

RESEARCH ARTICLE

Engineering

# Análisis de la predación de semillas *Espeletia killipii* ocasionada por un artrópodo de la familia Curculionidae en el valle del Tunjo-Parque Nacional Natural Chingaza

Analysis of seed predation *Espeletia killipii* caused by an arthropod of the Curculionidae family in the Tunjo Valley-Chingaza National Natural Park

Ivette Coque Infante<sup>1,2\*</sup> | Natalia Sofía Alfonso Vanegas<sup>1,2†</sup> |  
Cristian David Cifuentes Parada<sup>1,2‡</sup>

<sup>1</sup>Universidad INCCA de Colombia, Bogotá D.C.

<sup>2</sup>Grupo de Investigación Ecología Evolutiva y Biogeografía Tropical ECOBIT.

Correspondence

Ivette Coque Infante  
Email: [icoquei@unincca.edu.co](mailto:icoquei@unincca.edu.co)

Copyright: Licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Interna.



The publication of this journal is funded by Universidad ECCI, Bogotá-Colombia.

Editors: Robert Paul Salazar

Editorial assistant: Luz Adriana Suárez Suárez.

**How to cite:** Ivette Coque Infante, Natalia S. Alfonso Vanegas & Cristian D. Cifuentes Parada, *Analysis of seed predation *Espeletia killipii* caused by an arthropod of the Curculionidae family in the Tunjo Valley-Chingaza National Natural Park*, TECCIENCIA, Vol. 17, No. 32, 41-52, 2022  
DOI:<http://dx.doi.org/10.18180/tecciencia.2022.32.4>

**Abstract.** The herbivory carried out by arthropods of the Curculionidae family on inflorescence of *Espeletia killipii* was determined experimentally through field and laboratory measurements. The samples of flowers were collected according to experimental design in two areas that present high and low anthropic alteration in the Tunjo river valley, into Chingaza Natural Park, jurisdiction of Calera-Cundinamarca. The insect feeds on the seeds causing a natural predation of this frailejón. The flowers were analyzed in the laboratory to quantify seed predation and the presence of the animal in its different stages of growth: larvae, pupae, worms and adults. The damage caused by the arthropod to the seeds of *Espeletia killipii*, added to the anthropogenic disturbances in the area and the increase in temperature due to climate change, can further alter the delicate balance of *Espeletia killipii* with the environment.

**Keywords:** Anthropic alteration, Chingaza, *Espeletia killipii*, frailejón, paramo, arthropod.

**Resumen.** La herbivoría realizada por artrópodos de la familia Curculionidae sobre capítulos de *Espeletia killipii* fue determinada por vía experimental mediante la medición en campo y laboratorio. Se recolectaron muestras de capítulos según diseño experimental en dos zonas que presentan alta y baja alteración antrópica en el valle del río Tunjo, perteneciente al Parque Natural Chingaza, jurisdicción del municipio de la Calera-Cundinamarca. El insecto se alimenta de las semillas ocasionando una predación natural de este frailejón. Los capítulos fueron analizados en el laboratorio para cuantificar la predación de semillas y la presencia del animal en sus distintos estadios de crecimiento: larvas, pupas, gusanos y adultos. El daño ocasionado por el artrópodo a las semillas de *Espeletia killipii*, sumado a los disturbios de tipo antrópico existentes en la zona y el aumento de la temperatura por el cambio climático pueden alterar aun más el delicado equilibrio de la *Espeletia killipii* con el entorno.

**Palabras clave:** Alteración antrópica, Chingaza, *Espeletia killipii*, frailejón, páramo, artrópodo.

\* Equally contributing authors.

## 1 | INTRODUCCIÓN

El complejo de páramos de Chingaza se encuentra ubicado sobre la cordillera Oriental de Colombia en los departamentos de Cundinamarca, Meta y Boyacá, tiene una extensión de 111,667 hectáreas [1][2], comprende varios páramos separados: Chingaza, Gachalá, Guasca, Guatavita, Las Barajas, Las Burras, El Atravesado y San Salvador [3]. El sistema tiene un perfil altitudinal comprendido entre 2.700-4.000 metros sobre el nivel del mar (msnm). Las precipitaciones anuales son de 2.000 mm (a 2.800 msnm), 1.000-1.500 mm (a 3.000 msnm) y 500-900 mm por encima de 3.000 msnm [4]. Los páramos de Chingaza tienen alta capacidad de regulación y almacenamiento de agua [5], se han contabilizado 47 lagunas en el complejo. Esta cualidad ha convertido a estos ecosistemas en altamente estratégicos, el sistema Chingaza es fuente de abastecimiento de agua potable para el 20% de la población Colombiana además, aporta el agua para la generación de energía hidroeléctrica de los embalses del Guavio, Chivor. El 44% del territorio ha sido declarado como el Parque Natural Nacional Chingaza.

La flora del sistema Chingaza es un mosaico de frailejonales, pajonales, matorrales en medio de humedales [6]. Se han registrado 1.229 especies de plantas pertenecientes a 521 géneros y 204 familias que equivalen al 23% del total de plantas vasculares registradas en la región paramuna [2] siendo en su mayoría angiospermas [7][8]. Los frailejones dominantes de la zona son *Espeletia uribei* (frailejon de Chingaza), *E. grandiflora* (frailejon mayor) y *E. killipii* (frailejon de Chisacá), *E. argentea*, *E. barclayana*, *E. chocontana* [9]. Las plantas árnicas predominantes son *Senecio garcibarrigae* y *S. formosissimus*, *Diplostephium huertasii*, y el tuno (*Miconia wurdackii*). Otras especies relevantes son *Chusquea tessellata*, *Carex bonplandii*, *Festuca sp.*, *Breutelia sp.*, *Calamagrostis sp.*, *Sphagnum magellanicum*, *Agrostis araucana*, *Paspalum hirtum*, *Rhynchospora macrochaeta* y *Sphagnum sancto-josephense* [9]. Dentro del grupo de plantas no vasculares (hepáticas, musgos y líquenes) se encuentran 69 familias, 124 géneros y 292 especies [10].

