



## Variación del daño por herbivoría en hojas de papa (*Solanum tuberosum* ssp. *andigena*) en diferentes grados de cercanía a la vegetación nativa en Combaya, La Paz

### Variation of herbivory damage on potato (*Solanum tuberosum* ssp. *andigena*) leaves in different degrees of proximity to native vegetation in Combaya, La Paz

Jiménez Emili Antonia\* , Valenzuela-Celis Esther 

#### Datos del Artículo

Universidad Mayor de San Andrés.  
Instituto de Ecología.  
Jardín Botánico de La Paz.  
Casilla 10077-Correo Central.  
La Paz, Estado Plurinacional de Bolivia.

#### \*Dirección de contacto:

**Emili Antonia Jiménez**  
Universidad Mayor de San Andrés.  
Instituto de Ecología.  
Jardín Botánico de La Paz.  
Casilla 10077-Correo Central.  
La Paz, Estado Plurinacional de Bolivia.

E-mail: [mliejz86@gmail.com](mailto:mliejz86@gmail.com)

#### Palabras clave:

Paisaje,  
herbivoría,  
plagas,  
tubérculos,  
vegetación,  
cultivos.

*J. Selva Andina Biosph.*  
2022; 10(2):68-77.

ID del artículo: [118/JSAB/2022](https://doi.org/10.1177/2308486722111111)

#### Historial del artículo

Recibido abril, 2021.  
Devuelto septiembre, 2022.  
Aceptado octubre, 2022.  
Disponible en línea, noviembre 2022.

*Editado por:*  
*Selva Andina*  
*Research Society*

#### Keywords:

Landscape,  
herbivory,  
plagues,  
tubers,  
vegetation,  
crops.

#### Resumen

Las tasas de herbivoría elevadas están relacionadas con la aparición de nuevas plagas afectando a las plantas de interés comercial, como la papa (*Solanum tuberosum*). Si bien el interés de los agricultores es conocer a los principales depredadores de tubérculos, también es necesario entender los patrones de herbivoría en otras partes de la planta. En sistemas agrícolas la estructura del paisaje está determinada por los parches de vegetación, las parcelas de cultivo y el desplazamiento de la fauna asociada. Este estudio evaluó el daño por herbivoría en hojas de papa en función de la cercanía a parches de vegetación nativa en el Municipio de Combaya (Departamento La Paz, Bolivia). Se midió el porcentaje de daño foliar, el nivel de daño, el área foliar y la riqueza de herbívoros en cinco cultivos de papa. Los resultados revelaron que el porcentaje de herbivoría en cultivos cerca de la vegetación es significativamente superior al de los cultivos alejados (ANOVA  $P < 0.00023729$ ,  $F = 9.3046$ ). Los cultivos cerca de la vegetación mostraron en promedio  $8.266 \pm 0.859$  % de herbivoría mientras que los cultivos alejados  $5.909 \pm 0.585$  %. En total se capturaron 5 morfo-especies de herbívoros asociados a los cultivos de papa: 3 en cultivos cercanos y 2 en los alejados de la vegetación. La vegetación nativa juega un rol importante porque permitiendo que la fauna aproveche los recursos de todo el paisaje.

2022. *Journal of the Selva Andina Biosphere*®. Bolivia. Todos los derechos reservados.

#### Abstract

High herbivory rates are related to the emergence of new pests and are a problem for plants of commercial interest, such as potato (*Solanum tuberosum*). While the interest of farmers is to know the main tuber predators, it is also necessary to understand herbivory patterns in other parts of the plant. In agricultural systems, landscape structure is determined by vegetation patches, crops and the movement of associated fauna. This study evaluated herbivory damage on potato leaves as a function of proximity to patches of native vegetation in the municipality of Combaya (La Paz, Bolivia). The percentage of leaf damage, damage level, leaf area and herbivore richness were measured in five potato crops. The results showed that close vegetation crops have significantly higher herbivory than far away ones (ANOVA  $P < 0.00023729$ ,  $F = 9.3046$ ). Close vegetation crops showed  $8.266 \pm 0.859$  % herbivory, while are away ones  $5.909 \pm 0.585$  %. In total, five morpho-species of herbivores were found associated with potato crops: 3 in crops near and 2 in crops far from the vegetation. The native vegetation plays an important role because it allows the fauna to take advantage of the resources of the entire landscape.

