



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES  
ESCUELA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

Estudio de paja como indicador de la historia de las quemadas recientes en los páramos de la  
Reserva Ecológica El Ángel, Carchi-Ecuador

Tesis previa a la obtención del título de Magister  
en Biología de la Conservación

PATRICIA MARIBEL GUTIÉRREZ SALAZAR

Quito, 2016

## CERTIFICACIÓN

Certifico que la tesis de Maestría en Biología de la Conservación de la candidata Patricia Maribel Gutiérrez Salazar ha sido concluida de conformidad con las normas establecidas; por lo tanto, puede ser presentada para la calificación correspondiente.

A handwritten signature in black ink that reads "P. Ramsay". The signature is stylized with a large, looping initial "P" and a long, sweeping underline.

Paul Ramsay, Ph.D.

Directora de tesis

Quito, 06 de julio del 2016

*Todo mi esfuerzo y trabajo va dedicado para el ser más hermoso de mi vida, ROBERT TORRES GUTIÉRREZ, quien ha sabido animarme y darme fuerzas con su hermosa mirada y preciosa sonrisa.*

## **AGRADECIMIENTOS**

Para mi familia, que me ha apoyado incondicionalmente todos los días de mi vida.

Para mis maestros, que han sido una guía invaluable y han direccionado mi vida al conocimiento de la naturaleza.

## TABLA DE CONTENIDO

1	RESUMEN .....	1
2	ABSTRACT .....	1
3	INTRODUCCIÓN.....	2
4	MÉTODOS.....	5
	<i>Área de Estudio</i> .....	5
	<i>Mediciones en el campo</i> .....	6
	<i>Análisis de las imágenes y datos</i> .....	7
5	RESULTADOS .....	7
6	DISCUSIÓN.....	7
7	REFERENCIAS .....	12
8	FIGURAS .....	18
9	TABLAS .....	22
10	ANEXOS.....	23

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** Relación entre el tiempo después del fuego y el porcentaje de cobertura basal que existió por metro cuadrado en 13 transectos (ecuación de la recta  $y = -1,632x + 26,229$ ). No se incluye el dato del transecto que se quemó hace 0,5 años debido a que los rebrotes no formaban penachos identificables. .... 18
- Figura 2** Relación entre el tiempo que había transcurrido después del incendio y el número de penachos de paja por m<sup>2</sup> en 13 transectos (ecuación de la recta  $y = -2,198x + 30,492$ ). No se incluye el dato del transecto que se quemó hace 0,5 años debido a que los rebrotes no formaban penachos identificables. .... 18
- Figura 3** Relación entre el tiempo que había transcurrido después del incendio y el tamaño promedio del penacho de paja en 13 transectos evaluados (ecuación de la recta  $y = 8,170x + 71,286$ ). No se incluye el dato del transecto que se quemó hace 0,5 años debido a que los rebrotes no formaban penachos identificables. .... 19
- Figura 4** Relación entre el tiempo que había transcurrido después del incendio y la mediana de la altura de los penachos en 14 transectos evaluados (ecuación de la recta  $y = 3,226x + 14,755$ ). .... 19
- Figura 5** Relación entre el tiempo que había transcurrido después del incendio y el porcentaje de cuadrantes con penachos que tienen altura menor a 20 cm en 14 transectos evaluados (ecuación de la recta  $y = -6,058x + 59,827$ ). .... 20
- Figura 6** Mediana de los porcentajes de PAR que llega bajo la vegetación de los 15 transectos evaluados en los páramos del Norte del Ecuador. En los diagramas de caja se puede observar cuartiles, valores mínimo y máximo, y la mediana para cada transecto. .... 20
- Figura 7** Relación entre el tiempo que había transcurrido después del incendio y la mediana del porcentaje de PAR que ingresa bajo la vegetación en 14 transectos evaluados (ecuación de la recta  $y = -5,665x + 53,247$ ). .... 21
- Figura 8** Relación entre el tiempo que había transcurrido después del incendio y la cantidad de hoja viva en los penachos de 14 transectos evaluados (ecuación de la curva  $y = 1,2879x^2 - 17,474x + 75,945$ ). .... 21

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Características y ubicación de los 15 transectos evaluados en los páramos del Norte del Ecuador. La frecuencia de la paja indica el porcentaje de cuadrantes de 1 m x 1 m que tenían penachos de paja de los 100 cuadrantes del transecto.....	22
---	----

El presente manuscrito fue desarrollado bajo el formato de la revista científica “La Granja”.

# Estudio de paja como indicador de la historia de las quemadas recientes en los páramos de la Reserva Ecológica El Ángel, Carchi-Ecuador

Patricia M. Gutiérrez-Salazar<sup>1,2</sup> y Paul M. Ramsay<sup>3,\*</sup>

<sup>1</sup> Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Av. 12 de Octubre 1076 y Roca, Quito, Ecuador

<sup>2</sup> Universidad Politécnica Salesiana, Av. Rumichaca y Morán Valverde S/N, Quito, Ecuador

<sup>3</sup> Escuela de Ciencias Biológicas, Universidad de Plymouth, Plymouth, PL4 8AA, UK

**\*Autor para correspondencia:** Escuela de Ciencias Biológicas, Universidad de Plymouth, Plymouth, PL4 8AA, UK; pramsay@plymouth.ac.uk; tel. +44-1752-584646.

Palabras claves: Páramo, Fuego, Penachos, Especies indicadores

---

## Resumen

Los páramos son ecosistemas dependientes del fuego. Conocer la historia reciente del fuego permite establecer un régimen ecológicamente adecuado que pueda incluirse en los planes de manejo de los páramos. Aún no se han presentado métodos que permitan estimar el tiempo después de la quema en los páramos que no están dominados por rosetas gigantes. El presente estudio se llevó a cabo en los páramos del Norte del Ecuador y evaluó el potencial de la paja como un indicador de la historia reciente del fuego. Se relacionaron características de los penachos de paja, la altura de los penachos y la cantidad de radiación que llega bajo la vegetación con el tiempo transcurrido después del fuego. A medida que transcurre el tiempo después del fuego, la cobertura basal y el número de penachos de paja disminuyen, pero el tamaño promedio de los penachos puede aumentar por la unificación de penachos pequeños. La altura de los penachos se incrementa con el paso de los años, mientras que la cantidad de radiación que llega bajo la vegetación disminuye. Se determinó que existe correlación entre las variables analizadas pero no existe precisión en la estimación de la edad del fuego. No hay un patrón de cambio claro a través del tiempo después del fuego. La paja no se presenta como un posible indicador de la historia reciente del fuego, ya que solo permite determinar si la edad del fuego es mayor o menor a cinco años.

## Abstract

High altitude paramo grasslands are fire-dependent ecosystems. An ecologically appropriated regime that can be included in the management plans of paramos is permitted to be established by understanding the recent history of fire. Methods to estimate the time after burning of paramo that are not mainly dominated by giant rosettes have not been introduced, yet. This research has been carried out on the paramos of northern Ecuador and it assessed the potential of straw as an indicator of the recent history of fire. The different features of straw, height of tussocks and the amount of radiation that reaches the layer under vegetation has been related with the time after the fire. As time passes after the fire, the basal coverage and the number of tussocks of straw decrease, but the average size of tussocks by the unification of small ones increases. The height of tussocks increases over the years while the amount of radiation that reaches the layer under the vegetation decreases. It was stated that there is a close relation among the variables set and analyzed but there is not any accuracy inside the

estimation of the age of fire. There is no pattern of clear change through the time after the fire. The straw is not presented as a possible indicator of recent history of fire as it only determines whether the age of fire is greater or less than five years.

## **Introducción**

El páramo es un ecosistema de alta montaña del trópico húmedo. Está dominado por vegetación abierta y ubicado entre el límite del bosque cerrado y las nieves perpetuas (Hofstede et al., 2014), generalmente se encuentra sobre los 3000 m de altitud (League y Horn, 2000; Velásquez, 2000; Poulénard et al., 2001). En la Cordillera de los Andes, se extiende desde la Cordillera de Mérida en Venezuela hasta la depresión de Huancabamba en el Norte de Perú (Hofstede et al., 2003), atravesando Colombia y Ecuador. Se caracteriza por su alta diversidad biológica y endemismo. Cerca de 3400 plantas vasculares habitan en el páramo de América del Sur y el 60% son endémicas (Luteyn, 1999; Rangel, 2000). El páramo es importante porque ofrece muchos servicios ambientales (Cleef, 2008) como provisión de agua para el consumo humano, regulación el clima, acumulación de carbono en el suelo. Además forma parte de la identidad de los pueblos Andinos (Hofstede, 2003).

El páramo se quema periódicamente (Hofstede, 2001; Horn y Kappelle, 2009). El fuego se produce principalmente por la acción del hombre, pero también de forma natural (Keating, 2007; Horn y Kappelle, 2009; White, 2013). Existe evidencia de que los incendios existieron antes del inicio del Holoceno (Di Pasquale et al., 2008), pero el hombre cambió los regímenes naturales del fuego en el páramo (Buytaert, 2006; Rodríguez y Behling, 2011; Villota y Behling, 2014). La gente quema el páramo para producir rebrotes que son consumidos por el ganado (Hofstede, 2001; Premauer y Cárdenas, 2004; Cleef, 2008; Vargas, 2011), expandir la frontera agrícola y por razones míticas (Hofstede, 2001). El páramo se quema fácilmente ya que las hojas secas de la paja y otras plantas son un buen combustible (Hofstede, 2001; Vargas, 2011). De hecho, el páramo puede ser considerado un ecosistema inflamable (Bond y Keeley, 2005), especialmente en verano, cuando disminuye la humedad (Vargas, 2000; Amaya Villabona, Armenteras Pascual, 2012; Bedoya, 2014).

El páramo es un ecosistema dependiente del fuego (Myers, 2006; Horn y Kappelle, 2009; White, 2013; Ramsay, 2014). Los ecosistemas dependientes de fuego son aquellos que “necesitan un régimen específico de fuego y se caracterizan por especies de plantas con las adaptaciones para

responder positivamente al fuego y facilitar su propagación” (Myers, 2007). Las plantas del páramo están adaptadas a las quemadas (Laegaard, 1992; Ramsay y Oxley, 1996) y han desarrollado estrategias de supervivencia. Por ejemplo, según Laegaard (1992): las semillas de especies de *Lupinus*, *Lachemilla* y *Bartsia* germinan después del fuego; especies de *Baccharis*, *Chuquiragua* e *Hypericum* producen retoños de los brotes secundarios de la base del tallo; especies de *Espeletia*, *Puya*, *Festuca* y *Calamagrostis* sobreviven al fuego debido a que su yema apical está protegida; y especies de *Carex* y *Uncinia hamata* sobreviven por regeneración de brotes subterráneos. El fuego beneficia la propagación de algunas especies que requieren luz para el establecimiento de sus plántulas (Bedoya, 2014) y que aprovechan los espacios generados después de que el fuego consume parte de la capa vegetal (Ramsay y Oxley, 1996; Ramsay, 1999). La estructura de la comunidad vegetal cambia con el fuego (Ramsay y Oxley, 1996; Sklenar y Ramsay, 2001), por lo que, los regímenes de incendios locales van a determinar el ensamblaje de las comunidades vegetales (Ramsay, 2014).