**TABLA 1** Artropofauna asociada a los frailejones en Colombia [12][13][14].

Phyllum Arthropoda; clase Insecta.		
Orden	Familias	Géneros
Coleóptera (escarabajos)	Curculionidae Melyridae <sup>C</sup> Chrysomelidae <sup>C</sup> Staphylinidae <sup>P</sup>	Phyllotrox <sup>P,C</sup> (gorgojo) Haplamaurus Phyllotrupes <sup>C</sup> Polylobus <sup>C,P</sup>
Diptera <sup>C</sup> (moscas, mosquitos)	Bobionidae <sup>P,C</sup> Drosophilidae Tachnidae <sup>V</sup> ; Syrphiade <sup>V,P</sup> , Tephritidae <sup>V</sup>	Dilophus <sup>C,P</sup> Drosophila
Drosophilidae (sub-orden) de Diptera Homoptera (cigarras, pulgones) Hymenoptera <sup>P</sup> (abejas, avispas, hormigas) Lepidóptera (mariposas, polillas) <sup>V</sup> , Orthoptera (saltamontes y grillos) Thysanoptera (arañuelas) Sternorrhyncha (sub-orden)	Nymphalidae	Pedaliodes y Lymanopoda
(C) Fauna presente en PNN Chingaza; (V) Insectos visitantes; (P) Polinizadores.		

La especie *Espeletia killipii*, es un frailejon que crece entre 3.119-3772 msnm, en vegetación de tipo pajonal o arbustal del páramo de Chingaza, su nombre alude al botánico Ellsworth P. Killip del Smithsonian Institution quien la recolectó. Alcanza una altura máxima de 2,5 metros, tiene hojas con lámina foliar estrechamente oblonga, ápice agudo y atenuada hacia la base, sécil, cubierta de indumento denso lanoso blanco, ocráceo blancuzco, nervios secundarios visibles por el envés [9]. Las sinflorescencias poseen generalmente de 3 a 7

capítulos, esporádicamente suelen tener 11. Existen dos variedades: a) *E. killipii* var. *chisacana*, la cual tiene flores liguladas de 20-26 mm de largo y tubo de 1.5-3 mm de largo, generalmente con 3-7 capítulos. b) *E. killipii* con flores liguladas de 12-16 mm de largo y tubo de 3.5-6 mm de largo y con 3 capítulos [9].

La fauna principal asociada a los frailejones es extensa, existen al menos 25 órdenes; 20 familias; 60 géneros y 54 especies de artrópodos [10][11]. Amat [11] presentó una revisión bibliográfica de la artropofauna de los páramos de Colombia y realizó en campo una lista preliminar de artrópodos en el PNN Chingaza. La Tabla 1 muestra un resumen de la clase Insecta predominante en las espeletias, adicionalmente hay otros taxones igualmente presentes en estas plantas como los *subphyllum Myriapoda* y Crustacea; las clases Arachnida, Diplopoda, Chilopoda, Pauropoda, Symphyla y subclases Collembola y Acari.

Las inflorescencias de los frailejones forman merotopos que proveen alimento y abrigo a una artropofauna particular para cada variedad de espeletia. En la Tabla 2 se muestran los resultados de varios estudios [11][14][15] que han identificado los artrópodos presentes en los capítulos de *E. grandiflora* en el PNN Chingaza. Los insectos asociados a los capítulos, permanecen de manera permanente o temporal, según su forma de alimentación pueden ser herbívoros, predadores o saprófagos, algunos cumplen función polinizadora (ver Tabla 2).

La herbivoría produce daños en las inflorescencias, su efecto varía de acuerdo a factores bióticos y abióticos involucrados [16][17]. Se ha documentado por ejemplo que las larvas de fitófagos de familias y géneros como Curculionidae, Tephritidae, Drosophilidae, Agromyzidae y Lepidoptera destruyen los tejidos causando floración irregular de *E. boyacensis*[14].

En el PNN Chingaza, se han realizado varios estudios en la cuenca de la quebrada Calostros (La Calera-Cundinamarca), esta zona en la última década ha sido afectada de manera notable por predación natural y hongos.

**TABLA 2** Artropofauna asociada a los frailejones en Colombia [12][13][14].

Artrópodos	Función/característica
Tysanoptera, Polylobus sp, Collembola, Larvas de Drosophilidae	Residentes, saprófagos, no polinizadores
Phyllotrox aristidis, larvas de lepidóptera	Residentes, herbívoros, no polinizadores
Colpodes sp, Salticidae, Opilionidos	Visitantes, predadores, no polinizadores
Espistrophus (Curculionidae, Curclionidae), Drosophila sp	Visitantes, saprófagos, no polinizadores
Chalcostigma heteropogon, Rhamphomicon microrhynchaum, Oxipogon guerinii, Dhiolophus espeletiae, Phyllotrupes sp, Haplamaurus kiesenwetteri	Residentes, herbívoros, bajo polinizadores
Morfotipos de Pyralidae Noctuidae Geometridae	Residentes, herbívoros, medio polinizadores
Bombus funebris, Bombus rubicundis	Residentes, herbívoros, altos polinizadores eficiencia