2022. *Journal of the Selva Andina Biosphere*®. Bolivia. All rights reserved.



## Introducción

Las tasas de herbivoría elevadas provocan dos tipos de efectos, i) a nivel fisiológico, es común que la planta se beneficie con crecimiento compensatorio y mayor producción de sustancias químicas de defensa<sup>1,2</sup> y ii) a nivel ecológico, se relaciona con eventos como, la aparición de plagas<sup>2</sup>. Aunque, las plantas cuentan con mecanismos de defensa contra los herbívoros<sup>3</sup> algunos factores, como la limitación de nutrientes y agua, alteran su capacidad de respuesta ante la depredación<sup>4,5</sup> y en zonas de cultivos se pone en riesgo a plantas de interés comercial.

Los problemas de plagas en cultivos están relacionados con la estructura de la matriz del paisaje<sup>6</sup>, los parches de vegetación nativa interactúan con los cultivos mediante el desplazamiento de la fauna asociada<sup>7,8</sup>. Por una parte, la fauna especialista prefiere quedarse en la vegetación nativa, mientras que, la fauna generalista no tiene inconvenientes en expandirse hacia las áreas perturbadas, como las zonas cultivables<sup>9</sup>. La variedad de recursos y la poca competencia convierte a los sistemas agrícolas en áreas de diversificación para diferentes grupos de animales, entre ellos los herbívoros<sup>10</sup>. Por lo tanto, la distancia entre la vegetación y los cultivos es un factor que puede determinar la composición de herbívoros en los cultivos y al mismo tiempo aumentar las tasas de herbivoría.

En la mayoría de las plantas, las tasas de herbivoría son dependientes del área foliar (AF) y edad de las hojas<sup>11</sup>. Se entiende que, las hojas pequeñas y jóvenes son más susceptibles a ser depredadas, aunque las razones son diversas, y no hay consenso entre los autores<sup>12</sup>. Sabemos que, los isoflavonoides, glicoalcaloides presentes en las hojas de papa son nocivos para algunos herbívoros<sup>3</sup> y algunos estudios señalan que las concentraciones de estas sustancias fluctúan con la edad y el tamaño de las hojas<sup>12</sup>. Se presentan en menor concentración cuando las hojas son muy jóvenes<sup>11</sup>. De igual manera, las hojas pequeñas tienen

menor concentración de taninos haciéndolas más susceptibles a la depredación por herbívoros<sup>11</sup>.

En cultivos de papa en Bolivia se reportaron problemas con herbívoros como la cigarra marrón (*Russelliana solanicola*), cigarrita verde (*Empoasca* spp.) y nematodos los géneros *Nacobbus* spp. y *Globodera* spp.<sup>13</sup> que atacan principalmente a los tubérculos. Mientras que, los registros de herbívoros que atacan las hojas son escasos, un ejemplo es el escarabajo negro de la hoja (*Epicauta* spp.) que fue causante de plagas en las zonas bajas del país<sup>14,15</sup>. Si bien la preocupación principal de los agricultores es evitar la proliferación de plagas en los tubérculos, la herbivoría foliar también afecta en la vitalidad de la planta<sup>16</sup>, alterando los patrones de fotosíntesis, reproducción e integridad de los individuos<sup>16</sup>. Estudios previos expusieron que existe una relación negativa entre la depredación de tubérculos y la herbivoría foliar<sup>17</sup>. Sin embargo, la herbivoría foliar ha sido escasamente estudiada en la papa y no se conoce con claridad los herbívoros que la afectan.

La papa (*S. tuberosum* spp. *andigena*) es una especie cultivada de la familia Solanaceae con una amplia distribución en Sudamérica, que ha sido registrada entre 1500 a 4300 m de altitud<sup>18</sup> los mismos autores ubican a Bolivia y Perú entre los países con más variedades cultivables de esta especie<sup>19</sup>. Se menciona como el centro de origen y domesticación de la papa a la sierra del Perú<sup>19,20</sup>, a partir de ahí se extendió, diversificó su cultivo y consumo. En Bolivia los primeros sitios de domesticación de la papa se establecieron alrededor del lago Titicaca<sup>19,21,22</sup>. En Bolivia se registran más de 500 variedades de papa y la variedad Alq'a imilla es ampliamente utilizada en las zonas del altiplano paceño por su grado de adaptación a las altitudes superiores a los 3000 m<sup>23</sup>.

