



Caracterización de los lepidópteros fitófagos asociados a la herbivoría de frailejones en la microcuenca de la quebrada Calostros del Parque Nacional Natural Chingaza

Cristian Salinas

Universidad Jorge Tadeo Lozano

mijin_1234@hotmail.com

Luz Stella Fuentes

Universidad Jorge Tadeo Lozano

luz.fuentes@utadeo.edu.co

Linda Hernández

Universidad Jorge Tadeo Lozano

lindac.hernandezd@utadeo.edu.co

Resumen

El ecosistema de páramo es uno de los más sensibles al cambio climático y a la alteración en el uso de suelo. Estos cambios generan modificaciones fisiológicas en las especies y en sus ciclos de vida; aumentan la posibilidad de las plantas de ser atacadas por organismos patógenos y de perder la oportunidad de colonizar nuevos nichos. Recientemente se ha reportado sobre *Espeletia* sp. herbivoría a causa de insectos fitófagos y hongos que la llevan a la mortalidad. El conocimiento de la biología y el efecto sobre las plantas de estos insectos, contribuirá a la toma de decisiones relacionadas con la gestión ambiental, monitoreo, manejo sostenible y preservación del ecosistema. Este estudio fue realizado en la microcuenca de la quebrada Calostros del Parque Nacional Natural Chingaza, con el fin de determinar los insectos del orden lepidóptera asociados con el daño en las estructuras vegetativas de los individuos del género *Espeletia* sp., así mismo caracterizar la sintomatología vinculada con el daño que pueden producir estos insectos sobre las plantas de frailejón en diferentes alturas. Esto mediante la colecta manual de larvas y el seguimiento en 30

frailejones durante un periodo de seis meses. Se observaron tres larvas de orden lepidóptera afiliadas al daño sobre *Espeletia* sp., no obstante, solo una se encuentra ampliamente distribuida y ocasiona deterioro severo sobre los frailejones. Esta fue identificada como *Hellinsia* sp. (especie no reportada) responsable de la mayor lesión al meristemo apical de las plantas. Entre los perjuicios que ocasiona el insecto *Hellinsia* sp., se resalta la pérdida de tejidos, clorosis severa y deformación de las hojas. Ahora bien, se observó que los individuos de *Espeletia* sp. pueden tener la capacidad de continuar con su desarrollo normal después de ser hospederos de las larvas de *Hellinsia* sp.

Palabras clave: páramo, *Hellinsia* sp., herbivoría por insectos.

Abstract

The paramo ecosystem is one of the most sensitive to changes in climate and land use. These changes in physical conditions may lead to changes in species composition and their life cycles, increasing susceptibility to attack by pathogens and other species that seize the opportunity to colonize new niches. The “frailejon”, *Espeletia* sp., is a keystone species of the páramo, but herbivory due to phytophagous insects and fungi has recently led to the death of a large number of frailejones. The knowledge of the biology and the effect of insects on such plants contribute to decision making related to environmental management, monitoring, sustainable management and ecosystem preservation. This study was conducted in the watershed of the Calostros creek, Chingaza National Park, Colombia, in order to determine the magnitude of Lepidoptera insect damage inflicted on vegetative structures of individuals of the genus *Espeletia* sp., and examine whether the symptoms and the degree of insect damage varies between plants from different elevations. For this purpose, 30 *Espeletia* plants were monitored bi-monthly over a period of six months. We observed three species of Lepidoptera larvae capable of causing damage to *Espeletia* sp. However only one species, *Hellinsia* sp., is widely distributed and is able to cause severe damage to frailejones, primarily to the apical meristem of plants. The pathology caused by *Hellinsia* sp. Includes tissue loss, severe chlorosis and leaf curling. Finally, it was observed that individuals of *Espeletia* sp have the ability to continue normal development after being hosts of larval *Hellinsia* sp.

Keywords: paramo, *Hellinsia* sp., Frailejones, Herbivory by insects.

Índice temático

[Introducción](#)

[Materiales y métodos](#)

[Resultados](#)

[Discusión de resultados](#)

[Conclusiones](#)

[Recomendaciones](#)

[Referencias](#)

OPCION: CLICK DIRECTO A CADA CAPITULO

Introducción

Los páramos son ecosistemas altoandinos ubicados de manera discontinua en la cordillera de los Andes, desde Mérida en Venezuela, atravesando Colombia y Ecuador, hasta el norte del Perú (Hofstede, Segarra y Mena, 2003) entre los 2.900 msnm y 5.000 msnm. Su estratégica localización, así como los bienes y servicios ecosistémicos que presta, hacen de este un bioma de gran valor en la regulación del ciclo hidrológico y en la retención de carbono atmosférico en el suelo y alta biodiversidad (Sturm y Rangel, 1985), además, es un corredor biológico importante para especies de flora y fauna (Buytaert y Beven, 2011). Por otro lado, la economía colombiana depende significativamente del agua capturada en los ecosistemas de alta montaña, aproximadamente siete millones de habitantes de Bogotá, usan el agua proveniente del páramo de Chingaza (Unidad Administrativa Especial Sistema de Parques Nacionales, 2005). No obstante sus servicios y bienes ecológicos, los ecosistemas de alta montaña se ven seriamente afectados por impactos mundiales y locales, como el calentamiento global y el cambio en el uso del suelo (Anderson *et al.*, 2010; Hofstede, Coppus, Mena, Segarra, Wolf y Sevink, 2002).

En la actualidad, gran parte de los ecosistemas, han sido alterados por la transformación en el uso del suelo (en especial, prácticas ganaderas y agrícolas que conllevan al declive de comunidades animales y vegetales (Ortiz, 1997). En particular, los páramos necesitan de condiciones restringidas para su permanencia en el tiempo y espacio, siendo altamente vulnerables a cualquier tipo de

disturbio (Hofstede, Lips, Jongasma y Sevink, 1998). Estas alteraciones han contribuido a la modificación de cerca del 66% de las regiones de páramo (Hofstede *et al.*, 2002; Van der Hammen, 1998).

El cambio climático también representa una amenaza, pues en los últimos cien años la temperatura media de la tierra se incrementó en 0,5°C –y con probabilidad se acrecentará por lo menos 2°C más en las próximas décadas–. Esta nueva temperatura mutará la duración, distribución y cantidad de precipitación en la región, y sumada a otros factores como la radiación solar, contribuirán a una serie de alteraciones en los ciclos biológicos y en las áreas de distribución de las especies (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales y Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, 2002). Las especies de zonas tropicales se verían más afectadas que las especies de hábitats (biomas) templados, debido a los cambios ambientales y dado que tienen condiciones abióticas y bióticas más restringidas. Sin embargo, otras especies pueden llegar a colonizar áreas que antes no presentaban las condiciones adecuadas para su desarrollo (Trinidad, 2009).

Los frailejones caracterizan el ecosistema de páramo, sus importantes adaptaciones a las condiciones de alta montaña, patrones agregados de distribución y altas densidades, hacen de estas plantas las más representativas en dicho bioma (Proyecto Páramo Andino, 2010). En adición, los frailejones son significativos en la estructura trófica, ya que mantienen los procesos ecológicos y, en general, enriquecen los bienes y servicios que ofrece el páramo. Por las razones mencionadas, su permanencia es decisiva en el equilibrio del ecosistema y en el mantenimiento de las funciones ecológicas del mismo (Rivera, 2001).

