). Extrajimos los primeros 2m de suelo de cada humedal con el fin de caracterizar el perfil completo del mismo, y así también medimos el pH y conductividad en agujeros de aproximadamente 30 cm. Después de recoger cada muestra, las cortamos en secciones de 10 cm en el barreno y guardamos cada sección en bolsas ziplock etiquetadas para llevarlas al laboratorio y analizarlas. También identificamos visualmente las secciones de la muestra que poseían altos contenidos de material volcánico (ceniza).

### **Análisis de carbono**

Las muestras las llevamos al Laboratorio de Ecología Acuática de la Universidad San Francisco de Quito y las secamos en un horno a 65°C durante 3 días para eliminar la humedad de la muestra y calcular la densidad aparente dividiendo la masa de la muestra seca por el volumen original de la muestra determinado por el volumen del barreno. Después procedimos a homogenizar, pesar y almacenar cada muestra e incineramos una porción de cada muestra en una mufla a 550°C durante 4 horas para la determinación del contenido de materia orgánica. A partir del porcentaje de materia orgánica obtenido en cada muestra obtuvimos también el porcentaje de carbono, mediante la aplicación de la ecuación  $C(\%) = (0,5324 \times LOI(\%)) - 0,9986$  ( $R^2 = 0,9989$ ;  $p < 0,001$ ). Esta ecuación se tomó del estudio de Hribljan *et al.* (2016), que fue desarrollada a partir de la relación entre LOI y C, obtenido a partir de submuestras de suelo analizadas para Carbono en un analizador elemental. La densidad del carbono para cada sección de la muestra la calculamos mediante el producto de la densidad aparente seca por el porcentaje de carbono de la misma ( $gC/cm^3$ ), que luego lo expresamos en Megagramos de carbono por hectárea. Para estimar la densidad total de

carbono en cada muestra sumamos las densidades de todas las secciones. Por último, la estimación de la densidad total de carbono en cada humedal es el producto del promedio de la densidad aparente, la longitud de profundidad del humedal y el promedio del porcentaje de carbono, de esta forma obtuvimos la densidad de carbono tanto de la parte muestreada como de la parte no muestreada y la densidad total fue la suma de las mismas.

### **Composición vegetal**

Para la caracterización de la vegetación realizamos muestreos mediante cuadrantes con tubos PVC de 1 m x1 m, con cuadrículas de 10 cm. El cuadrante lo ubicamos en sitios al azar dentro del humedal y procedimos a identificar las especies de plantas que encontramos dentro del mismo, así como sus porcentajes de cobertura, para lo cual hicimos uso de las subdivisiones del cuadrante. Realizamos un total de ocho cuadrantes en cada humedal para estabilizar el número de especies encontradas. Para aquellas plantas que no se pudieron identificar colectamos especímenes para posteriormente identificarlos en el laboratorio. Cabe recalcar que para una descripción general y análisis de estos datos utilizamos tan solo tres humedales que corresponden a una altitud mayor, media y menor, correspondientes a 4338, 4046 y 3703 msnm respectivamente.

### **Análisis estadísticos**

Para analizar la posible relación entre el contenido de carbono en los humedales y variables como la elevación y la profundidad, utilizamos correlaciones de Pearson.

En cuanto a la composición vegetal realizamos una descripción detallada de los cambios en la vegetación dominante a lo largo de la gradiente altitudinal. Además hicimos tablas que muestran la forma de vida dominante en los humedales caracterizando los sitios de mayor a menor altitud y también de la riqueza de especies en los humedales a través de la gradiente

altitudinal. Para mostrar abundancia de las especies encontradas hicimos gráficos de rango-abundancia de especies de cada humedal con las coberturas muestreadas para posteriormente determinar especies dominantes.

## RESULTADOS

Los valores del porcentaje de carbono estimados para los humedales de nuestro sitio de estudio decrecen conforme aumenta la altitud. La mayor cantidad de carbono por hectárea se encontró en el sitio C9 (3847 msnm), que corresponde a uno de los sitios más bajos y la menor cantidad de carbono por hectárea está en el sitio C1 (4270 msnm), correspondiente a los sitios más altos. Los cambios en la cantidad de carbono dependiendo de la altitud se muestran en la correlación establecida con ambas variables ( $r^2=0,635$   $p=0,000$ ; Figura 1). En el caso de la concentración de carbono en relación con la profundidad estimada del humedal, los resultados obtenidos muestran que el humedal más profundo posee una concentración de carbono de 3521,9 MgC/ha y el humedal menos profundo tiene una concentración de 1279,74 MgC/ha, es así que se obtuvo una relación significativa, que sugiere que los humedales más profundos tienden a contener más porcentaje de carbono ( $r^2=0,792$   $p=0,000$ ; Figura 2).