El fuego es un agente de cambio (Arno, 1996) que controla los procesos ecológicos en el páramo (Ramsay y Oxley, 1996). Produce cambios en el tamaño de la vegetación, generando una mayor exposición del suelo a la radiación, lluvia y viento, incrementando los procesos de erosión (Camargo-García et al., 2012). Aumenta la escorrentía lo que puede alterar el ciclo hidrológico local (Poulenard et al., 2001). Genera la pérdida de materia orgánica (Camargo-García et al., 2012) y nutrientes acumulados en la vegetación (Vargas et al., 2002; Aguilar, 2012). Después del fuego se da un modelo de sucesión-regeneración en el páramo (Vargas, 1997; Vargas, 2000), en función de las estrategias reproductivas de las especies, interacción entre formas de vida y factores edafoclimáticos (Ramsay, 2001; Bedoya, 2014).

Los efectos ecológicos del fuego pueden ser complejos, para entenderlos es necesario conocer la historia de fuego local (Bowman, 2011) y determinar el régimen natural del fuego en un ecosistema (Ramsay, 2014). Sin embargo, es difícil establecer el conjunto de condiciones (frecuencia, intensidad, severidad, regularidad, extensión) del fuego que permitan mantener las características del páramo (Ramsay, 2014). Además, la frecuencia, la intensidad y los efectos de un incendio dependen de las condiciones históricas por las que ha pasado el sitio, de las condiciones climáticas prevalecientes en el momento de la quemada, de la cantidad de combustible disponible y de la intervención humana (Horn y Kappelle, 2009; Ramsay, 1999).

Las investigaciones que permiten determinar el régimen de fuego ecológicamente adecuado para el páramo son complicadas por el tiempo y los recursos requeridos (García-Meneses y Ramsay, 2014; Ramsay 2014). Los indicadores ecológicos se presentan como una alternativa para establecer la historia del fuego en el páramo. García-Meneses y Ramsay (2014) han propuesto que el cambio en la estructura poblacional de *Puya hamata*, por el reclutamiento de nuevos individuos después de las quemadas permite estimar el tiempo transcurrido después del fuego, y según Ramsay (2014), la acumulación de hojas muertas en los tallos de *Espeletia* es un indicador de la historia de los incendios en el páramo del Norte del Ecuador.

Lamentablemente, la mayoría de los páramos del Ecuador no tienen rosetas gigantes, por lo que en zonas sin *Espeletia* y *Puya hamata* aún no es posible estimar el tiempo que ha pasado desde un incendio. En cambio, las especies de paja son plantas dominantes en los páramos (León-Yáñez, 2000) y son importantes porque generan microclimas bajo sus penachos, contribuyendo con el mantenimiento de la biodiversidad de los ecosistemas alto andinos. Además, tienen la capacidad de sobrevivir y regenerarse después del fuego porque sus yemas están protegidas por una masa densa de hojas y tallos (Laegaard, 1992; Rodríguez-Beltrán y Vargas-Ríos, 2002). Por lo tanto, estas especies se presentan como potenciales indicadores de la historia de fuego en los páramos. Hasta la fecha, no existen publicaciones que evalúen a las especies de paja como indicadores ecológicos de las quemadas en los páramos, pero se conoce que en otros ecosistemas las semillas de pastos expuestas a fuego presentan mayor tamaño y capacidad germinativa que las semillas de plantas no quemadas (Dyer, 2002) y que el área basal de los pastos aumentan en zonas donde se han producido incendios (Dyer, 2003).

En el presente estudio se determina si existe relación entre el tiempo después del fuego y características de la paja: cobertura basal, la cantidad de hojas vivas, tamaño del penacho y número de penachos. Además, se discute el potencial de la paja como un indicador de la historia de fuego reciente en el páramo. La altura de los penachos y la cantidad de radiación que llega bajo la vegetación también son variables que se evalúan como posibles indicadores del tiempo transcurrido después del fuego.

## Métodos

### ***Área de Estudio***

El estudio se desarrolló en el Norte del Ecuador, en los páramos dominados por paja de la Reserva Ecológica “El Ángel” (REEA) y de la Reserva Biológica La Bretaña.

Los sitios con fechas registradas de incendios antes del 2008 se identificaron en Valdospinos (2008). Para encontrar sitios quemados después del 2008 se utilizaron informes del Ministerio del Ambiente (Bustos-Insuasti, 2008) e información proporcionada por los bomberos de San Pedro de Huaca, Carchi. La selección de los sitios de estudio se realizó en base a la accesibilidad al lugar. Además, como una forma de control se tomaron datos en un sitio que aparentemente se quemó hace al menos 30 años.

La vegetación que se encontró en el área de estudio eran penachos y rosetas gigantes, que son característicos de los páramos del Norte del Ecuador. Los géneros de penachos representativos son *Calamagrostis*, *Cortaderia*, *Rhynchospora* y *Carex*. Las especies de rosetas gigantes distintivas son *Espeletia pycnophylla* y *Puya hamata* (Ramsay, 2014).

### ***Mediciones en el campo***

Las mediciones en el campo se realizaron entre marzo y mayo del 2015. Los sitios de estudio se ubicaron con el GPS (Garmin GPS Map 60Sx). En cada lugar se estableció una parcela de 50 m x 2 m. La parcela fue dividida en 100 cuadrantes de 1 m x 1 m (Anexo 1).

En cada cuadrante de la parcela se determinó la presencia-ausencia de paja y se midió la altura de los penachos. Para medir la altura de los penachos se empleó el método “drop disc” (Stewart, Bourn y Thomas, 2001), con un disco de 23 cm de diámetro y 190 g de peso que tenía un agujero central de 3,5 cm de diámetro. El método consiste en dejar caer el disco en una vara graduada colocada entre la vegetación. Una vez que el disco se detiene sobre la copa de los penachos se determina la altura del centro del disco sobre la superficie del suelo.

En 50 cuadrantes de una subparcela de 1m x 50 m de cada transecto se midió la cantidad de radiación fotosintéticamente activa (PAR, por sus siglas en inglés). Se utilizó el equipo Canopy Analysis System (Delta-T, Cambridge-Inglaterra) constituido por una sonda de 1 m de longitud (con 64 fotodiodos) que va conectada a un sensor y a un asistente digital personal (PDA, por sus

siglas en Inglés). El sensor mide la radiación total que incide sobre el dosel al mismo tiempo que la sonda mide la radiación que llega bajo la vegetación.

De los cuadrantes ubicados a 5 m, 15 m, 25 m, 35 m y 45 m de la subparcela en la que se midió PAR, se realizó una representación gráfica de la cobertura basal de paja, a una escala de 1:10 y con una precisión de  $\pm 5$  cm. Además en estos cinco cuadrantes se cortó al azar un manojito de hojas de paja que fueron colocadas en una superficie plana. Sobre las hojas se colocó una lámina negra con una ventanilla de 19 cm x 10 cm. Las hojas fueron esparcidas debajo de la ventanilla hasta que formaron una capa plana y delgada. Se tomó una fotografía de las hojas expuestas por la ventanilla con una resolución de 12,1 MP. Las fotografías se tomaron a un metro de distancia, para evitar la distorsión de la imagen. En el caso de no encontrar penachos en los cuadrantes indicados, se tomó la muestra de un cuadrante vecino.

### ***Análisis de las imágenes y datos***

El análisis de imágenes se realizó con el Programa Image J versión 1.45k (National Institutes of Health, Maryland-Estados Unidos), al cual se le incorporó el programa adicional Threshold colour versión 1.12a (Gabriel Landini, Birmingham-Inglaterra). Los gráficos de cobertura basal se escanearon con una resolución de 34,8 MP. Los penachos se pintaron de rojo en Paint versión 6.1 (Microsoft, Washington-Estados Unidos) (Anexo2). Para el análisis de las imágenes en Image J se usaron los parámetros: Color 240-255, Saturación: 50-255 y Brillo: 80-255. En cada imagen el programa determinó el número de penachos, el número de píxeles de cada penacho, el tamaño promedio (en píxeles) de los penachos y el número total de píxeles de los penachos en cada metro cuadrado. Además se determinó el número de píxeles existentes en la representación de un metro cuadrado a escala 1:10.

En el análisis de las fotografías de las hojas de paja se utilizaron los parámetros: Color 40-90, Saturación 0-255 y Brillo 60-255 para hojas verdes y Color 5-40, Saturación 0-255 y Brillo 60-255 para hojas cafés. El programa reportó el número total de píxeles de hojas verdes y cafés, que se utilizó para calcular el porcentaje de hojas vivas.

El análisis estadístico se desarrolló en el Programa Estadístico SPSS versión 18.0 (IBM, Nueva York-Estados Unidos). Principalmente se realizó el cálculo de la media de las características de la paja y cálculo de la mediana de la altura de los penachos y del porcentaje de PAR que llega

bajo la vegetación. Además, se trabajó con regresiones para determinar si existe relación entre el tiempo transcurrido después del fuego y las variables en estudio.

## Resultados

Se evaluaron 15 transectos en sitios con fechas registradas de los incendios (3 en la Reserva Biológica La Bretaña y 12 en la REEA) ubicados entre 3400 – 3900 msnm (Tabla 1; Anexo 3).

El área ocupada por los penachos disminuye a medida que transcurre el tiempo después del incendio ( $R^2=0,432$   $p=0,015$ ; Fig. 1). De igual manera, el número de penachos disminuye a medida que pasa el tiempo después de la quema ( $R^2=0,562$   $p=0,003$ ; Fig. 2). El tamaño promedio de los penachos de paja no cambia en función del tiempo transcurrido después del fuego ( $R^2=0,127$   $p=0,233$ ; Fig. 3).

La mediana de la altura de los penachos aumenta a medida que pasa el tiempo después de la quema ( $R^2=0,568$   $p=0,002$ ; Fig. 4), mientras que la cantidad de vegetación con altura menor a 20 cm disminuye con el tiempo ( $R^2=0,725$   $p<0,001$ ; Fig. 5). Se encontró que las medianas de la altura de la vegetación de diferentes sitios con la misma edad del fuego no son iguales.

Durante los primeros 5 años después del fuego el porcentaje de luz que ingresa bajo la vegetación es muy disperso y variado. A partir de los 8 años la variación de ingreso de luz es menor y más estable (Fig. 6). Existe una clara relación entre el porcentaje de luz que llega bajo la vegetación y el tiempo transcurrido después del fuego ( $R^2=0,709$   $p<0,001$ ; Fig. 7).

En el primer año después del fuego existe un mayor porcentaje de hojas vivas en los penachos de paja. Sin embargo, cuando han transcurrido más de 1,5 años las hojas verdes no cambian en función del tiempo y, no sobrepasan el 40% de las hojas de los penachos ( $R^2=0,628$   $p=0,004$ ; Fig. 8)

## Discusión

Las características de la paja que fueron evaluadas presentan una clara correlación con el tiempo transcurrido después del fuego, a excepción del tamaño promedio de los penachos, cuya variación podría ser producto del azar.