En el presente artículo se reporta una alta mortalidad de los individuos del género *Espeletia* sp. en el páramo del Parque Nacional Natural Chingaza (PNN Chingaza). Estos daños están asociados directamente a insectos fitófagos (de los cuales no se tiene ningún conocimiento) que consumen las estructuras vegetativas y reproductivas de los frailejones (Medina, 2009). La importancia de los frailejones en el mantenimiento de las funciones ecológicas del páramo, hace de estas plantas indispensables para la conservación, sin embargo, la ausencia de información sobre los agentes causantes de su mortalidad, no permite establecer estrategias adecuadas para su control. El objetivo de este estudio es identificar los artrópodos pertenecientes al orden lepidóptera vinculados con el daño en la estructura vegetativa de la población del género *Espeletia*; de igual

manera, determinar la sintomatología ligada al daño que pueden producir estos insectos a los frailejones mediante una escala parcial de perjuicio a diferentes alturas de la microcuenca de la quebrada Calostros del PNN Chingaza.

Materiales y métodos

Área de estudio

La colecta de individuos y seguimiento, se realizó en la microcuenca de la quebrada Calostros del PNN Chingaza, entre los meses de octubre de 2012 y marzo de 2013. El páramo está ubicado a 4°28'0" N, 73°44'0"W, en la cordillera oriental de los Andes colombianos, al nororiente de Bogotá, en los departamentos de Cundinamarca y Meta. La quebrada Calostros nace a los 3.800 msnm y desemboca en el río Blanco a 2.400 msnm (ver figura 1).

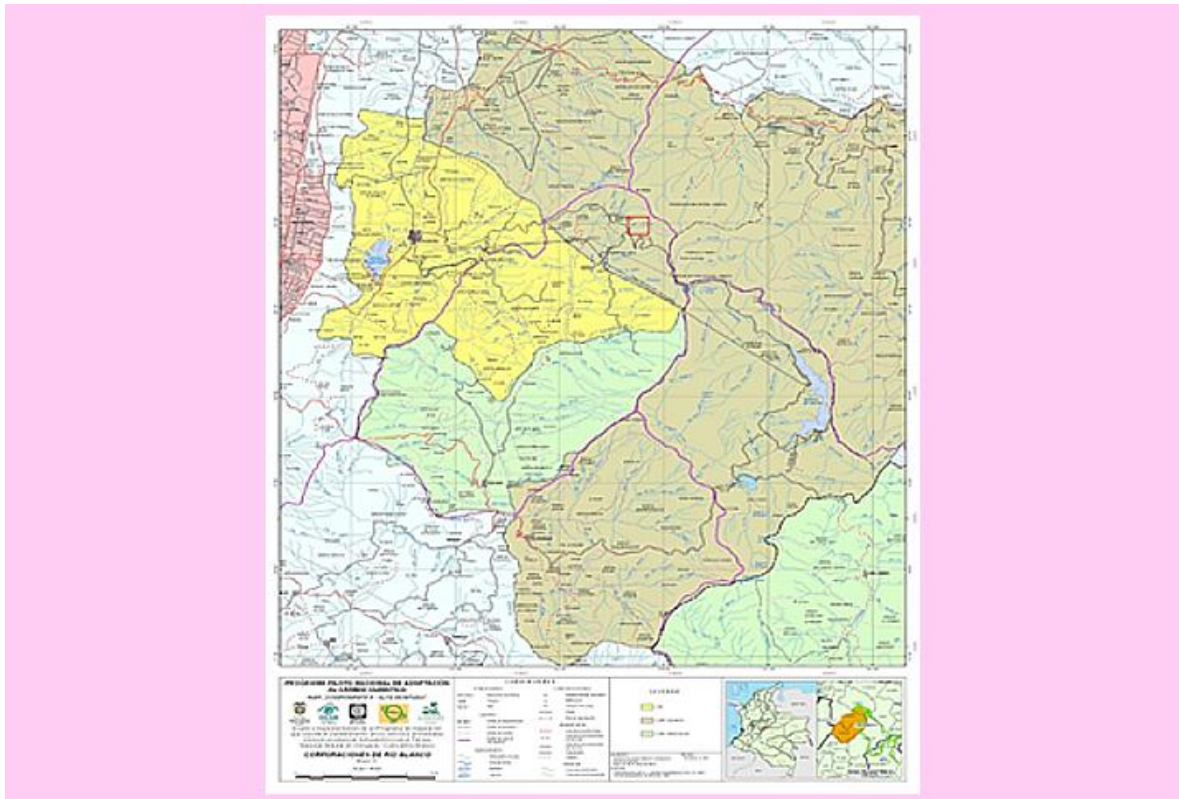


Figura 1. Mapa de la cuenca de la quebrada Calostros, sector de muestreo.
Fuente: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM).

Identificación de insectos fitófagos presentes en plantas de Espeletia sp.

Recolección de insectos

Se realizó la colecta manual (directa) de larvas presentes en frailejones con evidencia de daño por herbivoría. Estas se recogieron teniendo en cuenta individuos afectados alrededor de las parcelas de muestreo, durante un periodo de seis meses.

Obtención de individuos en estado adulto en condiciones controladas en laboratorio

Las muestras obtenidas en campo, se ubicaron en cajas de confinamiento entomológico, con un paño húmedo en el fondo para mantener la humedad; las larvas fueron alimentadas con hojas de frailejones recogidas en campo. Estas cajas de confinamiento permanecieron dentro de un cuarto de cría a $17 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$ y una humedad relativa de 80%, con el fin de completar su desarrollo y consecución de adultos. Esto se hizo en el laboratorio del Centro de Biosistemas de la Universidad Jorge Tadeo Lozano (Chía, Cundinamarca).

Identificación taxonómica de los adultos obtenidos

Con los adultos obtenidos se hicieron montajes entomológicos y a través del uso de la clave entomológica de Borror y White (1987), se llevó a cabo la identificación taxonómica hasta el nivel más detallado posible de los especímenes. Para la disección de la genitalia de los machos se siguieron las técnicas de Borror *et al.* (1987) que incluyen limpieza de abdómenes con KOH y descripción de cada una de las partes que la compone. De igual manera, fueron enviadas fotografías de los adultos y de la genitalia de los individuos a la Dra D. L. Matthews de la Universidad de Florida para confirmar género y especie de uno de los individuos colectados.

Caracterización de los daños y síntomas causados por los lepidópteros en Espeletia sp.

Los síntomas y daños a causa de insectos del orden lepidóptera fueron registrados en campo considerando las diferentes tallas de las plantas afectadas, para las cuales se establecieron cuatro escalas de daño, siendo la escala uno la de menor afectación y cuatro, la de mayor afectación, tal como lo sugiere Vásquez (2004). Estos registros se evaluaron a 3.100 msnm y a 3.700 msnm con el monitoreo de 20 individuos en cada altura. Se determinó el número de hojas afectadas del meristemo respecto al número total de hojas del mismo en las plantas con presencia de larvas; así

mismo, se calculó la severidad sin olvidar el porcentaje de área foliar influida de todas las hojas del meristemo. El estudio fue examinado en cuatro tiempos, a dos alturas y durante un periodo de seis meses.

Para el seguimiento en campo, se ubicaron tres parcelas a 3.100 msnm y cuatro a 3.700 msnm (área total de 100 m², subdividida en cuadrantes de 4 m²). En cada parcela se tomaron registros fotográficos de plantas con presencia de insectos fitófagos del orden lepidóptera.

Análisis de datos

Se tomó el porcentaje de zona foliar afectada de las hojas del meristemo con el objeto de determinar diferencias entre alturas, tiempos y tallas (porcentaje de severidad). Para el análisis de normalidad se hizo la prueba de Shapiro-wilk y posteriormente fueron realizadas pruebas no paramétricas.