Con respecto a la altitud y la profundidad de los humedales, obtuvimos una relación significativa que evidencia el incremento en la profundidad del humedal conforme disminuye la altitud. El humedal más profundo se encuentra a los 3950 msnm y el de menor profundidad se encuentra en el sitio correspondiente a los 4100 msnm ( $r^2=0,613$   $p=0,000$ ; Figura 3).

El conjunto de datos sobre cobertura y composición vegetal muestra diferencias en cuanto a la vegetación dominante a lo largo del gradiente altitudinal. En los humedales ubicados a las altitudes más bajas hay dominancia de gramíneas y hierbas, con estructura del estrato más compleja. Pero por el contrario, los humedales ubicados en la parte más alta poseen mayor abundancia de almohadillas y la cobertura está pobremente representada por gramíneas, hierbas y arbustos, es decir que la estructura del estrato posee menor complejidad. Los

patrones altitudinales muestran que la vegetación en almohadillas incrementa junto con la altitud, mientras que los pajonales disminuyen (Tabla 1).

Los datos obtenidos muestran que la riqueza de especies de plantas en el sitio de mayor altitud, que corresponde a los 4338 msnm es de 41, mientras que el sitio de menor altitud, correspondiente a los 3703 msnm es de 20 y el humedal ubicado a una altitud media, a los 4046 msnm es de 53 (Tabla 2). Por otro lado, las especies dominantes en el humedal más alto son *Plantago rigida* y *Distichia muscoides*, en el humedal ubicado a la menor altitud la dominancia está en las especies *Carex pichinchensis* y *Cortaderia nitida*, mientras que en el humedal de altitud media la especie que domina es *Calamagrostis intermedia*. (Figura 4). La curva de rango de abundancia con más heterogeneidad de especies en la escala espacial es la correspondiente al sitio más alto, es decir que ésta es la que más se acerca a un modelo de bastón roto, la especie dominante representa aproximadamente el 26% de la cobertura total. Por otro lado, la curva que menos heterogeneidad presenta es la que corresponde al sitio más bajo, cuya especie dominante presenta alrededor del 60% en la cobertura total (Figura 4).

## DISCUSIÓN

Con base en los resultados de los análisis encontramos una relación significativa entre la concentración de carbono y la altitud a la que se encuentra ubicado el humedal, lo cual muestra una tendencia de decrecimiento de la cantidad de carbono a medida que incrementa la altitud. Esto puede deberse principalmente a la edad de cada sitio y el tiempo de acumulación de materia orgánica (Hribljan *et al.* 2016, Hernández 2010, Turetsky *et al.* 2004), que está relacionado al período de glaciación que terminó hace aproximadamente 10.000 años. El retroceso de los glaciares, sumado a las condiciones ambientales de las áreas más bajas permitió la desaparición más temprana de la capa de hielo, que tuvo como resultado la acumulación sucesiva de arcilla y la posterior colonización de especies vegetales que se convierten luego en materia orgánica que contribuye a la formación de turba (Quattrocchio *et al.* 2008). Con esto se explica que los humedales más altos poseen menor cantidad de carbono orgánico acumulado, pues han tenido menos tiempo de acumulación (descubrimiento tardío) que aquellos que se encuentran a altitudes más bajas.

Con respecto a la profundidad del humedal y la concentración de carbono también encontramos una relación significativa entre las mismas, es decir, existe una tendencia de incremento en la concentración de carbono con el incremento en la profundidad del humedal. Esto podría estar explicado por la morfología de los humedales, relacionada con la longitud de área de acumulación que posee cada humedal. Aquellos humedales de más profundidad tendrán una mayor volumen para acumular carbono orgánico. Esta variable sirve para caracterizar más ampliamente los depósitos de carbono en los humedales altoandinos pues está relacionada también con la edad de los mismos. Los sitios más jóvenes tendrán menos profundidad y esto resulta en una menor tasa de acumulación de materia orgánica y