En los primeros años después del incendio los penachos de paja ocupan mayor área en un metro cuadrado de páramo. El aumento de cobertura basal en la etapa inicial de sucesión es el resultado de la sobrevivencia y dispersión de propágulos bajo condiciones de poca competencia

por espacio y recursos, pero en condiciones climáticas adversas (Vargas, 1997; Vargas, 2000), debido a una mayor exposición a la radiación, viento y lluvia, por la pérdida de la capa de vegetación. Los penachos pueden alcanzar su madurez reproductiva entre los tres meses y un año después de la quema (Vargas, 2000). Las especies de paja pueden ser dominantes durante el primer año de sucesión (Humprey, 1984 en Vargas, 2000). Los penachos de paja también restablecen parte de la cobertura basal que existía antes del disturbio porque sobreviven al fuego y rebrotan (Ramsay, 1992).

A partir de los seis años del incendio disminuye la cobertura basal de paja. Dentro de los procesos de sucesión se produce competencia intra e interespecífica (Huston y Smith, 1987). Entonces, los penachos después de un tiempo de su establecimiento pueden competir entre ellos por luz, agua o nutrientes. La competencia por luz, ocurre a nivel del individuo, no a nivel de población (Huston y Smith, 1987), cada organismo tiene un requerimiento de luz necesario para su supervivencia. Según Huston y Smith (1987) las plantas que alteran el ambiente y la disponibilidad de recursos tienen ventajas para el éxito competitivo. En el caso de la paja, esta genera microclimas dentro y entre los penachos porque limita la exposición a la luz y a las bajas temperaturas del páramo (Ramsay y Oxley, 1996). Vargas (2000) clasifica a la paja dentro del grupo de plantas tolerantes a la competencia.

Al igual que la cobertura basal, el número de penachos de paja disminuye a medida que pasa el tiempo después de la quema. Después del incendio la cantidad de brotes aumenta por metro cuadrado (Hofstede, 1995 en Cleef, 2008) debido a que se da una mayor germinación de semillas (Bedoya, 2014). Además, el fuego fragmenta los penachos (Suarez y Medina, 2001). A menudo después de la quema se da la sustitución de un solo penacho grande por varios penachos pequeños (Hofstede et al., 1995 b). Sin embargo, mientras transcurre el tiempo después del incendio se da la unificación de penachos de paja disminuyendo el número de penachos y obteniendo plantas de mayor tamaño (Ramsay, 1992).

En el presente estudio también se evaluó la relación entre la mediana de la altura de los penachos y el tiempo transcurrido después del fuego. Se determinó que después de 0,5 años de la quema la mediana de la altura de la vegetación puede alcanzar 25 cm, esto se debe a que cuando los penachos sobreviven, las ramillas que rebrotan crecen de 10 a 25 cm por encima de la superficie del suelo (Keating, 1998). También se encontró que la mediana de la altura de los

penachos no sobrepasa los 70 cm. Keating (2007) reportó los mismos valores de altura después de aproximadamente 9 años del incendio en el páramo de Cotacachi (Ecuador).

Durante los primeros tres años después de la quema la mediana de la altura de los penachos no sobrepasa los 30 cm, a medida que pasa el tiempo los penachos se recuperan complemente alcanzando una mayor altura. Esto se debe a que después del fuego existe una alta mortalidad de las hojas nuevas que rebrotan de los penachos quemados (Ramsay, 1992; Ramsay y Oxley, 1996). Las hojas que crecen después del fuego no se desarrollan completamente porque mueren antes de alcanzar una mayor altura. Después de la quema la productividad de la vegetación nativa tiende a decrecer porque los puntos de crecimiento están más expuestos a condiciones climáticas extremas (Hofstede et al., 1995a; Bedoya, 2014). Mientras transcurre el tiempo después del incendio se da la acumulación de hojas muertas que generan un microclima (5°C más de la temperatura atmosférica), favoreciendo la supervivencia y crecimiento de nuevas hojas (Ramsay y Oxley, 1996). La acumulación de hojas en la paja a medida que pasa el tiempo después de la quema se refleja en una mayor altura de los penachos. Se requieren varios años para recuperar la estructura natural del páramo con una alta cantidad de hojas muertas (Hofstede, 2011). No se conoce cómo varía la temperatura dentro del penacho a diferentes horas de día. Se recomienda realizar investigaciones de la temperatura dentro del penacho para relacionarla con la tasa de crecimiento de las hojas, lo que podría explicar la altura total de los penachos.

También se debe considerar que las quemas frecuentes alteran la estructura y altura de la vegetación. El fuego puede generar un mosaico de penachos de diferentes tamaños. Los páramos que son quemados frecuentemente presentan vegetación con baja altura, con menor acumulación de biomasa y necromasa (Hofstede et al, 2011). Cuando se intensifican las quemas y aumenta el grado de alteración en los páramos, los penachos se fragmentan y disminuyen (Cárdenas-Arévalo, 2008; Cleef, 2008). De los sitios evaluados no se tenía la historia del fuego por lo que no se conoce la frecuencia e intensidad de los incendios. Trabajos futuros sobre la ecología del fuego en el páramo pueden incluir el análisis de la recuperación de los penachos de paja sometidos a diferentes intensidades de fuego.

Los ciclos de quemas en el páramo se pueden establecer entre 2-5 años (Keating, 2007).

Mientras más tiempo pasa después del fuego, más vegetación (combustible) se acumula. Se determinó que durante los primeros cinco años después del incendio más del 40% de los

cuadrantes de la parcela tienen penachos con altura menor a 20 cm y, la acumulación de biomasa de los penachos es menor. Después de cinco años de la quema hay mayor acumulación de hojas muertas y en más del 80% de los cuadrantes la vegetación supera los 20 cm de altura. Entre 3-5 años, la altura de la vegetación y el porcentaje de materia muerta acumulada son suficiente combustible para sostener una nueva quema (Ramsay y Oxley, 1996; Rodríguez-Beltrán y Vargas-Ríos, 2002).

Después del fuego la producción de hojas nuevas es permanente. En los penachos quemados se ven hojas nuevas en poco tiempo (Ramsay, 1992). Las hojas verdes fotosintéticas permiten el crecimiento de los penachos. Se determinó que durante el primer año de recuperación de los penachos predominan las hojas vivas (80% aprox.). A medida que transcurren los años hay acumulación de hojas muertas, pero la cantidad de hojas café en los penachos no sobrepasa el 60%. Al igual que los resultados del presente estudio, Verweij y Budde (1992) encontraron que en un sitio quemado al menos en cinco años el porcentaje de biomasa viva (hojas verdes) de los penachos es de 34% y en un sitio con edad de fuego entre 1-2 años la biomasa verde alcanzaba el 73%. El análisis de la cantidad de hoja viva en el presente estudio se realizó en función de la edad del fuego, sería interesante evaluar la variación de la cantidad de hoja viva en la paja a diferentes altitudes para determinar si la altitud influye en la producción y acumulación de hojas en los penachos.

A escala local, hay una alta variabilidad en la distribución y composición de la vegetación que se encuentra en diferentes estados de regeneración después del último fuego (Suarez y Medina, 2001). La heterogeneidad de la estructura de la vegetación luego del fuego depende de la distribución variable del fuego y de la variación de la temperatura durante el incendio (Ramsay, 2001). Además, la distribución heterogénea de la vegetación antes del incendio genera un mosaico de zonas no quemadas, parcialmente quemadas y totalmente quemadas (Vargas-Ríos, 1997). Sin embargo, en el presente estudio se observó que después de 8 años del incendio la vegetación local es más homogénea por lo que existe una menor dispersión de los datos de la proporción de PAR que llega bajo la vegetación. Además después de cinco años llega al suelo menos del 30 % de la luz total medida sobre el dosel. Según Ramsay y Oxley (1996) la recuperación de la vegetación del páramo tarda al menos cinco años, tiempo en el cual se recupera gran parte de la capa aislante de vegetación que bloquearía el paso de la radiación

hacia el suelo. El lugar que no había sido quemado en al menos 30 años (control) era una zona dominada por arbustos, como el lugar sin disturbio presentado por Suarez y Medina (2001).

A pesar de la correlación encontrada entre las variables y el tiempo transcurrido después del fuego, la paja no tiene potencial como un indicador de la historia del fuego. Con las características de las especies de los penachos de paja analizadas no hay precisión en la estimación de la edad del fuego como con la morfología de *Espeletia* (Ramsay, 2014) y la demografía de *Puya hamata* (García-Meneses y Ramsay, 2014). Con el pajonal se pueden establecer diferencias claras en tiempos amplios, por lo que permite determinar si la edad del fuego es mayor o menor a cinco años. El estudio realizado no cuenta con información sobre las características de los penachos a edades del fuego entre 3-5 años del fuego. La evaluación del desarrollo de los penachos entre 3-5 años después de fuego proporcionaría información que podría respaldar o modificar las correlaciones encontradas entre las variables. Además, permitirían determinar si existen diferencias marcadas antes y después de 5 años de sucesión.

El conocimiento de la historia de vida de las especies (fenología, forma de crecimiento, dinámica de las poblaciones) permite entender su comportamiento frente a los cambios ambientales y las respuestas a los disturbios (Silva, 1987 en Vargas 2000). En el caso de las variables de los penachos de paja, la altura de los penachos y la cantidad de radiación que llega bajo la vegetación permiten comprender la respuesta del pajonal frente a los incendios. Sin embargo no se encontró un patrón de cambio claro en función del tiempo después de la quema, por lo que no permiten determinar la edad del fuego con precisión.

## **Agradecimientos**

En el desarrollo del estudio contribuyó el Ministerio de Ambiente del Ecuador con el permiso de investigación N° MAE-DPAC-UPN-BD-1C-FLO-2015-004. Expreso mi sincero agradecimiento a Eduardo Torres, Alejandro Marchán, Maya Zomer, Anna Masters, Cheryl McAndrew, Juan Yépez y Pablo Paspuel por su apoyo en el campo. El estudio y la versión del manuscrito se desarrollaron con el acompañamiento permanente de Paul Ramsay.