Para determinar si hay diferencias significativas entre las dos alturas (3.100 msnm y 3.700 msnm) se ejecutó la prueba de Kruskal-Wallis con un alfa igual a 0,05. La severidad entre los tiempos para las dos alturas se examinó con la prueba de Wilcoxon. Por último, con la correlación de Spearman se estipuló el posible vínculo entre la longitud de la planta y el porcentaje de severidad. Los análisis se realizaron con el *software* estadístico Statgraphics® centurión XVI.I.

Resultados

En los monitoreos se colectaron tres tipos de larvas de lepidópteros fitófagos en las hojas del meristemo apical de los frailejones. El morfotipo 1 fue encontrado a 3.100 msnm y 3.700 msnm (figura 2a) y los morfotipos 2 y 3 a una altura de 3.100 msnm (figura 2b y 2c, respectivamente). A partir de la cría de los individuos en condiciones controladas en laboratorio se lograron obtener adultos del morfotipo 1 y 2 (figura 2d-e) y el morfotipo 3 no fue conseguido debido a su lento desarrollo y susceptibilidad a las condiciones de laboratorio (figura 2c).

Identificación taxonómica

El morfotipo 1 presentó larvas elongadas y cilíndricas con un tamaño promedio de 16 mm en su último instar, abundantes setas y coloración críptica. Los adultos son de pequeño tamaño,

alrededor de 35 mm de longitud, cuerpo delgado, patas largas y alas lobuladas y divididas, cuando están en reposo sus alas en relación con el cuerpo forman una “T”. Las fotografías de adultos y de la genitalita (figura 2d y 3) enviadas a la Dra D. L. Matthews, permitieron identificar el género de la polilla, la cual corresponde a *Hellinsia* de la familia *Pterophoridae*. Cabe resaltar que este es el primer reporte de esta especie en el páramo.

En cuanto a los individuos de la familia *Pterophoridae*, son conocidos como “polillas pluma” debido a que sus alas son bordeadas con largas escalas filiformes y su postura es en forma de “T” cuando están en reposo, la familia incluye más de 1.136 especies en 92 géneros conocidos en el mundo (Gielis, 2003). Se ha reportado al menos 70 familias de plantas que consumen las larvas de *Pterophoridae* (Matthews, 2008). Según Matthews y Lott (2005) al menos 39% de las especies conocidas están asociadas con plantas de la familia *Asteraceae* (familia a la que pertenecen los individuos de *Espeletia* sp.), sin embargo, también se reportan muchas otras familias como la *Fabaceae* y *Lamiaceae* (Matthews, 2008).

Pterophoridae se encuentra ampliamente distribuida, hallándose en muchos tipos de ecosistemas, extendiéndose a zonas árticas y subárticas, en altas elevaciones, en zonas áridas y salinas, aunque también hay muchas especies restringidas a lugares específicos (Matthews, 2008).

Por otro lado, *Hellinsia* (Tutt, 1905) comprende más de 195 especies distribuidas en el planeta, no obstante, la mayoría están en el neotrópico y el neártico. Estas se caracterizan por ser barrenadores de flores, tallos y alimentadores externos de follaje (Matthews, 2010). Aunque la mayoría de las plantas hospederas suelen ser de la familia *Asteraceae*, se conocen pocos casos de las familias *Boraginaceae* y *Solanaceae* (Matthews y Lott, 2005).

En cuanto al morfotipo 2, corresponde a la familia *Noctuidae*; las larvas se definen por ser cilíndricas, miden cerca de 40 mm de longitud y presentan setas únicamente primarias. Los adultos miden 15 mm de longitud, alas anteriores triangulares y angostas y alas posteriores amplias. Esta familia es la más numerosa del orden lepidóptera. Las larvas se conocen con el nombre de gusanos cortadores, gusanos soldados y rosquillas, se alimentan de material vegetal vivo, por lo cual algunas especies son importantes plagas agrícolas (Metcalf y Flint, 1985).

El morfotipo 3 evidencia larvas aplanadas y con rayas negras longitudinales, la máxima longitud encontrada fue de 10 mm aproximadamente.

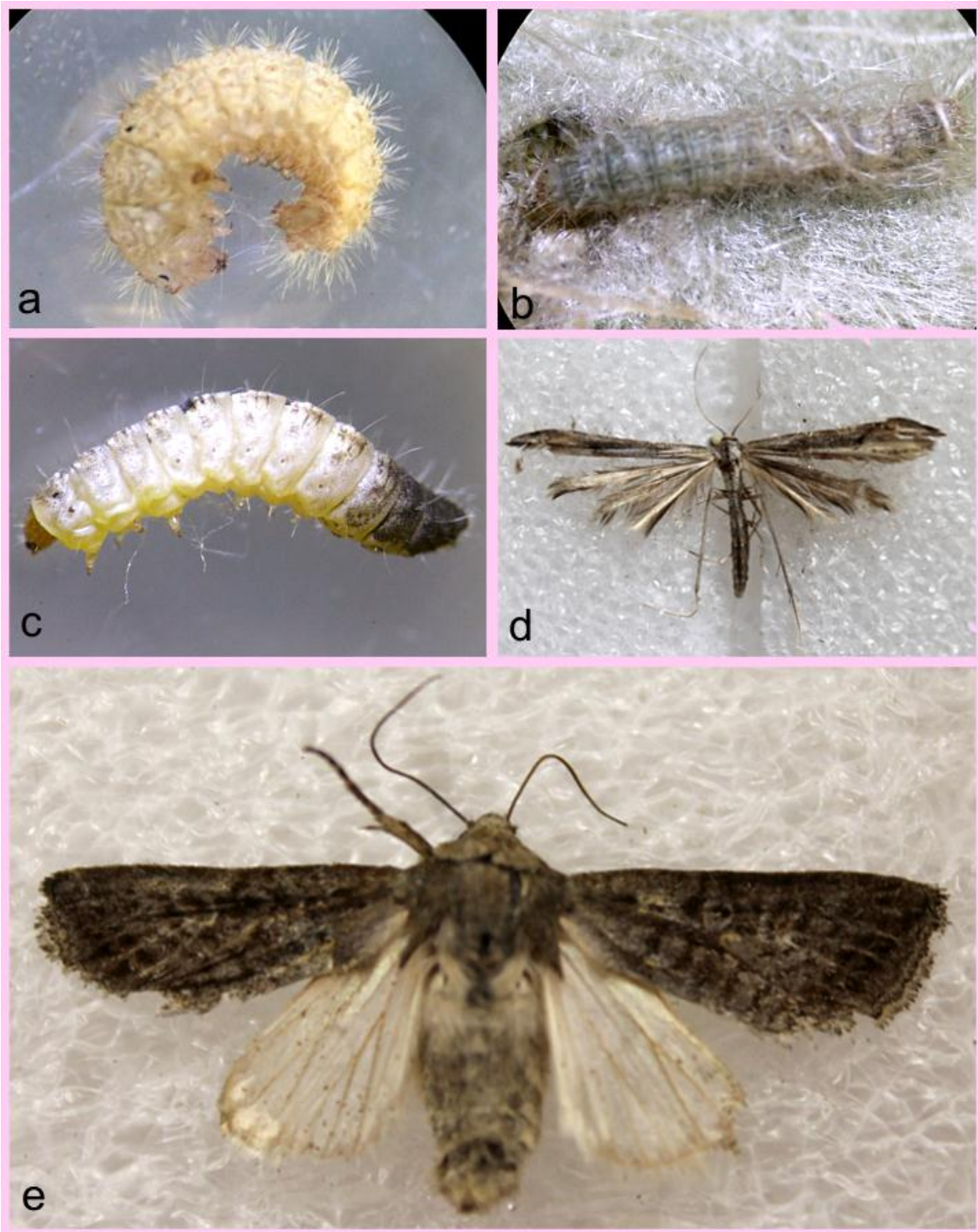


Figura 2. Larvas y adultos de los morfotipos encontrados en la microcuenca de la quebrada Calostros del PNN Chingaza. Larva y adulto del morfotipo 1, *Hellinsia* sp. (a y d); larva y adulto del morfotipo 2 familia *Pterophoridae* (b y e) y larva del morfotipo 3 (c).