formación de turba. Hribljan y colaboradores (2016), mencionan que los sitios más jóvenes que utilizaron para su estudio en los Andes, presentan una profundidad promedio de menos de 1 m, mientras que la profundidad promedio de los sitios que datan mayor edad es de 4,6 m. Así mismo, encontramos una relación significativa entre las variables altitud y profundidad del humedal, que indica que los humedales más bajos presentan mayor longitud de profundidad. Esto también podría explicarse por la edad de los sitios y el período de glaciación, pues tomando en cuenta que los humedales que datan más edad se encuentran a altitudes más bajas esto nos brinda una referencia de tiempo de acumulación de sustratos después de la desaparición temprana del hielo en los valles. Los datos de estudios previos como el de Hribljan *et al.* (2016), corroboran la tendencia encontrada en nuestro estudio, pues en su conjunto de datos, en un rango altitudinal de que va desde los 3919 a los 4881 msnm, el humedal que se encuentra a los 4064 msnm es el que data más antigüedad y la mayor longitud de profundidad con respecto a los demás sitios muestreados.

Encontramos patrones de dominancia en las formas de vida de la vegetación a través de la gradiente altitudinal, lo cual se observa también en estudios realizados sobre la composición y estructura vegetal en los páramos de los Andes sudamericanos como es el caso de Ramsay y Oxley (1997), en el cual describen la composición en las comunidades de plantas de los páramos ecuatorianos. Los humedales ubicados en las partes más bajas poseen una estructura de estrato más compleja, pues encontramos varias especies de gramíneas y hiervas en general, lo cual sugiere una composición ampliamente caracterizada por pajonales, por el contrario los humedales ubicados en sitios más altos poseen una estructura de estrato con menor complejidad, que está representada por almohadillas. Estos cambios en los patrones altitudinales confieren características especiales y de naturaleza distintiva a través de la gradiente altitudinal, así mismo está relacionado con los ciclos hídricos y capacidad de acumulación de carbono. En sitios de mayor altitud existe gran capacidad de retención de

agua, pues las almohadillas permiten mayor infiltración de la misma, mientras que las herbáceas o gramíneas no poseen las mismas características morfológicas y por lo tanto no tendrán la misma capacidad de retención (Medina y Mena 2001).

A diferencia de lo que sugiere la bibliografía, la riqueza de especies no decrece a medida que aumenta la altitud. Esto puede deberse a que los humedales muestreados no tienen el mismo nivel de impacto antropogénico, especialmente en cuanto a drenaje del suelo, lo cual afecta a la vegetación que se puede encontrar. A pesar de que existen patrones altitudinales en cuanto a la riqueza, hay humedales que no cumplen con este patrón, como C7 y C9, que a pesar de encontrarse en las áreas más bajas poseen menor riqueza con respecto a sitios más altos, lo cual se explicaría porque se encuentran cerca de la carretera principal, lo que implica un alto grado de impacto antropogénico y corresponden a suelos bien drenados (Ramsay y Oxley 1997). Del mismo modo, aquellos sitios que se encuentran a una altitud intermedia entre los más bajos y más altos presentan un tipo de vegetación heterogénea, con una combinación de gramíneas y almohadillas. A partir de los 4200msnm la vegetación dominante son las almohadillas, como se puede observar en la Tabla 1.

Los rangos de abundancia de especies muestran que en el sitio más bajo (C7), la especie dominante corresponde a *Calamagrostis* spp, que representa más del 50% de la cobertura del área total del humedal, esto se explica porque a partir de los 3500 msnm, la cobertura tendrá una dominancia importante de pajonales acompañados por pequeños arbustos. Así mismo al ser un sitio alterado por la carretera, tanto la diversidad como la riqueza serán menores (Molinillo y Monasterio 2002). Por otro lado, el sitio más alto posee una distribución de especies que comparten recursos más equitativamente, pues la especie dominante (*Plantago rigida*) cubre menos del 50% del área total del humedal. La dominancia de esta especie concuerda con lo encontrado en la bibliografía, pues en suelos poco drenados y a mayor

altitud se encuentra la mayor parte de vegetación herbácea en almohadilla (Ramsay y Oxley 1997).