## Referencias

- Aguilar, L. B. P. 2012. Effects of grazing and fire on herbaceous species in the Bolivian Altiplano. Doctoral dissertation, University of Basel.
- Amaya Villabona, D., y Armenteras Pascual, D. 2012. Fire Incidence on Vegetation in Cundinamarca and Bogota DC (Colombia) During the 2001-2010 Period. *Acta Biológica Colombiana*, 17, 143-158.
- Arno, S. F. 1996. The seminal importance of fire in ecosystem management -impetus for this publication. pp 3-6. En C. C. Hardy and S. F. Arno, editors. The use of fire in forest restoration. General Technical Report INT-GTR-341. USDA Forest Service, Intermountain Research Station, Ogden, Utah, USA.
- Bedoya Zuluaga, J. I. 2014. La auto-organización de comunidades vegetales de páramo luego de un disturbio por fuego: una herramienta para la restauración ecológica. Tesis de Maestría, Universidad Tecnológica de Pereira.
- Bond, W. J., y Keeley, J. E. 2005. Fire as a global 'herbivore': the ecology and evolution of flammable ecosystems. *Trends in Ecology y Evolution*, 20, 387-394.
- Bowman, D. M., Balch, J., Artaxo, P., Bond, W. J., Cochrane, M. A., D'Antonio, C. M., y Kull, C. A. 2011. The human dimension of fire regimes on Earth. *Journal of Biogeography*, 38, 2223-2236.
- Bustos Insuasti, A.M., 2008. Propuesta metodológica para monitorear incendios de la vegetación en áreas protegidas aplicadas a la Reserva Ecológica El Ángel. Tesis de Licenciatura, Pontificia Universidad Católica Del Ecuador, Quito.
- 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, 53-72.
- Camargo-García, J. C., Dossman, M. Á., Rodríguez, J. A., Arias, L. M., y Galvis-Quintero, J. H. 2012. Cambios en las propiedades del suelo, posteriores a un incendio en el Parque Nacional Natural de Los Nevados, Colombia. *Acta Agronómica*, 61, 151-165.

- Cárdenas-Arévalo, G., y Vargas, O. 2008. Rasgos de historia de vida de especies en una comunidad vegetal alterada en un páramo húmedo (Parque Nacional Natural Chingaza). *Caldasia*, 30, 245-264.
- Cleef, A. M. 2008. Influencia humana en los páramos. pp. 531-32. En: Patrocinio, J. (Eds.). *Memorias panorama y perspectivas sobre la gestión ambiental de los ecosistemas de páramo*. Colección asuntos ambientales N°5. Procuraduría general de la nación.
- Di Pasquale, G., Marziano, M., Impagliazzo, S., Lubritto, C., De Natale, A., y Bader, M. Y. 2008. The Holocene treeline in the northern Andes (Ecuador): first evidence from soil charcoal. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 259, 17-34.
- Dyer, A. R. 2002. Burning and grazing management in a California grassland: effect on bunchgrass seed viability. *Restoration Ecology*, 10, 107-111.
- Dyer, A. R. 2003. Burning and grazing management in a California grassland: growth, mortality, and recruitment of *Nassella pulchra*. *Restoration Ecology*, 11, 291-296.
- García-Meneses, P. M., y Ramsay, P. M. 2014. *Puya hamata* demography as an indicator of recent fire history in the paramo of El Ángel and Volcán Chiles, Ecuador-Colombia. *Caldasia*, 36, 53-69.
- Hofstede, R. 2001. El impacto de las actividades humanas sobre el páramo. Los páramos del Ecuador. Particularidades, problemas y perspectivas. *Abya Yala/Proyecto Páramo*, Quito, Ecuador, 161-185.
- Hofstede, R. G. M. 1995. Effects of burning and grazing on a Colombian páramo ecosystem. Doctoral dissertation, University of Amsterdam. En Cleef, A. M. 2008. *Influencia humana en los páramos*. pp. 531-32. En: Patrocinio, J. (Eds.). *Memorias panorama y perspectivas sobre la gestión ambiental de los ecosistemas de páramo*. Colección asuntos ambientales N°5. Procuraduría general de la nación.
- Hofstede, R. G. M., Chilito, E. J. P., y Sandovals, E. M. 1995a. Vegetative structure, microclimate, and leaf growth of a paramo tussock grass species, in undisturbed, burned and grazed conditions. *Vegetatio*, 119, 53-65.

- Hofstede, R. G., Mondragón X. M., y Rocha C.M. 1995b. Biomass of Grazed, Burned, and Undisturbed Páramo Grasslands, Colombia. I. Aboveground Vegetation. *Arctic and Alpine Research*, 27, 1-12.
- Hofstede, Robert et al. 2014. Los Páramos Andinos ¿Qué sabemos? Estado de conocimiento sobre el impacto del cambio climático en el ecosistema páramo. UICN, Quito, Ecuador.
- Hofstede, R., Segarra, P., Mena Vásquez, P., 2003. Los Páramos del Mundo. Proyecto Atlas Mundial de los Páramos. Global Peatland Initiative/NC-IUCN/EcoCiencia, Quito.
- Horn, H.S., Kappelle, M., 2009. Fire in the páramo ecosystems of Central and South America. En: Cochrane, M.A. (Ed.), *Tropical Fire Ecology: Climate Change, Land Use, and Ecosystem Dynamics*. Praxis, Chichester, UK, pp. 505–539.
- Humphrey, L. D. 1984. Patterns and mechanisms of plant succession after fire on Artemisia-grass sites in southeastern Idaho. *Vegetation*, 57, 91-101. En Vargas Ríos, O. 2000. Sucesión-regeneración del páramo después de quemadas. Tesis doctoral, Universidad Nacional de Colombia.
- Huston, M., y Smith, T. 1987. Plant succession: life history and competition. *American Naturalist*, 130, 168-198.
- Keating, P. L. 1998. Effects of anthropogenic disturbances on páramo vegetation in Podocarpus National Park, Ecuador. *Physical Geography*, 19, 221-238.
- Keating, P. L. 2007. Fire ecology and conservation in the high tropical Andes: observations from northern Ecuador. *Journal of Latin American Geography*, 6, 43-62.
- Laegaard, S., 1992. Influence of fire in the grass páramo vegetation of Ecuador. In: Balslev, H., Luteyn, J.L. (Eds.), *Páramo: An Andean Ecosystem under Human Influence*. Academic Press, London, pp. 151–170.
- League, B. L., y Horn, S. P. 2000. A 10 000 year record of Paramo fires in Costa Rica. *Journal of Tropical Ecology*, 16, 747-752.
- León-Yáñez, Susana. 2000. La Flora de los Páramos del Ecuador. En: *La Biodiversidad de los Páramos*. Serie Páramo 7. GTP/ Abya Yala. Quito.
- Luteyn, J.L., 1999. Páramos: A Checklist of Plant Diversity, Geographical Distribution and Botanical Literature. The New York Botanic Garden, New York.

- Myers, R. L. 2006. Living with fire. Sustaining ecosystems and livelihoods through integrated fire management. The Nature Conservancy, Arlington, VA, USA.
- Myers, R.L. 2007. Ecology: An integral part of fire management in cultural landscapes. Fourth International Wildfire Conference 2007, Seville, Spain. Key Note Address.
- Poulenard, J., Podwojewski, P., Janeau, J. L., y Collinet, J. 2001. Runoff and soil erosion under rainfall simulation of Andisols from the Ecuadorian Páramo: effect of tillage and burning. *Catena*, 45, 185-207.
- Premauer, J., y Vargas, O. 2004. Patrones de diversidad en vegetación pastoreada y quemada en un páramo húmedo (Parque Natural Chingaza, Colombia). *Ecotrópicos*, 17, 52-66.
- Ramsay, P. M. 1992. The páramo vegetation of Ecuador: the community ecology, dynamics and productivity of tropical grasslands in the Andes. Doctoral dissertation, University of Wales (U. C. N. W., Bangor: Biological Sciences).
- Ramsay, P.M., 1999. Landscape mosaics in the High Andes: the role of fire in paramocommunities. En: Kovár, P. (Ed.), *Nature and Culture in Landscape Ecology: Experiences for the 3rd Millennium*. The Karolinum Press, Prague, pp. 192–199.
- Ramsay, P.M., 2001. The zonal páramo vegetation of Volcán Chiles. En: Ramsay, P.M. (Ed.), *The Ecology of Volcán Chiles: High-Altitude Ecosystems on the Ecuador–Colombia border*. Pebble y Shell, Plymouth, pp. 27–38.
- Ramsay, P. M. 2014. Giant rosette plant morphology as an indicator of recent fire history in Andean páramo grasslands. *Ecological Indicators*, 45, 37-44.
- Ramsay, P. M., y Oxley, E. R. B. 1996. Fire temperatures and postfire plant community dynamics in Ecuadorian grass páramo. *Vegetatio*, 124, 129-144.
- Rangel Ch, J.O., 2000. Colombia, *Diversidad Biótica III. La región de vida paramuna*. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Rodríguez, F., y Behling, H. 2011. Late Holocene vegetation, fire, climate and upper forest line dynamics in the Podocarpus National Park, southeastern Ecuador. *Vegetation History and Archaeobotany*, 20, 1-14.
- Rodríguez-Beltrán, W., y Vargas-Ríos, O. 2002. Estrategias de regeneración postquema en áreas de vegetación altoandina tipo matorral. *Pérez Arbelaezia*, 13, 9-32.

- Silva, J. F. 1987. Dynamics. Responses of savannas to stress and disturbance: Species dynamics. IUBS MONOGR. SER. 1987. En Vargas Ríos, O. 2000. Sucesión-regeneración del páramo después de quemadas. Tesis doctoral, Universidad Nacional de Colombia.
- Sklenar, P., y Ramsay, P. M. 2001. Diversity of zonal páramo plant communities in Ecuador. *Diversity and Distributions*, 7, 113-124.
- Stewart, K. E. J., Bourn, N. A. D., y Thomas, J. A. 2001. An evaluation of three quick methods commonly used to assess sward height in ecology. *Journal of Applied Ecology*, 38, 1148-1154.
- Suárez, E., y Medina, G. 2001. Vegetation structure and soil properties in Ecuadorian páramo grasslands with different histories of burning and grazing. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*, 158-164.
- Valdospinos Navas, C.M., 2008. Aplicación del modelo de mapeo del peligro de incendio forestal usando Sistemas de Información Geográfica para evaluar el peligro de incendios de la vegetación en el páramo. En: Estudio de caso: Reserva Ecológica El Ángel, Escuela de Geografía. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito, pp. 77.
- Valencia, J., Lassaletta, L., Velázquez, E., Nicolau, J. M., y Gómez-Sal, A. 2013. Factors controlling compositional changes in a northern Andean páramo (La Rusia, Colombia). *Biotropica*, 45, 18-26.
- Vargas, O. 1997. Un modelo de sucesión-regeneración de los páramos después de quemadas. *Caldasia*, 19, 331-345.
- Vargas, O. 2000. Sucesión-regeneración del páramo después de quemadas. Tesis doctoral, Universidad Nacional de Colombia.
- Vargas, O. 2011. Los regímenes de estrés y disturbio en los páramos andinos. En C. Vásquez y L. Rodríguez. *Revista Colombia tiene Páramos*. No. 1/2011.
- Vargas, O., Premauer, J., y Cárdenas, C. 2002. Efecto del pastoreo sobre la estructura de la vegetación en un páramo húmedo de Colombia. *Ecotrópicos*, 15, 35-50.
- Velásquez Romo, M. X. 2000. Assesment of vegetation recovery patterns along a post-fire chronosequence in the páramo del Antisana, Ecuador. *Environmental Science and Forestry*. University of New York.