Medina et al 2010 [18] hallaron evidencia de herbivoría en la roseta, entorchamiento, deformación de hojas y pudrición del tallo, causadas por larvas de lepidoptera y escarabajos: *Dyscolus sp*, *D. interruptus*, *D. striatulus* en individuos de *E. uribei* y *E. argentea*. Jiménez [19] analizó 1.348 individuos de *E. argentea*, en el periodo de lluvias, donde registró que la población presentaba una prevalencia de infección y herbivoría alta con baja severidad [9]. En época seca, Suárez [20], hizo el mismo seguimiento, encontrando un incremento de 7,9% del entorchamiento y herbivoría. Un estudio posterior de Hernández et al., [21] identificó a la especie *Oidaematophorus espeletiae* (orden lepidóptera) como la principal causante del daño por herbivoría, también se halló insectos de *Hellinsia sp*. Una reciente investigación de Beltran [22], estudió la relación del gradiente altitudinal del terreno con respecto a la afectación por herbivoría causada por la polilla *O. espeletiae* la cual ataca meristemas y rosetas de *E. grandiflora* y *E. killipii* *cuatrec*.

En la misma cuenca, la afectación por hongos fue analizada por Mora [23], el investigador cuantificó la afectación de *E. grandiflora* y *E. argentea*, en 49% y 78% respectivamente, ocasionada por hongos endófi-

tos, *Trichoderma* sp., *Cladosporium* sp., *Paecilomyces* sp., *Penicillium* sp., *Mucor* sp., *Nigrospora* sp. y *Oedocephalum* sp. Bermúdez [24], determinó la afectación de *E. grandiflora* entre 70-80%, causada por hongos *Penicillium* sp., *Paecilomyces* sp., *Aspergillus* sp. y *Nigrospora* sp. Ataques biológicos también han sido reportados en otras zonas geográficas, Bohórquez et al., [25] estudiaron una enfermedad foliar en *E. paipana*, especie endémica del departamento de Boyacá, la cual ha sido declarada en peligro de extinción, debido a que el área de existencia se ha reducido a escasos  $7000m^2$  [26]. Ante este panorama, se han adelantado estudios para detener la propagación de enfermedades, por ejemplo se ha encontrado que el hongo *Trichoderma* sp. tiene potencial antagonista para inhibir el crecimiento de varios fitopatógenos como *Cladosporium*, *F. graminearum*, *F. oxysporum*, *F. solani*, *Nigrospora*, *Penicillium*, *Aspergillus*, *Paecilomyces*, *Trichoderma*, al igual que las cepas de *Aspergillus* sp. [9]. Factores como el incremento de las actividades antrópicas, la propagación enfermedades, desbalance de la fauna específica y el efecto del cambio climático arrojan preocupantes estimaciones sobre el ecosistema paramuno. Algunos estudios sugieren que más del 80% de los frailejones de nuestro país presentan alguna amenaza [27][28][29]. La reducción de los frailejones ocasiona múltiples problemas al páramo, como la disminución de fauna característica, aparición de flora invasora, eliminación de grandes reservas de carbono orgánico a nivel del suelo, el efecto más devastador sobre el ecosistema es la pérdida de la capacidad para absorber humedad y transformarla en agua de escorrentía [29][30].

## 2 | METODOLOGÍA

### 2.1 | Área de estudio

La experimentación en campo se realizó en el valle del Tunjo, ubicado a  $4^{\circ}46'17''N$ ;  $73^{\circ}49'40''W$ , con altimetría delimitada entre 3.200-3.500 msnm, la zona pertenece al Páramo de Chingaza, jurisdicción del municipio La Calera (Depto. Cundinamarca). Este valle presenta un gradiente de alteración antrópica, las zonas ubicadas a 3500 msnm tienen baja afectación, mientras que aquellas que están a menor altitud ( $\sim 3400$  msnm) presentan alto disturbio antrópico. Se analizaron dos zonas de manera independiente:

- Baja alteración antrópica: Sin vestigio de incendios, en el área predominan las especies *Chusquea tessellata* y *E. killipii*, en menor grado la variedad *Calamagrostis* sp., *C. effusa*, *C. bogotensis* y *Puya santosii* [1][27].
- Alta alteración antrópica: El suelo de esta zona posee historial de incendio reciente y actividad de pastoreo, hay presencia de individuos de *E. killipii* en medio de pastizales del género *Agrostis*.

### 2.2 | Diseño experimental

#### 2.2.1 | Muestreo

Se utilizó el tipo de muestreo para vegetación basado en el método de transecto de banda. Se delimitaron tres parcelas (parches) con dimensiones de  $30m$  de largo y  $25m$  de ancho, para cada una de las zonas de alteración antrópica. Las seis parcelas resultantes fueron internamente divididas en 30 cuadrados pequeños con área de  $25m^2$ , se eligió al azar un individuo de *E. killipii*, por cuadrado. Noventa plantas fueron escogidas por zona de alteración antrópica. Por cada planta seleccionada se cuantificó el número de capítulos e inflorescencias y se recolectaron al azar diez capítulos. En el laboratorio se analizaron individualmente los capítulos para cuantificar el número de individuos del artrópodo en cada uno de los estadios (larvas, pupas, gusanos y adultos) y la cantidad de semillas predadas. La familia taxonómica del artrópodo también se determinó.

### 2.3 | Modelo estadístico

Se realizó un diseño experimental  $1 \times 3$  de manera independiente tanto para la zona de baja como de alta alteración antrópica. La comparación de medias se realizó aplicando ANOVA de un factor con tres niveles. Donde el factor es la parcela y los niveles (3) corresponden al número de parches seleccionados. Las variables de respuesta: # larvas/capítulo, # pupas/capítulo; # gusanos/capítulo; # artrópodo adulto/capítulo; %

de predación de semillas/capítulo Las hipótesis a plantear fueron:

- $H_0$ : Las medias de los tratamientos comparados son iguales.
- $H_a$ : Las medias de los tratamientos comparados no son iguales.