## CONCLUSIONES

Los humedales altoandinos en la región poseen grandes reservorios de carbono acumulado desde hace miles de años. Este estudio aporta nuevos datos que permiten la caracterización regional de la concentración de carbono en el Noroeste de los Andes ecuatorianos. Tanto los análisis de carbono en el suelo como la caracterización de la vegetación en los humedales a través de una gradiente altitudinal permiten entender de mejor manera los posibles cambios y presiones que sufrirán estos ecosistemas con el cambio climático. A pesar de que el estudio fue realizado en diferentes cuencas, Oriental y Occidental, se requiere mayor cantidad de muestreos en cada una para conocer a ciencia cierta diferencias significativas en cuanto a las diferentes condiciones ambientales a las cuales están expuestos los humedales en ambas cuencas y sus posibles efectos sobre la cantidad de carbono y estructura de la vegetación. También se recomienda realizar estudios a largo plazo para evidenciar el cambio que sufrirán los páramos con las variaciones drásticas en la temperatura a consecuencia del calentamiento global.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta-Solis, M. (1984). Los Páramos Andinos del Ecuador
- Batzer, D. y Baldwin, A. (2012). *Wetland habitats of North America: Ecology and Conservation Concerns*. University of California Press.
- Benavides, J. (2014). The Effect of Drainage on Organic Matter Accumulation and Plant Communities of High-altitude Peatlands in the Colombian Tropical Andes. *Mires and Peat*. 15(1), 1-15.
- Buytaert, W., Célleri, R., De Bièvre, B., Cisneros, F., Wyseure, G., Deckers, J. y Hofstede, R. (2006). Human Impact on the Hydrology of the Andean Páramos. *Earth-Science Reviews*, 79(1), 53-72.
- Buytaert, W., Cuesta-Camacho, F. y Tobón, C. (2011). Potential Impacts of Climate Change on the Environmental Services of Humid Tropical Alpine Regions. *Global Ecology and Biogeography*, 20(1), 19-33.
- Buytaert, W., De Bièvre, B., Celleri, R., Cisneros, F., Wyseure, G. y Deckers, S. (2008). Comment on “Human Impacts on Headwater Fluvial Systems in the Northern and Central Andes”. *Geomorphology*. 96(1), 239-242.
- Buytaert, W., De Bièvre, B., Wyseure, G. y Deckers, J. (2004). The use of the Linear Reservoir Concept to Quantify the Impact of Changes in Land use on the Hydrology of Catchments in the Andes. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*, 8(1), 108-114.
- Buytaert, W., Iñiguez, V. y De Bièvre, B. (2007). The Effects of Afforestation and Cultivation on Water Yield in the Andean Páramo. *Forest Ecology and Management*. 251:22, 30.

- Buytaert, W., Sevink, J., De Leeuw, B. y Deckers, J. (2005). Clay Mineralogy of the Soils in the South Ecuadorian Páramo Region. *Geoderma*. 127(1), 114-129.
- Chimner, R. (2000). *Carbon dynamics of southern Rocky Mountain Fens* (Doctoral dissertation, Colorado State University).
- Cooper, D., Chimner, R. y Merritt, D. (2012). *Western Mountain Wetlands* (pp. 313-328). University of California Press: Berkeley. California, USA.
- Cooper, D., Wolf, E., Colson, C., Vering, W., Granda, A. y Meyer, M. (2010). Alpine Peatlands of the Andes, Cajamarca, Peru. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*. 42(1), 19-33.
- Hernández, M. (2010). Suelos de humedales como sumideros de carbono y fuentes de metano. *Terra Latinoamericana*. 28(2), 139-147.
- Hofstede, R., Mena, V. y Segarra, P. (2003). Los páramos del mundo. Quito: EcoCiencia.
- Hofstede, R. y Aguirre, N. (1999). Biomasa y dinámica del carbono en relación con las actividades forestales en la Sierra del Ecuador. El páramo como espacio de mitigación de carbono atmosférico. *Serie Páramo*. 1, 29-51.
- Hofstede, R. y Aguirre, N. (1999). Biomasa y dinámica del carbono en relación con las actividades forestales en la Sierra del Ecuador. *El Páramo Como Espacio de Mitigación de Carbono Atmosferico, Serie Páramo*, 1, 29-51.
- Hribljan, J., Suárez, E., Heckman, K., Lilleskov, E. y Chimner, R. (2016). Peatland Carbon Stocks and Accumulation Rates in the Ecuadorian Páramo. *Wetlands Ecology and Management*, 24(2), 113-127.
- Luteyn, J. y Balslev, H. (Eds.). (1992). Páramo: an Andean Ecosystem Under Human Influence (pp. 1-14). Academic Press.