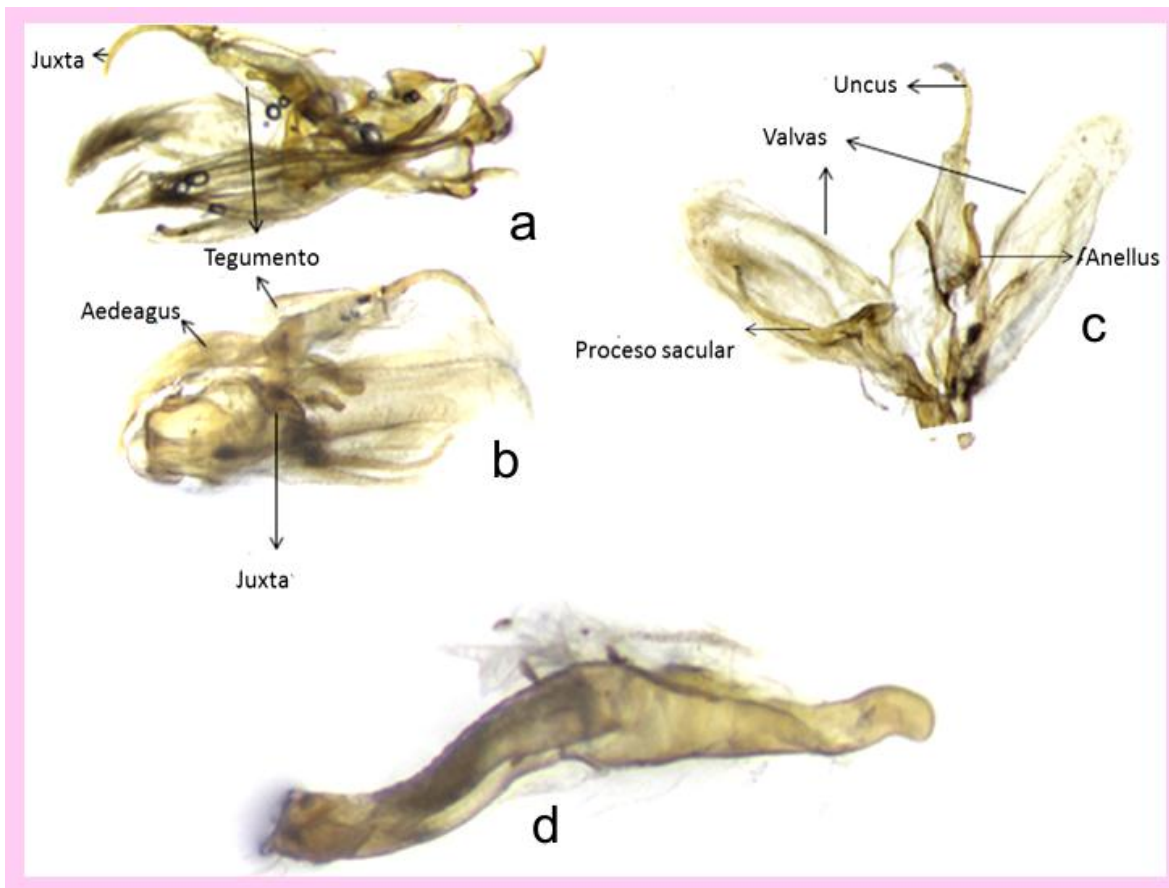


Figura 3. Genitalia de *Hellinsia* sp., vista lateral (a y b); Aedeagus (c) y vista ventral (d).

Generalidades

La especie *Hellinsia* sp. presentó alta frecuencia de individuos en las dos alturas, con un daño evidente en las plantas. El morfotipo 2 de la familia *Noctuidae* y el morfotipo 3, solo se evidenciaron a 3.100 msnm, la primera con poca frecuencia pero alto daño y la segunda con alta frecuencia (hasta cinco larvas por frailejón) pero con daño poco evidente y, en algunos casos, se encontró en la misma planta con *Hellinsia* sp. Todas fueron halladas en el meristemo apical de las plantas. La caracterización del perjuicio fue evaluada sobre *Hellinsia* sp.

Caracterización de daño

En la figura 4, se muestran los cuatro niveles de afectación para *Espeletia* sp. En la escala 1 (0 a 25%), se observa un leve daño, con formación de galerías en las hojas del meristemo apical. En la escala 2 (25 a 50% de severidad), leve deformación en las hojas, clorosis leve y torsión de las

mismas. En la escala 3 (50 a 75% de severidad) hay deformación severa de las hojas, con entorchamiento y clorosis. Finalmente, pérdida de tejido a causa de la formación de pequeñas galerías en las hojas, clorosis severa y con entorchamiento de las hojas para la escala 4 (75% a 100% de severidad).