## 2.4 | Validación del modelo

Se obtuvieron 30 grupos de datos (con 30 observaciones por cada uno) equivalentes a: 2 zonas  $\times$  3 parches  $\times$  5 variables de respuesta. Se verificó el supuesto de normalidad aplicando la prueba de Shapiro-Wilk. Se tuvo en cuenta las hipótesis nula y alternativa:

- $H_0$  = Las observaciones se ajustan a una distribución normal.
- $H_a$  = Las observaciones no se ajustan a una distribución normal.

Se realizó la prueba de Levene para contrastar la homogeneidad de varianzas (homocedasticidad) con el fin de validar el modelo ANOVA de un factor, de acuerdo a las hipótesis:

- $H_0$  = Las varianzas de los grupos son iguales.
- $H_a$  = Al menos una de las varianzas de los grupos es diferente.

Finalmente se realizó la comparación múltiple de medias aplicando Tukey HSD. En los casos en que no se aplicó ANOVA de una vía, las medias se compararon aplicando el test de Tamhane. Los análisis estadísticos inferenciales se realizaron con un nivel de confianza estadística del 95%, se utilizó el software SSPS®.

## 3 | RESULTADOS

El análisis de laboratorio del artrópodo presente en los capítulos de *E. killipii* en la zona geográfica del valle del río Tunjo indica que el insecto pertenece al phylum: Arthropoda, clase: Insecta; Orden: Coleóptera, familia: Curculionidae, (ver Fig. 1), estudios posteriores son necesarios para identificar el género y especie del artrópodo. Varios investigadores han reportado la presencia en la PNN Chingaza de insectos pertenecientes a esta familia (ver Tablas 1 y 2).



**FIG. 1** Artrópodo presente en los capítulos de *E. killipii*.

### 3.1 | Idoneidad del modelo estadístico

Los resultados de la aplicación de la prueba Shapiro-Wilk para validar el supuesto de normalidad del grupo de observaciones se muestran en las Tabla 3. El valor-p fue mayor a 0,05 en todos los grupos de datos, por tanto se aceptó la hipótesis nula ( $H_0$ ): Las observaciones se ajustaron a una distribución normal.

**TABLA 3** Prueba Shapiro-Wilk, variables de respuesta de *E. killipii*.

Variables de respuesta	$^{\circ}L$	Baja alteración			Alta alteración		
		Valor-p			Valor-p		
		P1	P2	P3	P1	P2	P3
Larvas/capítulo	30	0,819	0,171	0,301	0,060	0,071	0,084
Pupas/capítulo	30	0,825	0,497	0,103	0,404	0,983	0,479
Gusanos/capítulo	30	0,096	0,256	0,069	0,280	0,841	0,638
Adultos/capítulo	30	0,060	0,081	0,400	0,776	0,052	0,638
% Predación semillas/cap.	30	0,098	0,265	0,069	0,208	0,401	0,168

**TABLA 4** Prueba de Levene.

Variables de salida	Baja alteración		Alta alteración	
	Estadístico	Valor-p	Estadístico	Valor-p
Larvas/capítulo	2,461	0,091	4,521	0,014*
Pupas/capítulo	5,804	0,004	13,992	0,000*
Gusanos/capítulo	0,922	0,402	2,982	0,056
Adultos/capítulo	1,236	0,296	1,643	0,199
%Predación semillas/cap.	0,280	0,756	0,970	0,383

La Tabla ?? muestra la validación de la prueba de homogeneidad de varianzas. Según los resultados, no se aplicó el ANOVA de una vía para comparar las medias de las variables de salida larvas/capítulo y pupas/capítulo en la zona de alta alteración (valor-p<0,05, Tabla 4).

**TABLA 5** ANOVA de un factor.

Variable de salida	Ítem	$^{\circ}L$	Zona de baja alteración antrópica				Zona de alta alteración antrópica			
			SC	MC	F	p-valor	SC	CM	F	p-valor
Larvas/capítulo	Entre grupos	2	3,697	1,848	2,560	0,083	No	Aplica		
	Dentro de grupos	87	62,821	0,722						
	Total	89	66,518							
Pupas/capítulo	Entre grupos	2	12,057	6,028	3,824	0,026	No	Aplica		
	Dentro de grupos	87	137,160	1,577						
	Total	89	149,217							
Larvas/capítulo	Entre grupos	2	3,697	1,848	2,560	0,083	No	Aplica		
	Dentro de grupos	87	62,821	0,722						
	Total	89	66,518							
Gusanos/capítulo	Entre grupos	2	2,723	1,361	5,408	0,006	9,322	4,661	15,102	0,0
	Dentro de grupos	87	21,900	0,252	26,850	0,309				
	Total	89	24,623	36,171						
Gusanos/capítulo	Entre grupos	2	2,723	1,361	5,408	0,006	9,322	4,661	15,102	0,0
	Dentro de grupos	87	21,900	0,252	26,850	0,309				
	Total	89	24,623	36,171						
Adultos/capítulo	Entre grupos	2	50,194	25,097	8,692	0,000	207,996	103,998	33,673	0,0
	Dentro de grupos	87	251,193	2,887	268,699	3,088				
	Total	89	301,386	476,696						
% Predación de semillas/capítulo	Entre grupos	2	973,925	486,962	8,403	0,0	208,331	104,165	1,841	0,165
	Dentro de grupos	87	5041,92	57,953	4921,470	56,469				
	Total	89	6015,845	5129,801						

SC: suma de cuadrados; CM: cuadrado medio.