Bajo estos conceptos este trabajo tuvo por objetivos, i) determinar la variación del daño por herbivoría foliar en cultivos de papa en relación a su cercanía a

remanentes de vegetación nativa, ii) establecer si existe una relación entre el daño por herbivoría y el tamaño de las hojas y iii) identificar a los herbívoros presentes en los cultivos de papa.

**Materiales y métodos**

*Área de Estudio.* Este estudio se llevó a cabo entre octubre del 2017 y marzo del 2018 en el municipio de Combaya, ubicado en la provincia Larecaja, al nor-este el departamento de La Paz, Bolivia. Se ubica a 3275 m de altitud con una temperatura media anual de 16° C y precipitación media de 750-1200 mm/año. En el lugar la vegetación natural arbustiva y herbácea, registrándose las familias Asteraceae, Loasaceae, Calceolariceae, Scrophulariaceae, Lamiaceae, Orobanchaceae y Fabaceae (Figura 1). En la zona se practica la agricultura con cultivos de papa, hortalizas, maíz, arveja verde y haba verde.

**Figura 1** Vegetación en el Municipio de Combaya, a) género *Alonsoa*, b) género *Baccharis*, c) genero *Achyrocline*, d) género *Calceolaria*



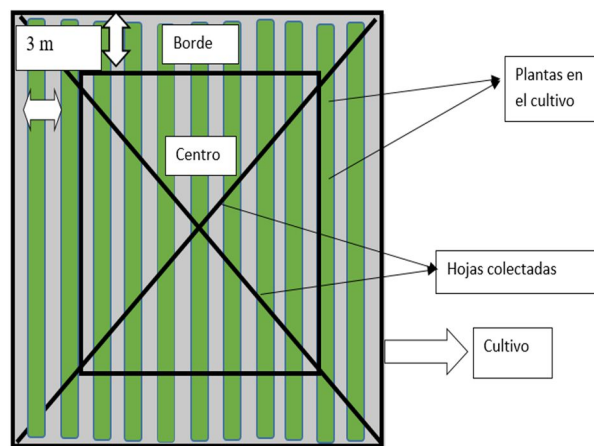
*Distancia entre los cultivos y los remanentes de vegetación.* Se midió la distancia entre los cultivos y los remanentes de vegetación en un rango de 100-1000 m (Figura 2). Consideramos el grado de cercanía a la

vegetación nativa de la siguiente manera: i) los cultivos cerca de la vegetación son aquellos ubicados a menos de 200 m y ii) los cultivos alejados de la vegetación aquellos a más de 800 m<sup>24</sup>. Para cada cultivo tomamos en cuenta los siguientes datos: número de plantas/m<sup>2</sup>, área total de la parcela, pendiente y altitud. Estos datos se tomaron usando un GPS marca Garmin (Tabla 1).

**Figura 2** Área de estudio en el Municipio de Combaya. En verde se marcan los remanentes de vegetación arbustiva y en blanco los remanentes de pajonales. Los cultivos P1, P2 y P3 fueron considerados alejados de la vegetación y P4 y P5, como cercanos



**Figura 3** Esquema del diseño para la colecta de hojas en los cultivos estudiados



*Muestreo en los cultivos.* En cada cultivo se siguió un muestreo en “X”, marcándose los 3 primeros metros a partir de la primera planta para diferenciar el borde del centro de la parcela (Figura 3). En cada planta se

colectó una rama al azar y se seleccionaron 3 hojas para ser evaluadas. Las hojas de cada rama fueron guardadas y etiquetadas en bolsas ziploc y se trasladaron a las oficinas del Jardín Botánico de La Paz. Seguidamente, se armó un sistema con un soporte

universal a 15 cm de la muestra y una marca de 2 cm como referencia del tamaño de las hojas. Todas las muestras se fotografiaron por el envés y se evaluaron con el software Image J.