- Medina, G. y Mena, V. (2001). Los páramos en el Ecuador. *Los Páramos del Ecuador. Particularidades, Problemas y Perspectivas. Proyecto Páramo. Quito. Fundación Ecuatoriana de Estudios Ecológicos.*
- Molinillo, M. y Monasterio, M. (2002). Patrones de vegetación y pastoreo en ambientes de páramo. *Ecotropicos*, 15(1), 19-34.
- Nanzyo, M., Shoji, S. y Dahlgren, R. (1993). Physical Characteristics of Volcanic Ash Soils. *Developments in Soil Science*. 21, 189-207.
- Nanzyo, M., Shoji, S. y Dahlgren, R. (1993). Volcanic Ash Soils: genesis, properties and utilization. *Developments in Soil Science*, 21.
- Quattrocchio, M., Borromei, A., Deschamps, C., Grill, S. y Zavala, C. (2008). Landscape evolution and climate changes in the Late Pleistocene–Holocene, southern Pampa (Argentina): evidence from palynology, mammals and sedimentology. *Quaternary International*, 181(1), 123-138.
- Ramsay, P. y Oxley, E. (1997). The Growth form Composition of Plant Communities in the Ecuadorian Páramos. *Plant Ecology*. 131(2), 173-192.
- Robert, M. y Varet, J. (1996). *Le sol: interface dans l'environnement, ressource pour le développement*. Paris: Masson.
- Turetsky, M., Manning, S. y Wieder, R. (2004). Dating Recent Peat Deposits. *Wetlands*. 24(2), 324-356.

## ANEXO A: TABLAS

Tabla 1. Tipo de vegetación dominante en los humedales a través de la gradiente altitudinal.

<b>Humedal</b>	<b>Altitud</b>	<b>Forma de vida</b>
C16	3703	Junco
C7	3807	Graminoid
C14	3847	Combinadas
C6	3916	Gramíneas
C8	3940	Junco
C13	3950	Gramíneas
C15	3974	Combinadas
C9	4046	Gramíneas
C12	4100	Almohadilla
C5	4136	Gramíneas
C4	4250	Almohadilla
C3	4254	Almohadilla
C1	4270	Almohadilla
C2	4270	Almohadilla
C10	4316	Almohadilla
C11	4338	Almohadilla

Tabla 2. Densidad de especies en cada humedal

<b>Humedal</b>	<b>Altitud</b>	<b>Riqueza</b>
C7	3703	20
C8	3807	50
C9	3847	19
C10	3916	51
C11	3940	38
C12	3950	48
C13	3974	23
C1	4046	53
C3	4100	36
C4	4136	43
C5	4250	39
C6	4254	16
C14	4270	17
C15	4316	45
C16	4338	41

## ANEXO B: FIGURAS

Figura 1. Relación entre la Concentración de Carbono y la variación en la gradiente altitudinal.

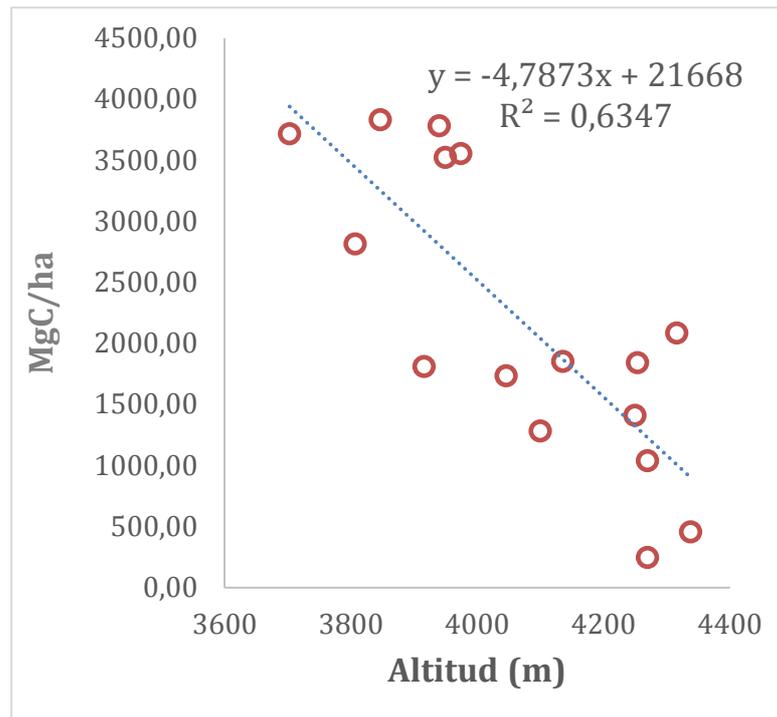


Figura 2. Relación entre la Concentración de carbono y la profundidad del humedal.