### 3.2 | ANOVA

Los resultados de la prueba ANOVA de un factor se muestran en las Tabla 5. Se infiere que no hay diferencia significativa de las medias para el promedio de larvas/capítulo en la zona de baja alteración (valor-p 0,083). El % de predación de semillas en la zona de alta alteración tampoco presentó diferencias significativas en las medias (valor-p 0,165).

Para las demás variables si hay diferencias significativas en las medias. Se infiere por tanto que la elección de los parches no influyó sobre el # de sinflorescencias, el diámetro del tallo y de la roseta de los individuos de *E. killipii*.

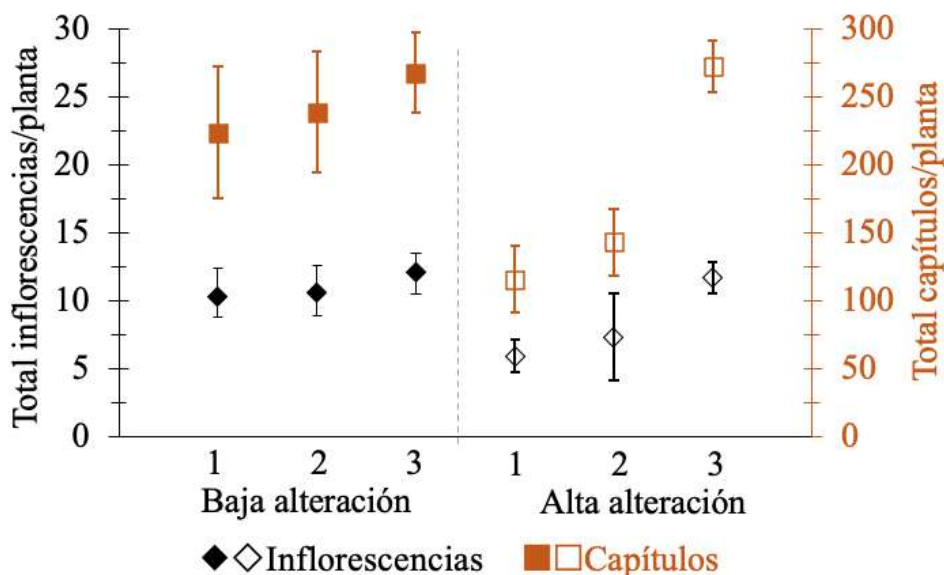
**TABLA 6** Comparaciones múltiples Tukey HSD.

I	J	Larvas		Pupas		Gusanos		Adultos		Semillas predadas	
		Baja	Alta	Baja	Alta	Baja	Alta	Baja	Alta	Baja	Alta
P1	P2	0,019*	0,000*T	0,967	0,054T	0,426	0,000	0,970	0,739	0,001*	0,202
	P3	0,978	0,001*T	0,037*	0,015T	0,004*	0,000*	0,002*	0,000*	0,965	0,991
P2	P1	0,019*	0,000*T	0,967	0,054T	0,218	0,951	0,001*	0,000*	0,001*	0,254
	P3	0,231	0,000*T	0,067	0,760T	0,426	0,000*	0,970	0,739	0,003*	0,202
P3	P1	0,978	0,010*T	0,037*	0,015*T	0,218	0,951	0,001*	0,000*	0,965	0,254
	P2	0,231	0,000*T	0,067	0,760T	0,004*	0,000*	0,002*	0,000*	0,003*	0,991

(T) Comparación múltiple de medias aplicando Tamhane (para ensayos donde no se cumple homocedasticidad).  
(\*) Diferencia significativa entre medias.

## 4 | CUANTIFICACIÓN DE INFLORESCENCIAS Y CAPÍTULOS DE *E. KILLIPII*

El promedio de inflorescencias por planta en la zona de baja alteración estuvo comprendido entre 10,3-12,1, según se observa en la Fig. 2, los intervalos del error experimental no permiten establecer alguna diferencia en las medias de inflorescencia/planta en los tres parches.



**FIG. 2** *E. killipii*, promedio de inflorescencias y capítulos por planta.

En la zona de alta alteración el intervalo de inflorescencias/planta fue 5,9-11,7; se observó mayor variación en el error experimental específicamente en la parcela 2. Por tanto no es posible afirmar categóricamente que la intensidad del disturbio antrópico afecta la formación de inflorescencias en los individuos de *E. killipii*. Con

respecto al promedio de capítulos por planta, en la zona de baja alteración se obtuvo un intervalo de 223,7-267,6; sin embargo el error experimental en los tres parches es grande ( $\pm 29$  hasta  $\pm 48$ ), lo cual impide determinar diferencias significativas en las medias. La zona de alto disturbio antrópico arrojó valores del promedio de capítulos/planta entre 115,9-267,6; en la Fig. 2 se aprecia que los parches 1 y 2 presentaron bajos valores, los cuales son significativamente inferiores con respecto al promedio obtenido en la parcela 3. Existe por tanto mayor variabilidad en los resultados encontrados para la zona de alta alteración antrópica en cuanto al error experimental así como se observa que el promedio de inflorescencia y capítulos por planta del parche 3 es prácticamente similar a los reportados en los parches de la zona de baja alteración.