- Verweij, P. A., y Budde, P. E. 1992. Burning and grazing gradients in páramo Vegetation: Initial ordination analyses. En: Balslev, H., Luteyn, J.L. (Eds.), *Páramo: An Andean Ecosystem under Human Influence*. Academic Press, London, pp. 177–196.
- Villota, A., y Behling, H. 2014. Late Glacial and Holocene Environmental Change Inferred from the Páramo of Cajanuma in the Podocarpus National Park, Southern Ecuador. *Caldasia*, 36, 345-364.
- White, S. 2013. Grass páramo as hunter-gatherer landscape. *The Holocene*, 23, 898-915.

## Figuras

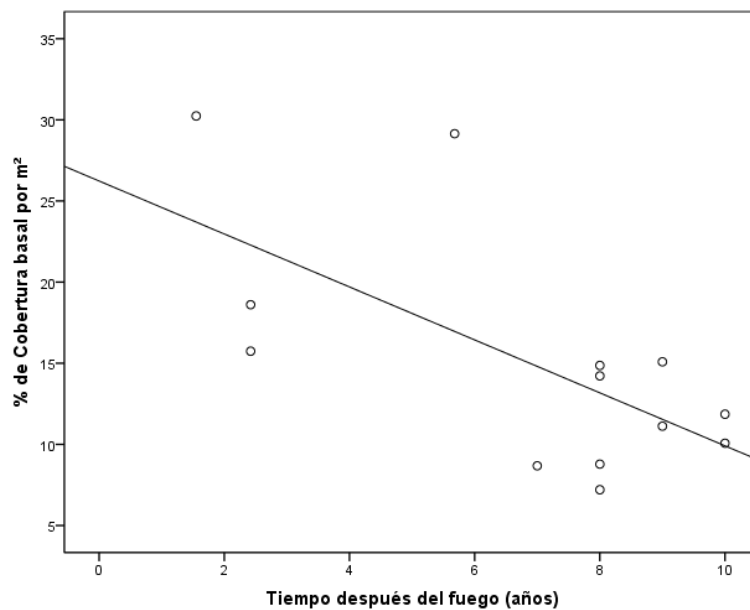


Fig. 1. Relación entre el tiempo después del fuego y el porcentaje de cobertura basal que existió por metro cuadrado en 13 transectos (ecuación de la recta y =  $-1,632x + 26,229$ ). No se incluye el dato del transecto que se quemó hace 0,5 años debido a que los rebrotes no formaban penachos identificables.

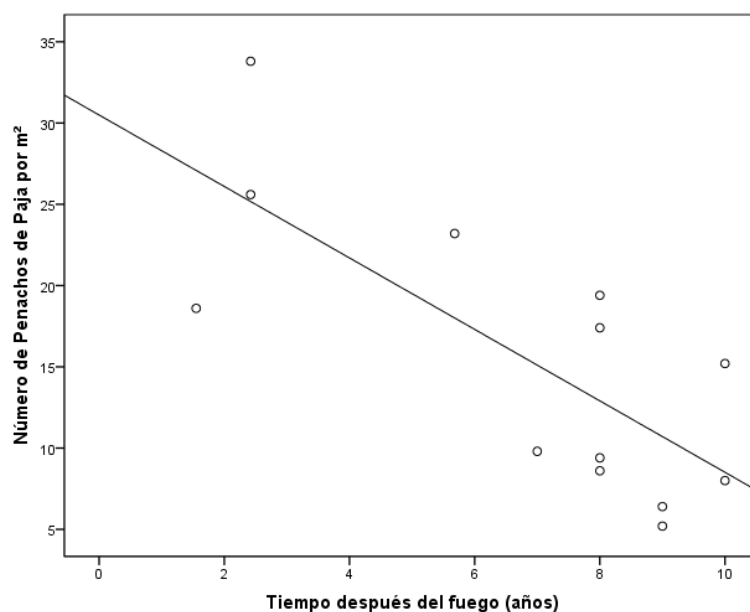


Fig. 2. Relación entre el tiempo que había transcurrido después del incendio y el número de penachos de paja por m<sup>2</sup> en 13 transectos (ecuación de la recta y =  $-2,198x + 30,492$ ). No se

incluye el dato del transecto que se quemó hace 0,5 años debido a que los rebrotes no formaban penachos identificables.

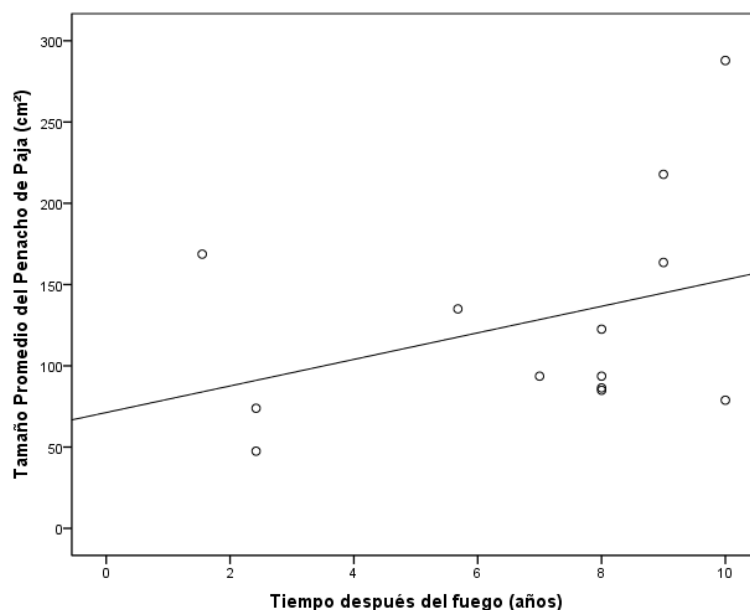


Fig. 3. Relación entre el tiempo que había transcurrido después del incendio y el tamaño promedio del penacho de paja en 13 transectos evaluados (ecuación de la recta  $y = 8,170x + 71,286$ ). No se incluye el dato del transecto que se quemó hace 0,5 años debido a que los rebrotes no formaban penachos identificables.

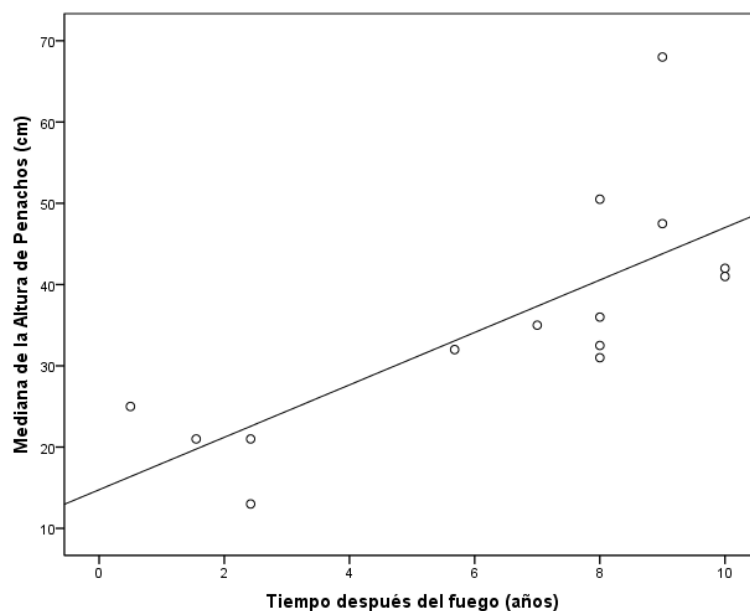


Fig. 4. Relación entre el tiempo que había transcurrido después del incendio y la mediana de la altura de los penachos en 14 transectos evaluados (ecuación de la recta  $y = 3,226x + 14,755$ ).

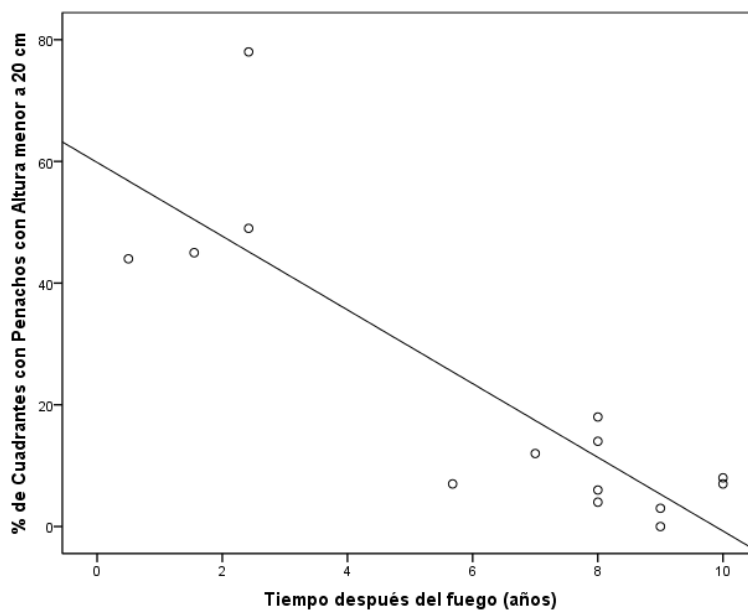


Fig. 5. Relación entre el tiempo que había transcurrido después del incendio y el porcentaje de cuadrantes con penachos que tienen altura menor a 20 cm en 14 transectos evaluados (ecuación de la recta  $y = -6,058x + 59,827$ ).

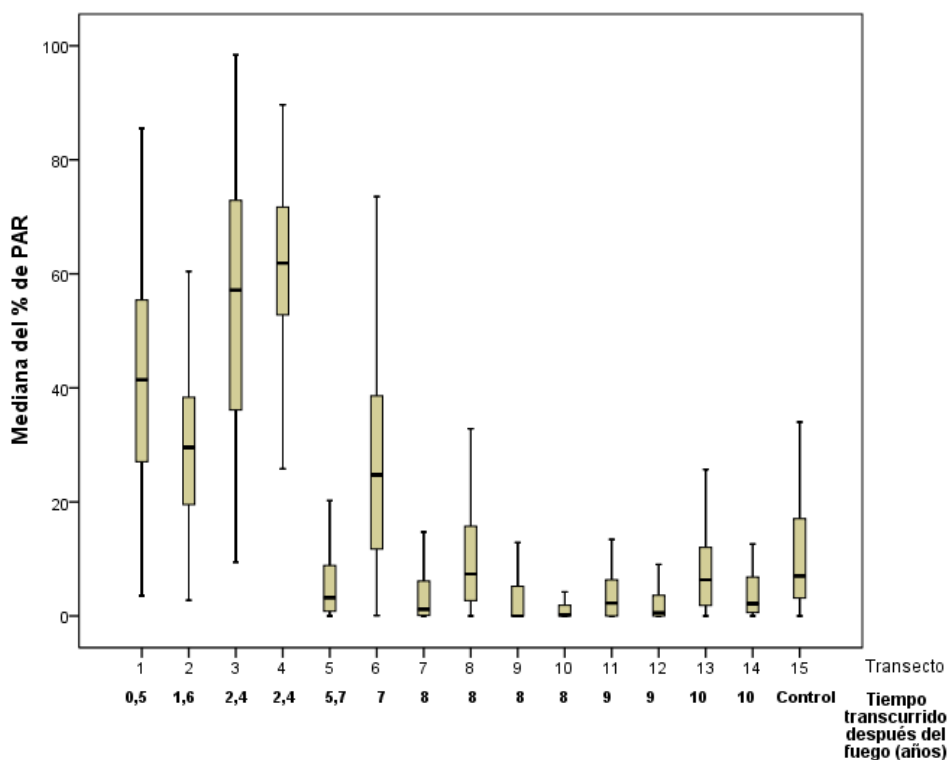


Fig. 6. Mediana de los porcentajes de PAR que llega bajo la vegetación de los 15 transectos evaluados en los páramos del Norte del Ecuador. En los diagramas de caja se puede observar cuartiles, valores mínimo y máximo, y la mediana para cada transecto.