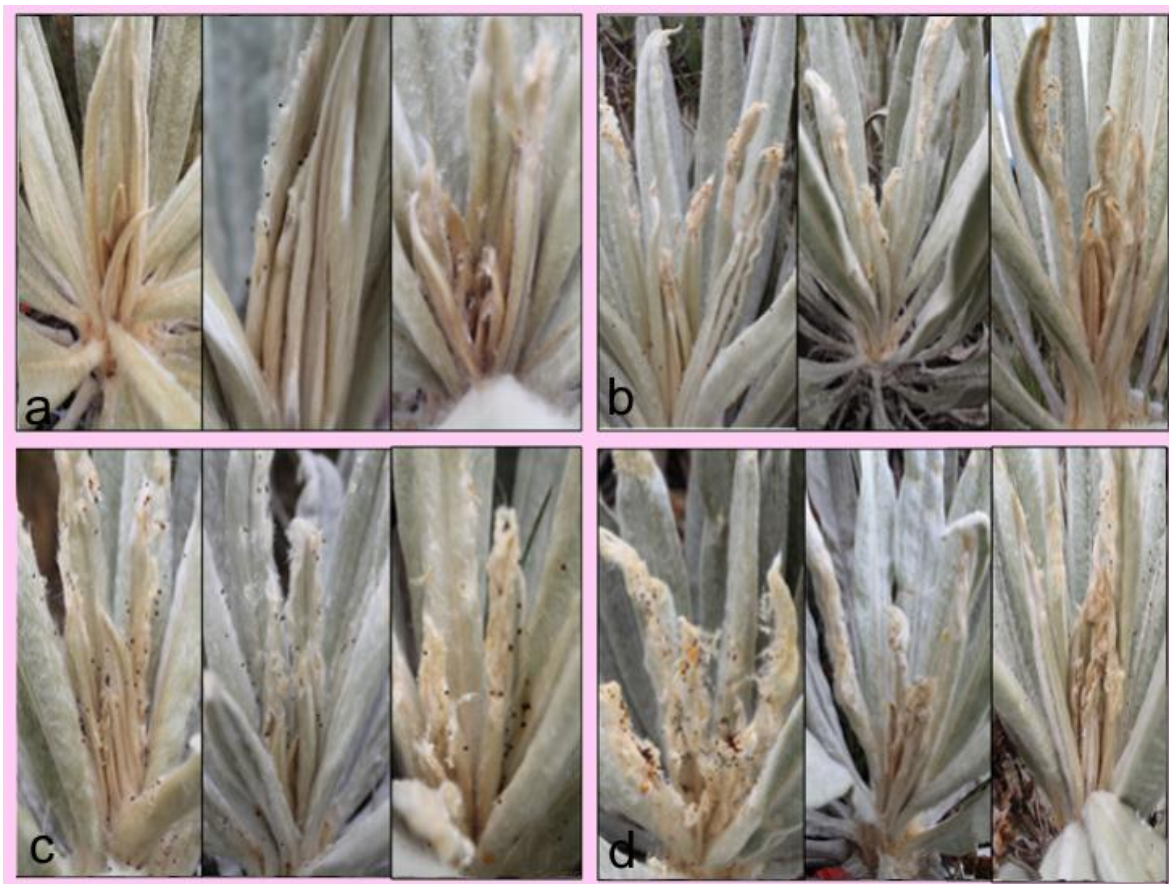


Figura 4. Escala de daño: 0-25% escala 1 (a); 25-50% escala 2 (b); 50-75% escala 3 (c) y 75-100% escala 4 (d).

Seguimiento de frailejones entre alturas, tiempos y tallas

Al comparar la severidad entre las alturas, se determinó que no hay diferencias significativas, de tal manera que la severidad en las alturas 3.100 msnm y 3.700 msnm es la misma para los cuatro tiempos (P value $> 0,05$ con $\alpha = 0,05$).

Al cotejar los tiempos (teniendo en cuenta las dos alturas), se observaron diferencias relevantes a la altura de 3.100 msnm para los tiempos 2 y 3 (P value $< 0,05$ con $\alpha = 0,05$; figura 5). Se pudo comprobar que durante los tres primeros tiempos, la severidad aumenta y descende en el

último periodo. A 3.700 msnm solo se presentaron diferencias entre los periodos T1 y T2 (figura 6). Además, con el registro fotográfico para los cuatro tiempos (figura 8), en algunas plantas se evidenció el crecimiento de nuevas yemas en el meristemo apical sin presencia de daño, lo cual se relaciona con la terminación del estado larval en algunas plantas monitoreadas (figura 7a). El crecimiento de nuevas hojas en el meristemo se manifestó por una disminución en el número de hojas afectadas por planta en los últimos tiempos (figura 7b).

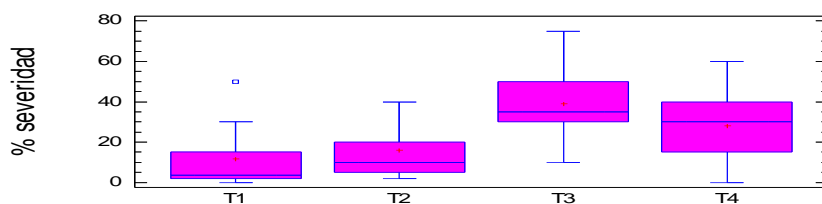


Figura 5. Porcentaje de severidad en los cuatro tiempos para la altura de 3.100 msnm.

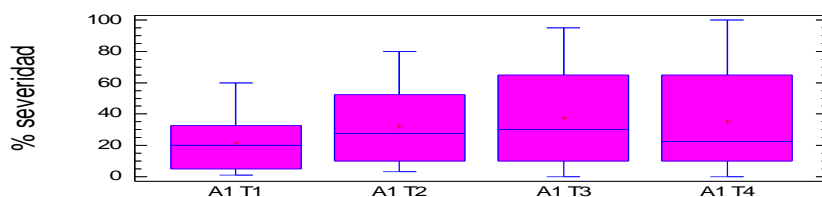


Figura 6. Porcentaje de severidad en los cuatro tiempos para la altura de 3.700 msnm.

Por último, al comparar la longitud de las plantas, no se observó una correlación entre la longitud de la planta y el porcentaje de severidad.

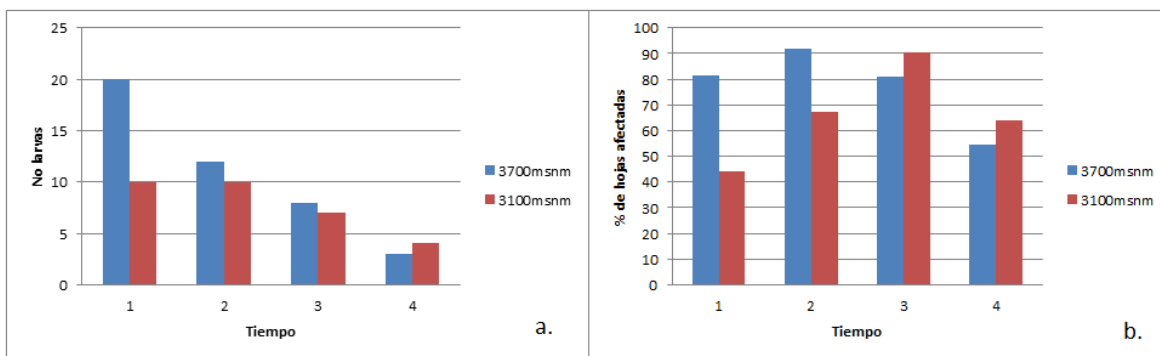


Figura 7. Número de larvas encontradas en los cuatro tiempos para las dos alturas (a); porcentaje de hojas del meristemo afectado (b).



Figura 8. Registro fotográfico de la roseta y del meristemo de una planta afectada durante un periodo de seis meses.

Discusión de resultados

Varios factores influyen la presencia de polillas en las zonas de páramos. El éxito de las poblaciones de lepidópteros depende de diversos aspectos, entre ellos: climático y biótico (Mullen, 2002). En principio, necesitan de alimento disponible, condiciones climáticas idóneas para el apareamiento, oviposición, desarrollo larval y formación de la pupa (Powell, 2009). Los páramos en particular se identifican por presentar condiciones ambientales extremas: baja presión atmosférica, escasa densidad del aire, alta radiación solar y baja temperatura media (Guhl, 1982), que limitan el desarrollo de otras especies diferentes a las endémicas para este ecosistema, sin embargo, el cambio climático y modificaciones en el uso del suelo pueden estar influyendo en la alteración de los ecosistemas altoandinos, representando una amenaza para la supervivencia de los mismos. Estas transformaciones impactan de modo directo el comportamiento de múltiples especies. Aunque no hay reportes científicos del efecto que producen las variaciones sobre las especies que se desarrollan en el ecosistema de páramo, estas pueden impulsar la pérdida de hábitat; incrementar el

estrés fisiológico; y generar eventos climáticos extremos, cambios en la fecundidad y dinámica poblacional, entre otros factores (Aguirre *et al.*, 2012).