#### 4.1 | Estadio del artrópodo en los capítulos de *E. killipii*

##### 4.1.1 | Larvas/capítulo

En la zona de baja alteración antrópica, el promedio de larvas por capítulo estuvo entre 2,7-3,2; dado que hay fluctuación en el error estándar (Fig. ??-izq), no es posible determinar por vía estadística diferencias significativa entre las medias de los tres parches (valor-p: 0,026 Tabla 5, ver Tabla 6). La zona de alta alteración arrojó un promedio de larvas/capítulo comprendido entre 3,2-7,5; donde se aprecia que hay una variación grande del error de las medias, claramente en el parche 1, por tanto no se puede aplicar ANOVA (Leven valor-p: 0,104, Tabla 5). El mas alto valor de larvas/capítulo fue arrojado por la parcela 2, siendo comparativamente distinto con respecto a los otros parches según la prueba, mientras que el valor para el parche 3 (3,2 larvas/cap.) fue inferior comparativamente a reportado para las otras parcelas, ambos resultados según la prueba de Tamhane (Tabla 5).

##### 4.1.2 | Pupas/capítulo

El promedio de pupas/capítulo en la zona de bajo disturbio antrópico para los tres parches estuvo entre 6,3-7,1 (Fig. 3-izq); se determinaron diferencias significativas en las medias (valor-p: 0,026 Tablas 5), donde la parcela 3 arrojó el mas bajo valor comparativamente con la parcela 1 (Tabla 6).

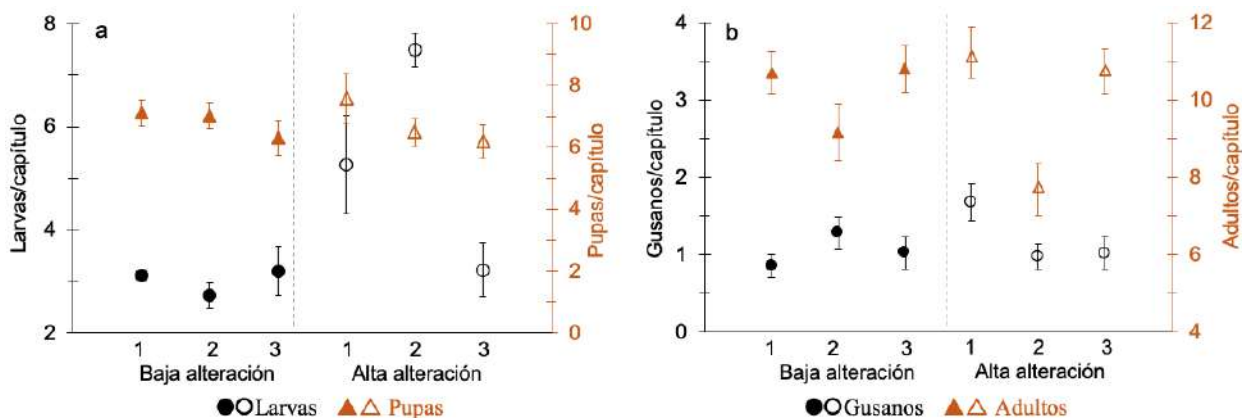


FIG. 3 Artrópodo presente en los capítulos de *E. killipii*. izq) Larvas, pupas; der) Gusanos, adultos.

El promedio de pupas/capítulo en la zona de bajo disturbio antrópico para los tres parches estuvo entre 6,3-7,1 (Fig. 3-izq); se determinaron diferencias significativas en las medias (valor-p: 0,026 Tabla 5), donde la parcela 3 arrojó el mas bajo valor comparativamente con la parcela 1 (Tabla 6). En la zona de alta alteración antrópica el intervalo de pupas/capítulo fue 6,2-7,6; donde el más alto valor se obtuvo para el parche 1, cuyo valor comparativamente es diferente con respecto al parche 3 (Tabla 5), para esta zona se usó la prueba de Tamhane.

#### 4.1.3 | Gusanos/capítulo

En la zona de bajo disturbio el promedio de gusanos por capítulo en los tres parches estuvo entre 0,9 y 1,3 (ver Fig. 3-der); donde el valor inferior del intervalo se halló para la parcela 1, siendo significativamente menor al compararlo con respecto al de las otras parcelas (valor-p: 0,006 Tabla 5, ver Tabla 6). Para la zona de alta alteración se obtuvo un promedio de gusanos/capítulo entre 1,0-1,7; estadísticamente hubo diferencia entre las medias (valor-p: 0,000 Tabla 5), la parcela 3 arrojó el más alto valor comparativamente con las otras parcelas (ver Tabla 6).

#### 4.1.4 | Artrópodo adulto/capítulo

La cantidad adultos por capítulo en la zona de baja alteración estuvo entre 9,2-10,8, ver Fig. 3-der. El tratamiento estadístico arrojó diferencia significativa de las medias (valor-p:0,000 Tabla 5); el valor mas bajo se cuantificó para la parcela 2, el cual es inferior comparativamente la media de las otros parches ( Tabla 6). En la zona de alta alteración se obtuvo entre 7,7-11,1 adultos/capítulo, donde el valor inferior del intervalo fue reportado para la parcela 2, y es significativamente inferior con respecto a las otras parcelas (valor-p:0,000 Tabla 5; ver Tabla 6). Por tanto no fue evidente que la cantidad de adultos por capítulo esté influenciada por el impacto de las actividades antrópicas del valle del rio Tunjo.

#### 4.1.5 | Depredación de semillas/capítulo

El artrópodo de la familia Curculionidae se alimenta de las semillas de *E. Killipii*. La Fig. 4, muestra el porcentaje de semillas predadas en ambas zonas de alteración antrópica. El porcentaje global de predación de semillas por capítulo está en el intervalo de 32-39%. En la zona bajo disturbio se detectaron diferencias significativas (valor-p:0,000 Tabla 5), c la parcela 2 tiene el mas alto valor (39%) el cual es diferente con respecto a las otras parcelas (ver Tabla 6).