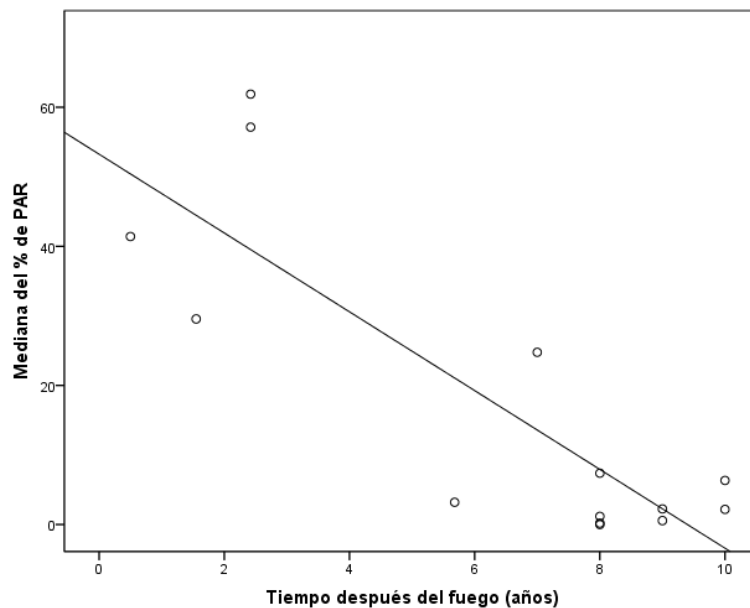


Fig. 7. Relación entre el tiempo que había transcurrido después del incendio y la mediana del porcentaje de PAR que ingresa bajo la vegetación en 14 transectos evaluados (ecuación de la recta  $y = -5,665x + 53,247$ ).

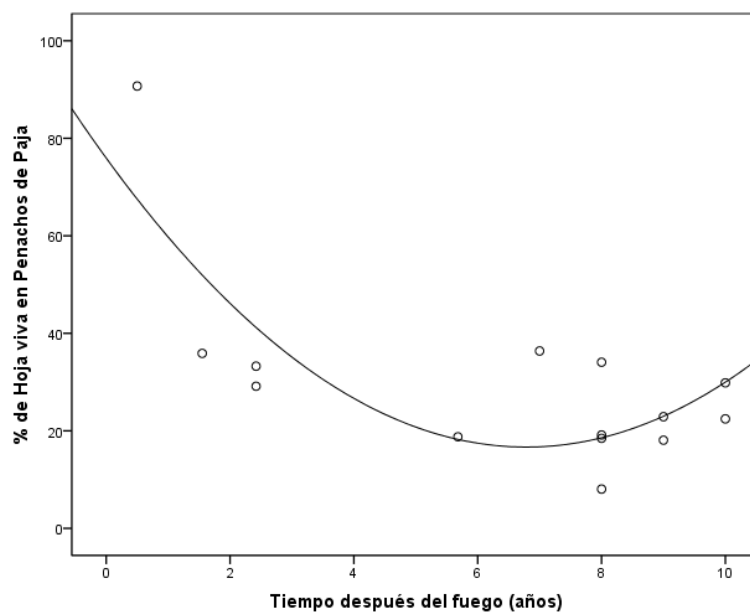


Fig. 8. Relación entre el tiempo que había transcurrido después del incendio y la cantidad de hoja viva en los penachos de 14 transectos evaluados (ecuación de la curva  $y = 1,2879x^2 - 17,474x + 75,945$ ).

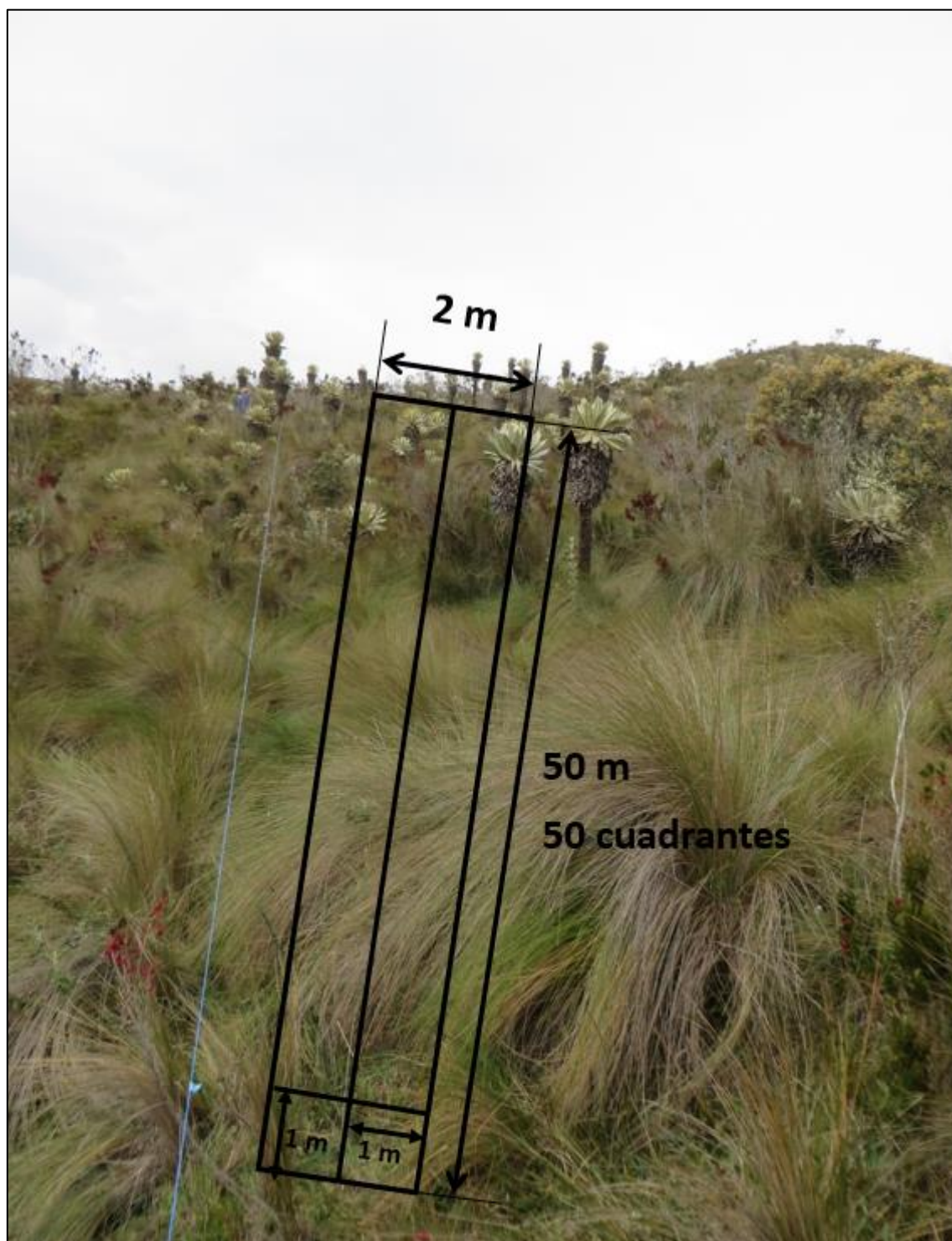
## Tablas

Tabla 1. Características y ubicación de los 15 transectos evaluados en los páramos del Norte del Ecuador. La frecuencia de la paja indica el porcentaje de cuadrantes de 1 m x 1 m que tenían penachos de paja de los 100 cuadrantes del transecto.

LOCALIZACIÓN	AÑO DEL INCENDIO	TRANSECTOS EVALUADOS	COORDENADAS UTM		ALTITUD (m)	FRECUENCIA DE PAJA (%)
La Bretaña	2012	2	18 N 199488	63999	3635	100
			18 N 199678	64005	3672	99
	2013	1	18 N 200215	64146	3739	99
El Ángel	Control	1	18N 0181155	75136	3634	79
	2005	2	18N 0179698	75440	3824	100
			18N 0180704	74293	3677	100
	2006	2	18N 0179551	74412	3661	100
			18N 0177677	86315	3563	100
	2007	4	18N 0180419	74753	3703	100
			18N 0180013	75077	3739	99
			18N 0179390	74294	3680	99
			18N 0177694	86544	3639	100
	2008	1	17N 0833711	77915	3530	100
	2009	1	18N 0180570	75020	3688	100
2014	1	18N 0179907	71490	3493	100	

## Anexos

### Anexo 1. Diseño de las parcelas



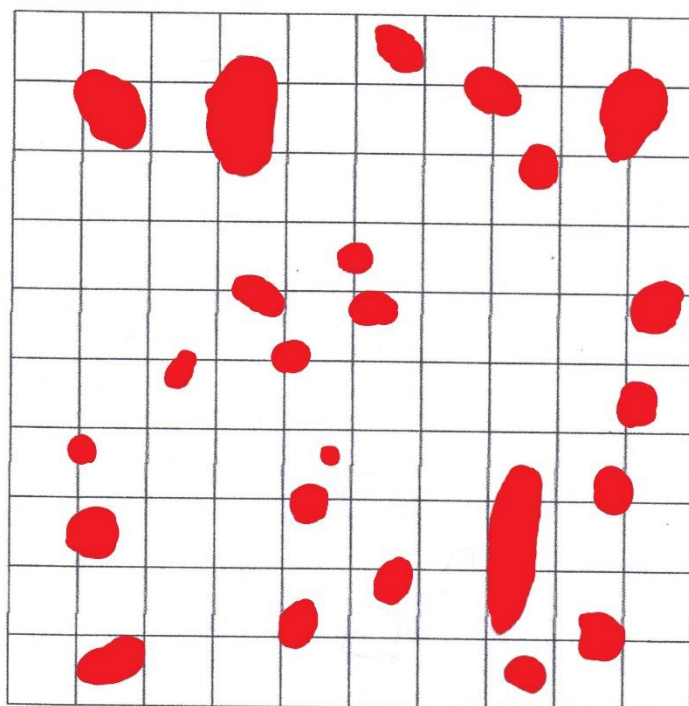
## Anexo 2. Gráfico de la cobertura basal de un cuadrante pintado en Paint.

PARCELA: ..... T02 .....