**Tabla 1 Datos de los cultivos estudiados**

Cultivo	Distancia al parche de vegetación más cercano (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Coordenadas	Altitud (m.s.n.m.)	#Plantas/m <sup>2</sup>
Cercano 1	180	142	15°48'08.81" 68°45'25.72"	3376	10
Cercano 2	150	245	15°48'08.71" 68°45'21.88"	3360	9
Alejado 1	841	577	15°48'06.06" 68°45'10.80"	3219	10
Alejado 2	800	2.159	15°47'57.05" 68°45'16.37"	3228	12
Alejado 3	720	494	15°47'56.12" 68°45'22.62"	3224	11

*Estimación de daño foliar.* De cada hoja colectada se evaluó el área foliar en mm<sup>2</sup> AF, y el porcentaje de AF dañada. Para el cálculo del porcentaje de área perdida se aplicó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de área perdida} = \frac{\text{Área perdida}}{\text{AF}} * 100\%$$

El área perdida es la sumatoria de las áreas parciales de cada espacio de la hoja con algún tipo de daño. AF = área total de la hoja, todo medido en mm<sup>2</sup>.

Se consideró como AF dañada a los huecos dentro de la hoja, márgenes incompletos, también a las marcas de necrosis, agallas y manchas de hongos.

El nivel de daño fue categorizado de la siguiente manera<sup>26</sup>:

- i) Sin daño = 0 %,
- ii) Bajo < 5 %,
- iii) Medio = 6-20 %,
- iv) Alto > 21 %

*Relación entre el daño por herbivoría y el tamaño de las hojas.* Para determinar si existe relación entre el daño por herbivoría y el tamaño de las hojas se comparó el AF<sup>2</sup>, con el porcentaje de herbivoría.

*Muestreo de herbívoros en cultivos de papa.* Se instalaron 25 trampas *pitfall* con alcohol al 70 % de forma aleatoria en cada cultivo de papa. Las trampas permanecieron activas por 24 h, concluido este periodo se cerraron. También se realizaron capturas directas de las plantas<sup>27</sup> y se identificó a los invertebrados por morfo-especies con la ayuda de investigado-

res de la Colección Boliviana de Fauna. Para la clasificación de invertebrados, se tomó en cuenta los indumentos bucales, tipos de antenas, tipo de venación de las alas<sup>28</sup>. Se describió a los individuos utilizando el aumento 30x de un estereomicroscopio marca Olympus, para estimar el tamaño de los individuos se utilizó una escala de 0.5 cm.

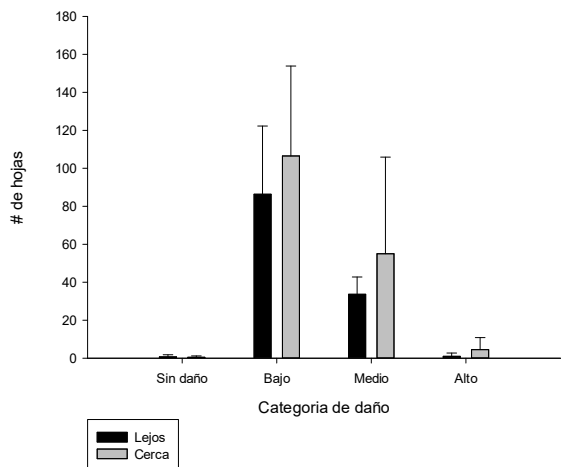
*Análisis estadístico.* En total se analizó 698 hojas dentro de los 5 cultivos. Para los cultivos alejados se utilizaron tres replicas, cada una con 151, 111 y 103 hojas evaluadas. Por otro lado, para los cultivos cerca de la vegetación, tomamos dos replicas, cada una con 173 y 160 hojas. Para evaluar el porcentaje de herbivoría se utilizó la prueba de ANOVA de dos factores, como los datos originales no cumplían el supuesto de normalidad se realizó una transformación con logaritmo natural (ln). Para comparar el daño por herbivoría con el tamaño de las hojas se utilizó una regresión lineal simple, considerando al porcentaje de herbivoría como la variable dependiente y al tamaño de las hojas como la variable independiente. Todos los análisis se realizaron en el programa R<sup>29</sup>.