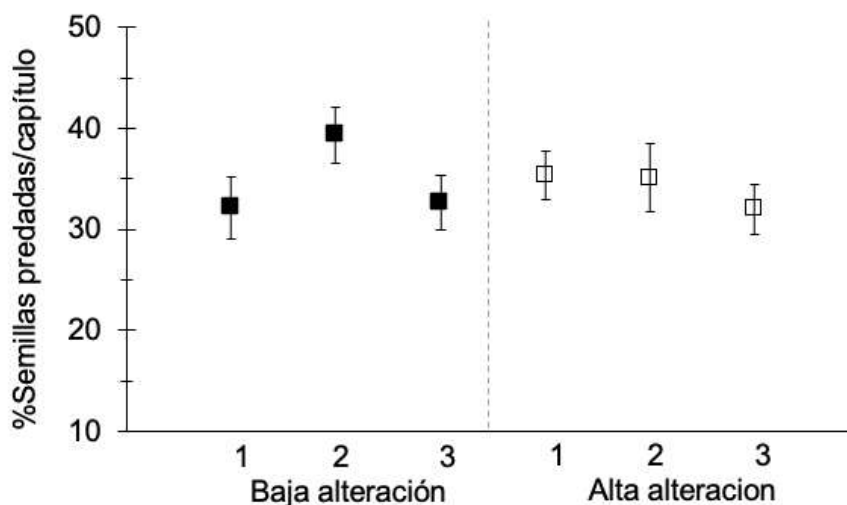


FIG. 4 Porcentaje de semillas predadas por capítulo.

En la zona de alto disturbio no se observaron diferencias significativa (valor-p: 0,165 Tabla 5), el promedio de predación en las tres parcelas fue 34%. Se infiere por tanto que la predación natural de semillas de *E. Killipii* es independiente de la zona de alteración antrópica, este resultado concuerda con el estudio realizado por Varela [31], quienes reportaron afectación similar de *E. grandiflora* por herbivoría en zonas con distinta severidad de disturbio antrópico. Aunque los daños a las semillas por insectos se compensan con el transcurso del tiempo gracias a la longevidad de las espeletias [14], esta predación natural se puede convertir en amenaza

para las plantas, debido a que en la actualidad la variedad *E. Killipii* está sometida a presiones de tipo antrópico según lo expone Rojas et al. [9]. En el valle del río Tunjo, hay ampliación de pastizales y cultivos, turismo no regulado, afectación por historial de incendio y herbivoría. Al disminuir la población de frailejones, estos quedan expuestos a mayores ataques biológicos por la pérdida de barreras físicas naturales, además las semillas tienen una característica que limita su fecundación debido a que no son transportadas con facilidad por el viento.

## 5 | CONCLUSIONES

Se evidenció la presencia de artrópodos de la familia Curculionidae en fases de larvas, pupas, gusanos y adultos dentro de los capítulos de individuos de *E. killipii*, en el valle del río Tunjo ubicado en el PNN Chingaza. El insecto se alimenta de la semillas generando una predación de las mismas entre el 32-39% por capítulo. La presencia del insecto en sus distintos estadios y la consecuente herbivoría fue prácticamente similar tanto en la zona de alta como de baja alteración antrópica. Dado que las plantas de *E. killipii* en la mencionada área han estado expuestas a disturbios de tipo antrópico, factores como la predación natural aumentan la amenaza de supervivencia de esta variedad.

## AGRADECIMIENTOS

A las autoridades del Parque Nacional Natural Chingaza y al Profesor Orlando Vargas de la Universidad Nacional de Colombia.

## References

- [1] L. Francisco and L. Karen, "Artículo de datos caracterización biológica en la zona de transición bosque-páramo del complejo de páramos chingaza , colombia biotic characterization of the forest-paramo transition zone in," *Biota Colomb*, 2019.
- [2] I. Humboldt and E. G. L. Páramos, vol. 37. Bogotá D.C: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2011.
- [3] D. P. G. Z. L. Garavito González and D. P. Tamayo, "Gobernanza territorial en los páramos chingaza y sumapaz-cruz verde. una comparación de sus principales actores y problemáticas," *Perspect. Geográfica*, vol. 23, no. 1, p. 11–30, 2018. DOI: [10.19053/01233769.6703](https://doi.org/10.19053/01233769.6703)
- [4] N. Marín and C. Cardona, "Vulnerabilidad al cambio climático de tres especies de flora del páramo," *Escuela de Ingeniería de Antioquía*, 2013.
- [5] G. Gil and C. Tobón, "Hydrological modelling with topmodel of chingaza páramo," *Rev. Fac. Nac. Agron*, vol. 69, no. 2, p. 7919–7933, 2016. DOI: [10.15446/rfna.v69n2.59137](https://doi.org/10.15446/rfna.v69n2.59137)
- [6] A. Hernández and R. Bernal, "los páramos y bosques altoandinos del pantano de montequiva o pantano de martos (guatavita, cundinamarca colombia): Caracterización ecológica y estado de conservación," *Biota Colomb*, vol. 15, no. 1, p. 3–39, 2014. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49140739002>.
- [7] M. Berdugo-Lattke, F. González, J. Rangel-Ch, and F. Gómez, "P-type based dimensionality reduction for open contours of colombian páramo plant species," 2016. DOI: [10.1016/j.ecoinf.2016.09.001](https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2016.09.001)
- [8] C. Londoño, A. Cleef, and S. Madriñán, "Angiospermiflora and biogeography of the páramo region of colombia, northern andes," *Flora*, vol. 209, p. 81–87, 2014. DOI: [10.1016/j.flora.2013.11.006](https://doi.org/10.1016/j.flora.2013.11.006)
- [9] J. Rojas, A. Ramírez, and K. Altsjor, "Plan de conservación y manejo de las especies de frailejones presentes en el territorio car," 2018.