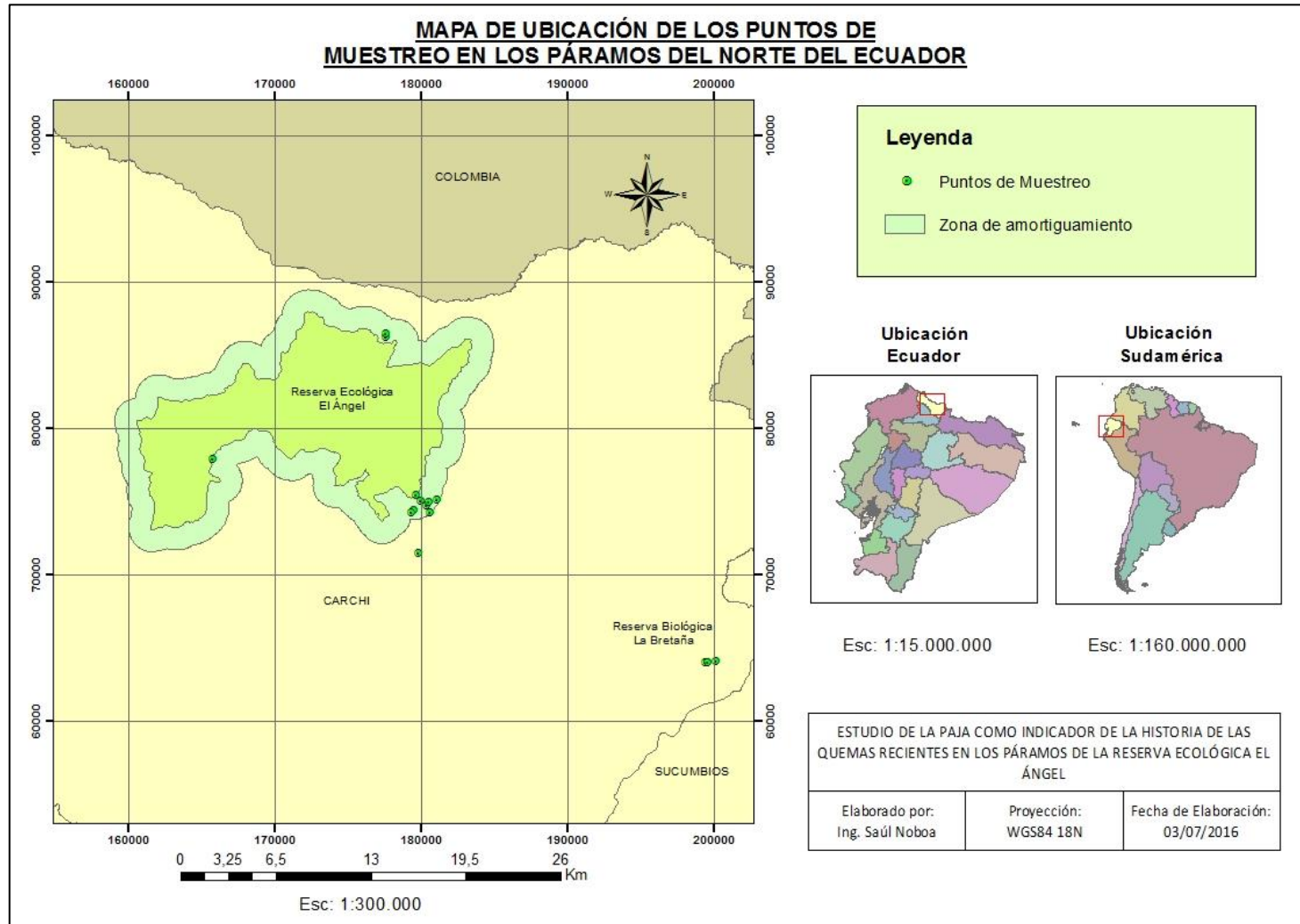
METROS: ..... 5m .....

LUGAR: ..... La Brelaña .....

FECHA: ..... 28/02/2015 .....



Anexo 3. Mapa de ubicación de los sitios de muestreo.



## Normas para la preparación de los manuscritos

Los autores están invitados a someter sus manuscritos en la revista La Granja, ya sea en español o en inglés. Así, con el objetivo de acelerar el proceso de edición y publicación, los autores deben seguir los lineamientos, puesto que los manuscritos que no los sigan serán rechazados o regresados para que se realicen las correcciones pertinentes.

### Originalidad

1. Al ingresar un manuscrito a La Granja el sistema exige que el autor confirme que el material entregado es inédito y original, que no ha sido publicado anteriormente en forma impresa o electrónica y que no se presentará a ningún otro medio antes de conocer la decisión de esta revista.

### Presentación

2. Los manuscritos deben ser presentados directamente vía virtual portal web de la revista La Granja: <http://lagranja.ups.edu.ec>

### Requerimientos técnicos

3. Los artículos pueden estar escritos sobre Microsoft Word (.doc o .docx) o  $\text{\LaTeX}$  (.tex). Las plantillas a ser utilizadas en los artículos, así como los paquetes requeridos para su presentación en  $\text{\LaTeX}$  pueden ser descargados del sitio web de la revista (<http://lagranja.ups.edu.ec>).
4. Presente las ilustraciones y tablas numeradas secuencialmente incluyendo una descripción explicativa para cada una. Las ecuaciones a las cuales se haga referencia en el artículo también deberán estar numeradas.
5. Cuando presente el artículo, usted no debe intentar diseñar el manuscrito. Use un tamaño de

letra de 12 puntos en todo el manuscrito. No justifique el margen derecho. El único formato requerido es que los nombres en latín de los organismos deben estar en itálicas.

6. Use un espacio después de punto, comas y signos de interrogación.
7. Use doble 'enter' al final de cada párrafo, título o encabezamiento. No use 'enter' en ningún otro lugar, deje al programa procesador de palabras romper las líneas en otros lugares.
8. No centre encabezamientos o subencabezamientos, déjelos estar nivelados a la izquierda.
9. Las tablas deben estar creadas en el mismo programa usado para el cuerpo del texto, pero deben estar guardadas en un archivo separado. Use tabuladores, no espacios, para crear columnas. Recuerde que el tamaño final de las páginas impresas serán de casi  $19,2 \times 26,2$  cm, entonces sus tablas deben estar diseñadas para ajustarse al espacio de la impresión final.

### Componentes del manuscrito

10. El manuscrito debe ser de no más de 5.000 palabras de extensión e incluir algunos o todos los siguientes elementos:
  - Título
  - Resumen
  - "Abstract"
  - Palabras clave
  - Introducción
  - Materiales y métodos (incluyendo área de estudio)
  - Resultados
  - Discusión
  - Agradecimientos

- Referencias
  - Títulos de figuras y tablas
11. La 'Página título' debe incluir la siguiente información: a) El título del artículo, b) El nombre completo del autor o de los autores, c) Filiación y dirección del autor o de los autores, incluyendo teléfono, fax y correo electrónico, y d) Si hay más que un autor, indicar quien es el autor corresponsal a quien la correspondencia debe ser enviada.
  12. El 'Resumen' y el 'Abstract' deben ser en español y en inglés, respectivamente en todos los manuscritos, porque es imprescindible incluirlos en las dos lenguas. El 'Resumen' y el 'Abstract' debe ser de un solo párrafo, corto y conciso (máximo de 250 palabras) y resumir los resultados del artículo. Deben ser informativos no indicativos, por ejemplo; diga "En Ecuador todas las Juncaceae crecen entre los 1.000 y 4.500 msnm de altitud, la mayoría sobre los 2.500 msnm" lo cual es informativo. No diga "Los límites altitudinales de las especies ecuatorianas de Juncaceae son discutidos y sus límites están dados" lo cual es indicativo.
  13. Las palabras clave serán de tres a seis y representarán los principales temas del artículo, deberán ser colocadas al final del resumen.
  14. Las secciones de 'Introducción', 'Materiales y métodos', 'Resultados' y 'Discusión' del artículo pueden quedar mejor si están divididas en diferente forma. Si el artículo describe un estudio efectuado en un área particular, ésta debe ser descrita en un subencabezamiento bajo 'Materiales y métodos'. Los 'Resultados' y la 'Discusión' pueden ser en algunos casos combinados.
  15. Los agradecimientos deberán estar solamente en un párrafo al final del artículo y ser cortos.
  16. La sección de 'Referencias' debe incluir todas las publicaciones referidas en el texto. No se debe incluir reportes no publicados u otro tipo de información que no es posible obtener. Las tesis deben citarse únicamente cuando estén disponibles para consulta en una biblioteca. En el texto las referencias deben seguir el sistema 'nombre - fecha' en orden cronológico por ejemplo: Whitmore (1984), Van der Maarel

*et al.*, (1987), Olsen y Balslev (1990), Laegaard (1992). Dos o más referencias citadas en el mismo sitio del texto deben ser arregladas cronológicamente y no alfabéticamente, por ejemplo: Acosta Solís (1982, 1992), Estrella (1983, 1986, 1989, 1991, 1995).

17. La sección de Referencias deberá incluirse en un archivo aparte sobre L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X, proporcionando un archivo de información bibliográfica (.bib); o si el artículo está escrito sobre Microsoft Word u otro procesador de texto, añadir una tabla en Microsoft Excel (.xls o.xlsx). Ejemplos de ambos archivos pueden descargarse de la página web de la revista (<http://lagranja.ups.edu.ec>). De esta manera, el formato de la revista para las referencias se coloca automáticamente, tal como se muestra en algunos ejemplos a continuación:

## Referencias

- Granados, R. y M. Villaverde. 2002. **Microbiología**, tomo II. Parafino S.A., segunda edición.
- Merino, A. 2010. **Métodos topológicos para teoría cuántica**. En: **Cuarto encuentro de Física**, Escuela Politécnica Nacional.
- Noriega, P., P. Coba, J. Naikiai y J. Abad. 2011. **Extracción, pruebas de estabilidad y análisis químico preliminar de la fracción colorante obtenida a partir del exocarpo del fruto *Renealmia alpinia***. La Granja, 13(1): 13–20.
- Ramirez, R. 2000. **Autocriticalidad de los incendios forestales**. Tesis Doctoral, Universidad Nacional de Estudios a Distancia.
- UICN. 2007. **Lista Rápida para plantas de la UICN. Programa de Especies**. URL (<http://www.iucn.org>), consulta: 10 de abril de 2008.

Si tiene dudas acerca de cómo citar otro tipo de material, contáctese con los editores.

18. Tanto la sección de 'Títulos de figuras' como la de 'Encabezamientos de tablas' deben empezar en una nueva página. Numerar las figuras secuencialmente con números arábigos (1,2,3,...)

en el orden en que deben aparecer en el texto. Numerar las tablas secuencialmente con números arábigos (1,2,3,..) en el orden en que deben aparecer en el texto. Cuando escriba los títulos de figuras y los encabezamientos de tablas, asegúrese de que cada una de las figuras y tablas sean auto-comprensibles, por ejemplo: sin tener que regresar a leer el texto de nuevo.