Las evidencias sugieren que los patrones históricos de cambio climático, son determinantes en la actual distribución de los ecosistemas y más aún, en los biomas endémicos como los páramos (Aguirre *et al.*, 2012). De tal manera que las modificaciones en algunas condiciones, como el aumento de la temperatura media y la variabilidad de las temperaturas y precipitaciones, son decisivas en la permanencia de las especies y, en una mayor escala, de los ecosistemas enteros. En especial en el páramo, la formación de niebla y nubes, es fundamental para la estabilidad de las especies, empero, esta condición se está viendo alterada por el cambio climático, generando con ello un desplazamiento altitudinal de las mismas (Anderson *et al.*, 2008; Ruiz, Moreno, Gutiérrez y Zapata, 2008). Según Busch (2002) es probable que esta elevación de las nubes, pueda estar produciendo desplazamiento a lugares más altos y extinción de especies como ha ocurrido en otros ecosistemas. Estudios paleológicos de registros de polen, señalan que ya han ocurrido redistribuciones de especies a causa de la variación del clima; los bosques montanos parecen haberse extendido 200 metros altitudinales durante los últimos periodos interglaciares en búsqueda de óptimos térmicos, mientras que en los periodos de enfriamiento estos descendieron cerca de 1.000-1.500 metros altitudinales, relacionado posiblemente al movimiento de las nubes (Busch y Flenley, 2007). De igual manera Chen *et al.* (2009) encontraron pruebas en donde las especies de insectos (102 especies de polillas) ya se han desplazado altitudinalmente, alrededor de 67 metros en un periodo de 42 años.

Según Trinidad (2009) el cambio climático actual afecta el apareamiento y la dispersión de artrópodos en las zonas de alta montaña, producto del aumento de la temperatura media. Adicionalmente, los patrones de historia de vida en insectos implican alta capacidad de dispersión, ciclos de vida cortos y sensibilidad a cambios en la temperatura, los cuales contribuyen a la colonización de estos a los ecosistemas altoandinos, en ausencia de enemigos naturales y competidores. Además, este cambio en la temperatura puede traer como consecuencia vulnerabilidad de las plantas a ser consumidas por insectos debido a estrés hídrico y térmico (Trujillo, 2002).

Todos estos fenómenos podrían estar manifiestos en el PNN Chingaza. Quizá con el incremento de la temperatura muchas especies estarían en la capacidad de desplazarse, en

particular los insectos, que por su característica de ectotérmicos presentan alta sensibilidad a estas variaciones en la temperatura (Henrich, 1981). Estos posibles eventos pueden tener una gran influencia en la presencia y abundancia de las especies del género *Hellinsia* sp., de la familia *Noctuidae* y del morfotipo 3, en el PNN Chingaza. Empero, *Hellinsia* sp. (lepidóptera: *Pterophoridae*) tiene un amplio rango de distribución (Matthews, 2008). Los insectos de esta familia muestran una tendencia a ser generalistas, lo cual concuerda con lo sugerido por Warren *et al.* (2001), en donde las especies generalistas parecen adaptarse mejor que las especialistas al cambio de la temperatura global, mediante la colonización de nuevas áreas.

Los factores bióticos también son relevantes en la permanencia de los organismos en determinados ecosistemas (Ricklefs, 1998). En esta investigación se hallaron larvas de lepidópteros hospedándose en la hojas del meristemo apical de plantas de la familia *Asteraceae* y según Mozillo, Sessé, Echeverría y Godoy (2010) tal familia se encuentra generosamente distribuida en el mundo, lo que con probabilidad tendría vínculo con la extensa distribución de estos insectos, en específico, los del género *Hellinsia*. Matthews y Lott (2005) mencionan que en la mayoría de los casos *Hellinsia* sp. se hospeda en plantas de la familia *Asteraceae*, sobre todo porque estas hojas son jóvenes, tienen bajo contenido de celulosa (Ricklefs, 1998) y alto contenido en nutrientes y hojas pubescentes, que facilitan un microclima para las larvas y una forma arrosetada que brinda protección ante las condiciones extremas. Cabe destacar que *Hellinsia* sp., no ha sido reportada en el PNN Chingaza, aunque Sturm (1990) indica la presencia de larvas de lepidópteros en las hojas de los frailejones con posibles consecuencias sobre la salud de las plantas, en el Páramo de Belén en Boyacá, sin embargo, no existen reportes previos en Chingaza si no hasta el 2009 (Medina, 2009).

Los resultados obtenidos en este estudio para *Hellinsia* sp. señalan que el daño en el meristemo apical (figura 4) inicia con la formación de galerías en las hojas, hasta finalmente resultar en pérdida parcial o total de tejidos en el meristemo, clorosis severa y entorchamiento de las mismas. En relación con el porcentaje de severidad, este es igual en las dos alturas (3.100 msnm y 3.700 msnm), no obstante, con respecto a los tiempos de evaluación se presentan algunas diferencias, a 3.100 msnm hay un aumento de la severidad hasta el tiempo de evaluación 3, y a 3.700 msnm se presentaron diferencias en los tiempos de evaluación 1 y 2. El porcentaje de severidad similar entre tiempos, se debe a que en esos momentos varias de las larvas ya estaban alrededor de los 16 mm, periodo que concuerda con la finalización de la época de mayor

precipitación y, como lo indica Matthews (2010), cerca de los 16 mm termina el estado larval de los insectos en el género *Hellinsia*. La disminución de la intensidad del daño coincide con la terminación del estado larval y el brote de nuevas hojas (figura 7b). Van der Hammen y Hooghemstra (2000) confirman que la temperatura desciende entre 4,2°C y 4,9°C desde 3.100 msnm hasta 3.700 msnm, de tal manera que este descenso puede ocasionar una disminución en la actividad de las larvas producto de las condiciones adversas del entorno.

El descenso en el porcentaje de severidad muestra que después de cierto tiempo las plantas afectadas, tienen la posibilidad de continuar con su normal desarrollo, si no vuelven a ser hospederas de insectos plaga. Fagua y González (2006) reportan que en *Espeletia grandiflora* en el PNN Chingaza el desarrollo de las inflorescencias comienza en marzo y continúa hasta septiembre, época con valores altos en precipitación, comparada con otros meses. Este estudio evidencia una posible sincronía entre estados de desarrollo planta-insecto para el mes de marzo, donde disminuye la presencia de larvas sobre el meristemo de las plantas, debido a que los insectos continúan con su ciclo de vida al estado de pupa y adulto. En esta fase en la que termina la herbivoría por parte de las larvas, se inicia la diferenciación a estructuras reproductoras en los frailejones, en consecuencia, los insectos adultos podrían sincronizarse con la floración, de tal manera que tendrían fuente de alimento.

Es factible que a corto plazo se den varias alteraciones en las plantas de *Espeletia* por el daño en el meristemo apical, como: a) retardos en la floración, ya que el meristemo es indispensable en la posterior diferenciación en hojas de la roseta o estructuras reproductoras (Raven, 2004); b) disminución en la obtención de energía, por pérdida de cloroplastos importantes en la fotosíntesis (Azcón-Bieto y Talón, 2008), que además influyen negativamente en el crecimiento y el desarrollo de la planta (Parker, 2000), y c) reducción de la necromasa, vital en la regulación térmica de la planta (Monasterio, 1986). Esto manifiesta que la herbivoría sobre *Espeletia* sp., podría presentar alteraciones sobre la reproducción y supervivencia de las plantas, así mismo, aumentar la susceptibilidad a enfermedades.

Es así como el daño ocasionado por las larvas depende del tejido removido, la temporada, el tipo de tejido afectado y la edad de la planta (Carabias, Valverde, Meave y Cano-Santana, 2009). En este sentido, plantas con menor área foliar en el meristemo (plantas en estadios tempranos) tienen mayor perjuicio en las hojas por efecto del consumo de las larvas. Ahora bien, para este análisis el

porcentaje de severidad es igual para cualquier talla. La afectación observada en esta investigación, concuerda con la idea del estudio realizado por Mendoza (2010) en el que no hay un patrón de preferencia específica en relación con la distribución de las larvas, encontrándose una distribución uniforme, igual a la de la *Espeletia grandiflora*; de tal manera que la dispersión, o establecimiento de larvas en otros individuos, podría estar dada por la cercanía a las plantas afectadas (Madden *et al.*, 1982; Pielou, 1965).