- [10] O. Ríos and P. Pedraza, "El parque nacional natural chingaza," 2004.
- [11] G. García, "Artrópofauna del parque nacional natural chingaza," 1991.
- [12] D. Salas, G. Amat, and O. Vargas, "Composición y variabilidad estacional de las comunidades de macroartropodos epigeos del parque nacional natural chingaza, sector piedras gordas (cundinamarca, colombia)," in *5th Annual Meeting of the Canadian Gold Metallurgists*, (Colciencias, Inderena, EAAB, Universidad Javeriana, Bogotá D.C), p. 1–12, 1991.
- [13] *Libro frailjones*.
- [14] H. Sturm, "Contribución al conocimiento de las relaciones entre los frailejones (espeletiinae, asteraceae) y los animales en la región del páramo andino," *Rev. Académica Colomb. Ciencias*, vol. 17, no. 67, p. 667–685, 1990.
- [15] M. Gómez, *Estrategias adaptativas de plantas del páramo y del bosque Altoandino en la Cordillera Oriental de Colombia*. Colombia: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, 2005.
- [16] A. Medinaceli, F. Miranda-Avilés, and E. Gutierrez-Calucho, "Herbivoría en relación al tamaño de la planta y a las diferencias de exposición de pilea sp. (urticaceae) en la estación biológica tunquini, cotapata, la paz - bolivia," *Ecol. en Bolív*, vol. 39, no. 2, p. 4–8, 2004.
- [17] J. Quimbaya, "Evaluación del grado de afectación por entorchamiento y herbivoría en una población de espeletia grandiflora humb. amp; bonpl. de la cuenca alta de la quebrada calostros del parque nacional natural chingaza," *Pontificia Universidad Javeriana*, 2013.
- [18] M. Medina, A. Varela, and C. Martínez, "Registro de daño a los frailejones (asteraceae: Espeletia spp) por insectos y hongos patógenos en el pnn chingaza (colombia)," *Cespedia*, vol. 32, no. 90–91, p. 67–70, 2010.
- [19] M. Jiménez, *Evaluación del nivel de infección y herbivoría de poblaciones de Espeletia argentea de la cuenca de la quebrada Calostros en el Parque Nacional Chingaza*. Cundinamarca, Colombia: Universidad Javeriana, 2012.
- [20] J. Suarez, *Evaluación en los cambios de afectación por entorchamiento y herbivoría en poblaciones de Espeletia argentea durante la temporada seca 2012-2013, en el Parque Nacional Natural Chingaza*. Cundinamarca, Colombia: Universidad Javeriana, 2013.
- [21] L. Hernández, L. Fuentes, G. Fajardo, and D. Matthews, "A new species of oidaematophorus (lepidoptera: Pterophoridae) from chingaza national natural park in colombia," *Trop. Lepid. Res*, vol. 24, no. 1, p. 15–21, 2014.
- [22] J. Morales, *Composición Florística Asociada a Frailejones Espeletia spp Afectados por Oidaematophorus espeletiae en el PNN Chingaza*. Universidad Jorge Tadeo Lozano, 2018.
- [23] A. Mora, "Hongos endófitos asociados con espeletia grandiflora del pnn chingaza," *Universidad Javeriana*, 2012.
- [24] S. Bermúdez, "Comparación de hongos endófitos asociados a frailejones sanos y enfermos (espeletia grandiflora) en un gradiente altitudinal de la cuenca de la quebrada calostros del páramo del parque nacional natural chingaza," *Universidad Javeriana*, 2013.
- [25] M. Quintero, E. Barrera, and J. Maldonado, "Propagación in vitro de espeletia paipana s. díaz y pedraza, frailejón endémico en peligro de extinción," *Actual. Biológicas*, vol. 38, no. 104, p. 23–36, 2016-01. <https://revistas.udea.edu.co/index.php/actbio/article/view/328974>.

- [26] S. Buitrago, L. Vanegas, and C. Ramos, "Pérdida de pubescencia foliar y sus efectos fisiológicos en espeletia paipana (asterales, asteraceae), en el departamento de boyacá-colombia," *Rev. Biol. Trop.*, vol. 63, no. 3, p. 845, 2015.
- [27] E. Rojas, A. Ramírez, E. Salazar, and Y. Onzaga, *Los Frailejones del Territorio CAR*. Bogotá D.C: Pontificia Universidad Javeriana, Corporación Autónoma Regionadl de Cundinamarca CAR, 2018.
- [28] V. Salcedo, "Biología reproductiva de una población espeletia curialensis var. exigua," *Universidad Distrital*, 2018.
- [29] N. Majin, "Evaluación de cuatro sustratos de tipo tradicional en la reproducción del frailejón (espeletia hartwegiana) en vivero, para el repoblamiento en el páramo de barbillas, pancitará-cauca," *Universidad del Cauca*, 2019.
- [30] L.-M. Avellaneda-Torres, E. Torres, and T. León-Sicard, "Agricultura y vida en el páramo: una mirada desde la vereda el bosque (parque nacional natural de los nevados)," *Cuad. Desarro. Rural*, vol. 11, no. 73, p. 105-128, 2013.
- [31] A. Ramírez, "Unir esfuerzos técnicos, financieros, e institucionales entre la corporación autónoma regional de cundinamarca (car) y la pontificia universidad javeriana para el diagnóstico de poblaciones de frailejo," 2016.