### Preparación de las figuras

19. Las figuras pueden ser dibujos lineales, mapas, o fotografías de medios tonos en blanco y negro o a color en resolución de 300 dpi.
20. No combine fotografías y dibujos lineales en la misma figura.
21. Diseñe las figuras para que se ajusten eventualmente al tamaño final de la revista  $19,2 \times 26,2$  cm. Asegúrese de que las inscripciones o detalles, así como las líneas, tengan tamaños y grosores adecuados de tal manera que no queden ilegibles cuando sean reducidos a su tamaño final (números, letras y símbolos deben ser reducidos al menos a 2,5 mm de altura después que las ilustraciones han sido reducidas para ajustarse a la página impresa). Idealmente, las ilustraciones lineales deben ser preparadas a aproximadamente a un cuarto de su tamaño final de publicación, ejemplo:  $4,7 \times 6,5$  cm.
22. Diferentes elementos en la misma figura deben ser deletreados a, b, c, d, etcétera.
23. Las fotografías deben gravarse con alto contraste y en alta resolución. Recuerde que las fotografías frecuentemente pierden contraste en el proceso de impresión.
24. Dibujos lineales y mapas deben ser preparados con tinta negra.
25. El texto en las figuras y mapas debe escribirse con letras fácilmente legibles, por ejemplo con el tipo Arial.
26. Si las figuras han sido previamente usadas, es la responsabilidad del autor el obtener el permiso correspondiente para evitar problemas posteriores relacionados con los derechos de autor.
27. Cada figura debe ser entregada en un archivo aparte, ya sea como mapa de bits (.jpg, .bmp, .gif, o .png) o como gráfico vectorial (.ps, .eps o .pdf).

### Procedimiento editorial

28. Cuando el manuscrito ha sido recibido por el editor pasa por dos procesos de selección. El primero se lleva a cabo dentro de un Consejo Editorial Interno que determinará la pertinencia y solvencia científica del manuscrito.
29. Si el manuscrito es aprobado, pasará al segundo proceso dentro del Consejo Editorial Externo, el cual está conformado por expertos de instituciones extranjeras, con reconocimiento internacional.
30. Si el artículo no es aceptado, será devuelto al autor.
31. Si el artículo es aceptado para publicación, los editores combinarán los comentarios de los tres revisores con sus propios comentarios editoriales y regresarán el manuscrito al autor principal para su revisión final. El autor debe entonces realizar las correcciones y cambios necesarios. Usualmente el tiempo dado para cambios no será mayor a dos semanas.
32. Cuando el manuscrito corregido es regresado a los editores ellos harán la copia-edición y enviarán a la editorial.
33. Después que el manuscrito ha sido formateado para publicación una prueba de impresión ('page proofs') será enviado al autor para corregir errores y para su aprobación. En este punto, no será posible hacer cambios en el manuscrito, sino solamente corregir errores. El autor debe retornar la prueba de impresión a los editores máximo una semana después de haberla recibido.
34. La editorial hará las correcciones necesarias al manuscrito. En este punto, si es necesario, una segunda prueba de impresión puede ser enviada al autor correspondiente, pero usualmente esto no ocurrirá.
35. Los editores combinarán todos los manuscritos de acuerdo al tema en el volumen de la revista.

### Comentarios finales

36. La velocidad de publicación del volumen de la revista depende de la calidad de colaboración entre los autores de los manuscritos, los revisores, la imprenta, y los editores. Cada vez que uno de los autores toma más tiempo del necesario para contestar a un requerimiento, el proceso entero será afectado.

37. La revista La Granja publica dos volúmenes por año, esto depende de que los manuscritos sean presentados a tiempo y de la reacción rápida de los autores, revisores y editorial a lo largo de todo el proceso de edición del volumen, los artículos y correcciones fuera de tiempo serán descartados.

## Guidelines for paper submission

The authors are invited to submit their manuscripts in either Spanish or English for “La Granja” journal. In order to speed up the editing process and publishing, authors must follow these guidelines. Manuscripts that do not follow the guidelines will be rejected or returned to the authors for correction before any decision is taken as to their acceptance for publication.

### Originality

1. By submitting a manuscript to La Granja, the system requires the author to confirm that the deliver material is original, not been published previously in print or electronic format; and not be submitted to any other media before knowing the decision of this journal.

### Submission

2. Manuscripts must be submitted directly to La Granja website: (<http://lagranja.ups.edu.ec>)

### Technical requirements

3. Articles can be written on Microsoft Word (.doc or .docx) or  $\LaTeX$  (.tex). Templates to be used in articles, as well as attached packages required for submission in  $\LaTeX$  can be downloaded from the journal web site (<http://lagranja.ups.edu.ec>).

4. Submit illustrations and tables sequentially numbered including an explanatory descrip-

tion for each one. The equations which referred in to the article should also be numbered.

5. When presenting the article you should not attempt to design the text. Use 12 points letters throughout the text. Do not justify the right margin. The only formatting requested is that Latin names of organisms should be in italics.

6. Use one space after point, comma, and question marks.

7. Use double enter at the end of each paragraph, title or heading. Don't use enter anywhere else, let the word processor program break lines where necessary.

8. Do not center headings or subheadings: let them stay flush left.

9. Tables should be created in the same program used for the text, but they must be stored on a separate file. Use tab stops, not spaces, for creating columns. Remember that the final size of the printed pages will be  $19,2 \times 26,2$  cm, so your tables should be designed to fit into that space in the final typesetting.

### Parts of the manuscript

10. The manuscript should include some or all of the following elements and do not exceed 5.000 words:

- Title
- “Resumen”

- Abstract
  - Key words
  - Introduction
  - Materials and methods (incl. Study area)
  - Results
  - Discussion
  - Acknowledgements
  - References
  - Figure captions
11. The Title page should include the following information: a) the title of the paper, b) The full name of the author(s), c) Current author(s) affiliation and address including phone, fax and email, and d) If there is more than one author, indicate to whom the correspondence should be sent.
  12. The “Resumen” and Abstract should be respectively in Spanish and English in all manuscripts. The “Resumen” and Abstract should consist of a single paragraph, short and concise (no more than 250 words) and summarize the results of the paper. They should be informative and not indicative, for instance say “In Ecuador all species of Juncaceae grow between 1000 and 4500 meters altitude, most of them above 2500 meters” which is informative. Do not say “The altitudinal limits of Ecuadorian species of Juncaceae are discussed and their limits are given” which is indicative.
  13. The key words should be from three to six and will represent the main topics of the paper, should be placed at the end of the Abstract.
  14. The Introduction, Materials and Methods, Results and Discussion sections of the papers may in some cases be better divided differently. If the paper describes a study carried out in a particular area, this should be described in a sub-heading under Materials and Methods. Results and Discussion may in some cases be combined.
  15. All acknowledgements should be under a single paragraph and keep them short.
  16. The Literature Cited section should include all publications referred in the text. It should not include unpublished reports or other sorts

of unavailable information. Thesis should be cited only when available in a library. In the text, references should follow the “name and date system”, for instance: Whitmore (1984), Van der Maarel et al., (1987), Olsen y Balslev (1990); Laegaard (1992). Two or more references cited in the same place in the text should be arranged chronologically and not alphabetically, for instance: Acosta-Solís (1982, 1992), Estrella (1983, 1986, 1989, 1991, 1995).

17. The References section should be included in a separate file on L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X, by providing a file of bibliographic information (.bib); or if the article is written on Microsoft Word or another word processor, add a table in Microsoft Excel (.xls o .xlsx). Examples of both files can be downloaded from the website of the journal (<http://lagranja.ups.edu.ec>). Using this way, the format for references of the journal is automatically generated as shown in examples below:

## References

- Granados, R. y M. Villaverde. 2002. **Microbiología**, tomo II. Parafino S.A., segunda edición.
- Merino, A. 2010. **Métodos topológicos para teoría cuántica**. En: **Cuarto encuentro de Física**, Escuela Politécnica Nacional.
- Noriega, P., P. Coba, J. Naikiai y J. Abad. 2011. **Extracción, pruebas de estabilidad y análisis químico preliminar de la fracción colorante obtenida a partir del exocarpo del fruto Renealmia alpinia**. La Granja, 13(1): 13–20.
- Ramirez, R. 2000. **Autocriticalidad de los incendios forestales**. Tesis Doctoral, Universidad Nacional de Estudios a Distancia.
- UICN. 2007. **Lista Rápida para plantas de la UICN. Programa de Especies**. URL (<http://www.iucnsis.org>), consulta: 10 de abril de 2008.

If you have questions about how to cite any other material, contact the editors.

18. The sections: "Figure captions" and "Table headings" should both start on a new page. Number the figures consecutively with Arabic numbers (1, 2, 3,...) in the order they should appear in the text. Number consecutively the tables with Arabic numbers (1, 2, 3,...) in the order they should appear in the text. When writing figure captions and table headings, make sure each one is understandable without reference to the text.

### Preparation of Figures

19. Figures may consist of line drawings, maps, or half tone black and white or color photographs in 300 dpi resolution.
20. Do not combine photographs and line drawings in the same figure.
21. Design figures so they will eventually fit the final size of the journal (19,2 × 26,2 cm). Make sure that the lettering or details have proper size so they will not be illegible when reduced to that size (numbers, letters, and symbols should be at least 2,5 mm high after the illustrations have been reduced to fit the printed page). Ideally, illustrations should be prepared at one and a quarter size of the final publication size, for instance: 4,7 × 6,5 cm.
22. Different elements in the same figure should be lettered a, b, c, d, etcétera.
23. Photographs should be saved in high contrast and resolution.
24. Lineal drawings and maps should be prepared with black ink.
25. Text in figures and maps should use easily readable lettering, for instance Arial.
26. If figures have been previously used, is the author's responsibility to obtain permission from the copyright owner if applicable.
27. Each figure must be sent in a separate file, either as a bitmap (.jpg, .bmp, .gif, or .png) or as a vector graphic (.ps, .eps or .pdf).

### Editorial procedures

28. When the manuscript has been received by the editor go through two selection processes.

The first in a Internal Editorial Board which will determine the scientific relevance of the manuscript.

29. If the manuscript was aproved, it pass to the external Editorial Board, consisting of referees of other universities with international recognition.
30. If the paper is not acceptable it will be returned to the author.
31. If the paper is acceptable for publication, the editors will combine the comments of the three reviewers with their own editorial comments and will return the manuscript to the current author. The author must then make the changes. Usually the time given for corrections is no more than 15 days.
32. When the corrected paper is returned to the editors they will copy-edit and send it to the editorial.
33. After the manuscript has been formatted for publication a print out ("page proofs") will be sent to the author for correction and approval. At this point it will not be possible to make changes to the manuscript, but only to correct errors. The author should return the page proof to the editors within a week.
34. The editorial will make the needed corrections to the manuscript. If necessary a second page proof may be sent to the author at this point, but usually this will not be the case.
35. The editors will combine all the manuscripts according to the topic in the journal volume.

### Final remarks

36. The speed of the journal publication depends on the quality of the collaboration between the authors of the manuscripts, the reviewers, the editorial, and the editors. Every time one of these authors take longer than needed to answer to the request, the entire process will be slowed down.
37. "La Granja" journal publishes two numbers each year, but it depends on having the manuscripts on time and on the prompt response of the authors, reviewers and editorial along the editing process.