Otros estudios en el PNN Chingaza señalan un potencial patrón altitudinal en la dispersión de las polillas, presentándose en las zonas de subpáramo mayor incidencia de la enfermedad con respecto a la región de páramo (Mendoza, 2010). Además, en estos resultados se evidencia la posible propagación de organismos fitófagos desde las zonas con baja altitud, como lo menciona Sturm (1986) al hallar algunos insectos en el bosque altoandino y en las regiones de subpáramo, asociándola con posibles migraciones.

La presencia de *Hellinsia* sp. en este lugar se debe a varias razones. Primero, esta especie pudo haber estado en la zona de páramo, pero no fue reportada con anterioridad; sin embargo, desde el contexto del cambio climático, es probable que el incremento de la temperatura media (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007) haya influido en el aumento de la población, producto de una mayor reproducción y dispersión. Segundo, la especie pudo haberse dispersado desde otros lugares, y al encontrar condiciones óptimas para su desarrollo, se estableció en el páramo, favorecida por la ausencia de controladores biológicos que regulen la población (Krebs, 1985). Cabe resaltar que Matthews y Lott (2005) reportan algunos casos en los que las plantas hospederas para *Hellinsia* sp. son de la familia *Solanaceae*, a la que pertenece la papa (*Solanum tuberosum*), uno de los cultivos agrícolas más comunes en los ecosistemas altoandinos. Particularmente en los páramos se reporta una expansión de la frontera agrícola, donde la papa es uno de los cultivos más representativos, esta expansión agrícola podría estar ligada con un crecimiento de la población y dispersión de especies del género *Hellinsia* a las zonas de páramo (Kessler, 2006). Primack y Ross (2002) afirman que este tipo de transformaciones en el uso del suelo altera la hidrología, la formación del suelo, la polinización, la dispersión de semillas y, en este caso concreto, las relaciones de predador-presa.

En este estudio también se hallaron larvas depredadoras pertenecientes a la familia *Syrphidae* y avispas parasitoides de la familia *Ichneumonidae* que podrían ser controladoras biológicas de

Hellinsia sp. Una limitante para el desarrollo de las larvas podría guardar relación con adaptaciones de las plantas para repeler herbívoros. En frailejones del páramo de Mérida, se tuvo que la composición de las resinas es mayoritariamente compuesta por monoterpenos, seguida de sesquiterpenos y diterpenos (Ibañe, 2004). Las plantas al ser afectadas por herbivoría liberan estos compuestos volátiles que actúan como repelentes (Camarena, 2009; Ricklefs, 1998; Taiz y Zeiger, 2006), también se han descrito como defensa vellosidades y resinas pegajosas (Ricklefs, 1998). La presencia y abundancia de insectos fitófagos, pudo presentarse por la capacidad de tolerar los compuestos liberados por las plantas. Cuando se presenta *Hellinsia* sp. y otras especies de lepidópteros en la misma planta, puede darse competencia interespecífica, que conlleva a usar de manera diferencial el nicho (Ricklefs, 1998), como se evidenció con el morfotipo 3.

Es importante resaltar, que se evaluó solamente el daño ocasionado en las hojas del meristemo de *Espeletia* sp. pero no las ventajas adaptativas que podría tener la asociación insecto-planta, que involucra procesos de polinización en *Espeletia* sp. y de alimento para *Hellinsia* sp. (Ricklefs, 1998). Ahora bien, sería relevante determinar los posibles vínculos o interacciones que pueden relacionar al género *Hellinsia* con las plantas de *Espeletia*, tal como lo mencionan Fagua y González (2006), donde las polillas son un factor relevante en la polinización.

Conclusiones

Se encontraron tres morfotipos de lepidópteros fitófagos en las hojas del meristemo de *Espeletia* sp., no obstante, la especie de mayor significación para este estudio fue identificada como *Hellinsia* sp., especie no reportada taxonómicamente. Los daños ocasionados por *Hellinsia* sp, inician con la formación de galerías en las hojas, hasta finalmente resultar en pérdida de tejidos del meristemo, clorosis severa y entorchamiento de las mismas, dejando las plantas susceptibles a otros vectores como hongos. Se halló el mismo porcentaje de severidad y afectación en las diversas tallas de *Espeletia* sp. y no se presentaron diferencias en el daño a 3.100 msnm y 3.700 msnm. Además que la herbivoría ocurre en los meses con baja precipitación.

Se comprobó la presencia de nuevos brotes en los frailejones afectados por los insectos fitófagos del orden lepidóptera, confirmando que la planta continúa con su desarrollo dentro de los estándares normales de su ciclo de vida. Sin embargo, pueden ser vulnerables al daño por diferentes agentes patógenos a corto plazo.

Recomendaciones

Es necesario estimar la tasa de consumo en todo el estado de larva de los insectos y su relación con el crecimiento de biomasa representada en las hojas del meristemo.

Al ser *Hellinsia* sp. una nueva especie, es imprescindible realizar la descripción taxonómica.

Por último, la determinación de la duración del ciclo de vida de *Hellinsia* sp. es una de las herramientas esenciales para el diseño de estrategias de monitoreo y planes de conservación del ecosistema.

Agradecimientos

Agradecemos a la Universidad Jorge Tadeo Lozano por financiar esta investigación y al Centro de Biosistemas por el apoyo en el desarrollo del proyecto. A Gonzalo Fajardo por su ayuda en la disección de la genitalia e identificación de partes. A Miguel Ángel Rodríguez y Michael Ahrens por su colaboración en el análisis estadístico y a Jorge Herrera por su asistencia en la toma de muestras.

Referencias

AGUIRRE, L., ANDERSON, E., BREHM, G., HERZOG, S., JØRGENSEN, P., KATTAN, G., MALDONADO, M., MARTÍNEZ, R., MENA, J., PABÓN, J., SEIMON, A., y TOLEDO, C. 2012. «Fenología y relaciones ecológicas interespecificas de la biota andina frente al cambio climático». En: *Cambio climático y biodiversidad en los Andes tropicales*. París: IAI y SCOPE.

ANDERSON, E., MARENGO, J., VILLALBA, R., HALLOY, S., YOUNG, B., CORDERO, D., GAST, F., JAIMES, E., y RUIZ, D. 2010. «Consecuencias del cambio climático en los ecosistemas y servicios ecosistémicos de los Andes tropicales». En: *Cambio climático y biodiversidad en los Andes tropicales*. París: IAI y SCOPE.

AZCÓN-BIETO, J., y TALÓN, M. 2008. *Fundamentos de fisiología vegetal*. (2^{da} ed.). Barcelona: McGraw-Hill.

BUYTAERT, W., y BEVEN, K. 2011. «Models as multiple working hypotheses: hydrological simulation of tropical alpine wetlands». En: *Hydrological Processes*. 1799.

CAMARENA, 2009. «Señales en la interacción planta insecto». En: *Revista Chapingo*, 15, 81-8.