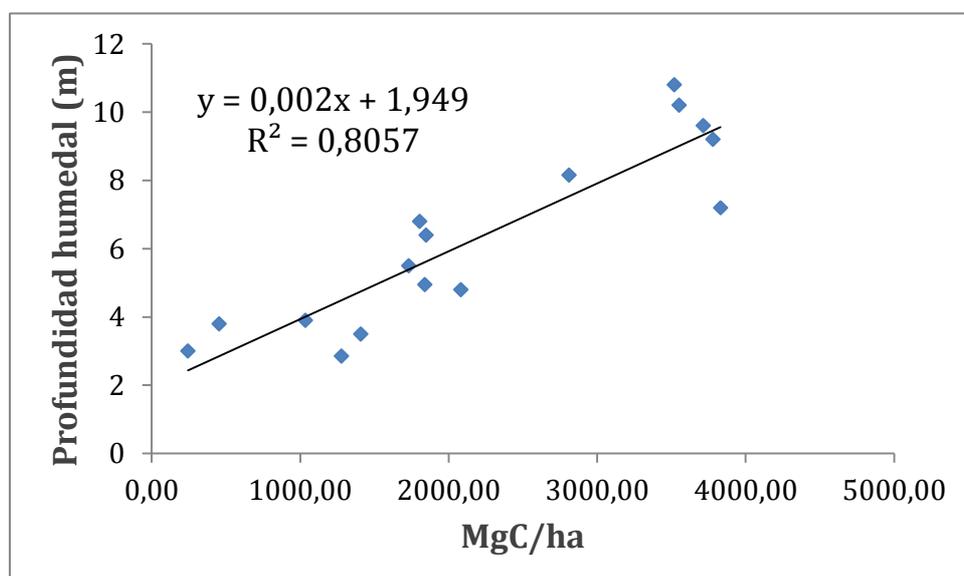


Figura 3. Relación entre la variación en la altitud y la profundidad de los humedales.

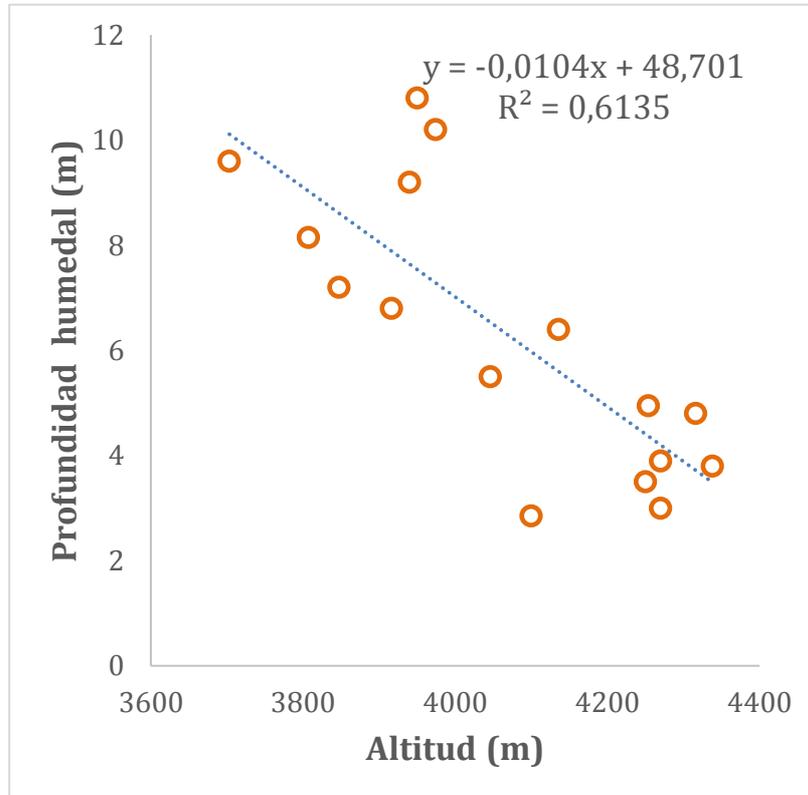


Figura 4. Diagramas de rangos de abundancia de especies vegetales a diferentes altitudes