- CARABIAS, J., VALVERDE, T., MEAVE, J., y CANO-SANTANA, Z. 2009. *Ecología y medio ambiente en el siglo XXI* (1^{ra} ed.). México: Pearson Educación.
- CHEN, I., SHIU, H., BENEDICK, S., HOLLOWAY, J., CHEYE, V., BARLOW, H., HILL, J., y THOMAS, C. 2009. «Elevation increase in moth assemblages over 42 years on a tropical mountain». En: *Proceeding of the National Academy Of Science of the United States of America*, 106, 1479-1483.
- FAGUA, J., y GONZÁLEZ, V. 2006. «Growth rates, reproductive phenology, and pollination ecology of *Espeletia grandiflora* (Asteraceae), a giant Andean caulescent rodette». En: *Plant Biol*, 9, 127-135.
- GIELIS, C. 2003. «Pterophoridae & Alucitidae». En: *World Catalogue of Insects*, 4, 1-198.
- GUHL, E. 1982. *Los páramos circundantes de la sabana de Bogotá*. Bogotá: Jardín Botánico José Celestino Mutis.
- HENRICH, B. 1981. *Insect thermoregulation*. Nueva York: John Wiley & Sons Inc.
- HOFSTEDE, R., COPPUS, R., MENA, P., SEGARRA, P., WOLF, J., y SEVINK, J. 2002. «The conservation status of tussock grass páramo in Ecuador». En: *Ecotrópicos*, 15(1), 3-18.
- HOFSTEDE, R., LIPS, J., JONGSMA, W., y SEVINK, Y. 1998. *Geografía, ecología y forestación de la sierra alta del Ecuador*. Quito: Abya-Yala.
- HOFSTEDE, R., SEGARRA, P., y MENA, P. (Eds.). 2003. *Los páramos del mundo. Proyecto Atlas Mundial de los Páramos*. Quito: Global Peatland Initiative/NC-IUCN/EcoCiencia.
- IBAÑE, J. 2004. *Estudio de la composición del aceite esencial y de la resina en el ciclo vital de la Espeletia schultzei, Coespeletia, Moritziana, Ruilopezia atropurpurea y de un híbrido procedentes de diferentes poblaciones altitudinales*. Trabajo especial para optar al título de magíster en Química orgánica. Mérida: Universidad de los Andes, Facultad de Ciencias.
- INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES (IDEAM), Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). 2002. *Páramos y ecosistemas altoandinos en condición hotspot y global climate tensor*. Bogotá: IDEAM-PNUD.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). 2007. *Climate change 2007: impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of working Group II to the Fourth assessment report of the intergovernmental panel of climate change*. Cambridge: Cambridge University Press.
- KESSLER, M. 2006. «Bosque de *Polylepis*». En: *Botánica económica de los Andes centrales*. La Paz: Universidad Mayor de San Andrés.
- MADDEN, L., LOUIE R., ABT, J.J. y KNOKE J.K. 1982. «Evaluation of test for randomness of infected plant». En: *Phytopathology*, 72: 195-198.

MATTHEWS, D. 2008. «Plume moths (lepidoptera: *Pterophoridae*)». En: *Encyclopedia of entomology*. Florida: Springer.

MATTHEWS, D. 2010. *A new species of Hellinsia from the Southeastern United States (lepidoptera: Pterophoridae)*. Florida: McGuire Center for Lepidoptera and Biodiversity Florida Museum of Natural History University of Florida.

MATTHEWS, D., y LOTT, T. A. 2005. «Larval host plants of the *Pterophoridae* (lepidoptera: *Pterophoridae*)». En: *Memoirs of the American Entomological Institute*, 76, 1-324.

MEDINA, M. 2009. *Estado de avance en la investigación y observaciones sobre las especies de frailejón que están siendo afectadas por insectos plaga y hongos fitopatógenos en el PNN Chingaza*. Informe técnico. Bogotá: INAB-IDEAM.

MENDOZA, S. 2010. *Aspectos ecológicos de los patógenos asociados a Espeletia grandiflora en el Parque Nacional Natural Chingaza*. Tesis para optar al título de bióloga ambiental. Bogotá: Universidad Jorge Tadeo Lozano.

METCALF, C., y FLINT, W. 1985. *Insectos destructivos e insectos útiles: sus costumbres y su control* (4ª ed.). Nueva York: McGraw-Hill.

MONASTERIO, M. 1986. «Adaptive strategies of speletia in the andean desert páramo». En: *High tropical biogeography*. Oxford: Oxford University Press.

MOZILLO, J., SESSÉ, M., ECHEVERRÍA, A., y GODOY, J. 2010. *La real expedición botánica a Nueva España: familia Asteraceae* (3ª ed.).

MULLEN, G. 2002. «Moth and butterflies». En: *Medical and Veterinary Entomology*, 363-381.

ORTIZ, R. 1997. «Expansión de la frontera agrícola». En: *Informe sobre el estado de la biodiversidad, tomo III*. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

PARKER, R. 2000. *La ciencia de las plantas* (1ª ed.). Madrid: International Thomson Editores Spain Paraninfo.

PIELOU, E. 1965. «The spread of disease in patchily-infected forest stands». En: *Forest Science*, 11, 18-26.

POWELL, J. 2009. «Lepidoptera: moth, butterflies». En: *Encyclopedia of insects* (2ª ed.). California: Academic Press.

PRIMACK, R., y ROS, J. 2002. *Introducción a la biología de la conservación*. Barcelona: Ariel.

RAVEN, P. 2004. *Biology of plants*. Oxford: Oxford University Press.

- RICKLEFS, R. 1998. *Invitación a la ecología* (4ª ed.). Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana.
- RIVERA, D. 2001. *Páramos de Colombia*. Bogotá: Banco de Occidente.
- RUIZ, D., MORENO, H., GUTIÉRREZ, M., y ZAPATA, P. 2008. «Changing climate and endangered high mountain ecosystems in Colombia». En: *Science of the Total Environment*, 398, 1-122.
- STURM, H. 1990. «Contribución al conocimiento de las relaciones entre los frailejones (*Espeletiinae*, *Asteraceae*) y los animales en la región del páramo andino». En: *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 17(67), 667-685.
- STURM, H., y RANGEL, C. 1985. *Ecología de los páramos andinos, una visión preliminar integrada*. Instituto de Ciencias Naturales.
- TAIZ, L., y ZEIGER, E. 2006. *Fisiología vegetal* (1ª ed.). Castellón de la Plana: Universitat Jaume.
- TRINIDAD, R. 2009. «Posible impacto del calentamiento global sobre el ecosistema de las Antillas Mayores». En: *Revista Umbral*, 1, 177-198.
- TRUJILLO, D. 2002. *Interacciones entre el frailejón (*Espeletia Killipii* Cuatrec.), gorgojos (*Curculionidae*) y el coatí de montaña (*Nasuella olivacea*) en un gradiente de disturbio*. Parque Nacional Natural Chingaza.
- UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL SISTEMA DE PARQUES NACIONALES NATURALES (UAESPNN). 2005. *Plan de manejo del Parque Nacional Natural Chingaza*. Documento en versión digital.
- VAN DER HAMMEN, T. 1998. «Páramos». En: *Informe nacional sobre el estado de la biodiversidad 1997-Colombia*. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- VÁSQUEZ, F. 2004. *El manejo agroecológico de la finca: una estrategia para la prevención y disminución de afectaciones por plagas agrarias*. La Habana: Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal.
- WARREN, M., HILL, J., THOMAS, J., ASHER, J., FOX, R., HUNTLEY, B., ROY, D., TELFER, M., JEFFCOATE, S., HARDING, P., JEFFCOATE, G., WILLIS, S., GREATOREX-DAVIES, J., MOSS, D., y THOMAS, C. 2001. «Rapid responses of british butterflies to opposing forces of climate and habitat change». En: *Nature*, 414, 65-69.