## Resultados

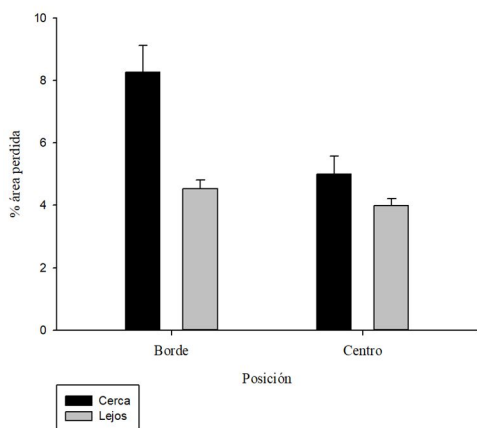
*Herbivoría foliar en la papa.* El 67 % del total de hojas estudiadas (472 hojas) tienen menos del 5 % de

sus superficies dañadas (Figura 4). El 30 % (211 hojas) tienen hasta el 20 % de sus superficies afectadas. Finalmente, las hojas sin ningún tipo de daño son el 0.42 % (3 hojas) y las hojas con grados altos de herbivoría son el 2 % (12 hojas) (Figura 4).

**Figura 4** Se muestra la proporción de hojas encontradas dentro de las seis categorías de daño foliar en los cultivos estudiados



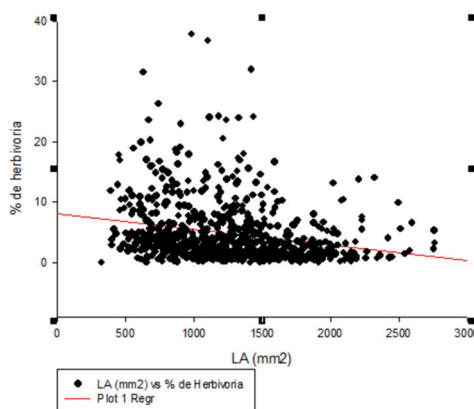
**Figura 5** Relación entre el grado de herbivoría y la distancia a la vegetación nativa



Se observó diferencia significativa entre cultivos cerca y lejos de los parches de vegetación (Prueba de ANOVA,  $P < 0.00023729$ ,  $F = 9.3046$ ) (Tabla 2). Los cultivos ubicados a menos de 200 m de la vegetación sufren más daño, que los cultivos a más de 800 m (Figura 5, Tabla 2).

*Relación entre el tamaño de las hojas y el daño por herbivoría.* De acuerdo a la Figura 6 advertimos que las hojas más pequeñas son más depredadas. Sin embargo, el análisis de regresión lineal simple no muestra que exista una correlación entre las dos variables ( $R = 0.22$ ) (Tabla 3).

**Figura 6** Relación entre el % de área perdida y el tamaño de las hojas (LA)



*Riqueza de herbívoros.* Se capturó 5 morfo-especies de herbívoros: cigarra verde (familia Cicadellidae), cigarra café (familia Cicadellidae), saltamontes verde (familia Acrididae), babosa (orden Gasteropoda) y gorgojo (familia Curculionidae) (Figura 7, Tabla 4).

**Tabla 2** Prueba de ANOVA de dos factores para el porcentaje de herbivoría

	Df.	SS	MS	F	P
Ubicación: Cerca-Lejos	1	10.73	10.7327	9.3046	< .00023729 ***
Posición dentro del cultivo	1	14.26	14.2636	12.3656	.0004658 ***
Ubicación- Posición	1	14.40	14.4048	12.4880	< .0004367***

**Discusión**

El porcentaje de AF perdida es más alto en cultivos cerca de la vegetación nativa (8.266±0.859 %), que en alejados (5.909±0.585 %) (Figura 4 y 5). Esto se debe a que estos cultivos están más expuestos a los herbívoros que se desplazan desde los parches de vegetación<sup>6</sup>. De igual manera sabemos que muchos herbívoros son oportunistas y se desplazan fácilmente

hacia los cultivos cuando están presentes en el paisaje<sup>30</sup>, aumentando el porcentaje de herbivoría en los cultivos cerca de la vegetación. Estos antecedentes nos hacen pensar que, los paisajes, mientras más heterogéneos sean, más hábitats brindan para varios grupos de invertebrados y los cultivos de papa son recursos aprovechables para los herbívoros.

**Tabla 3 Regresión lineal**

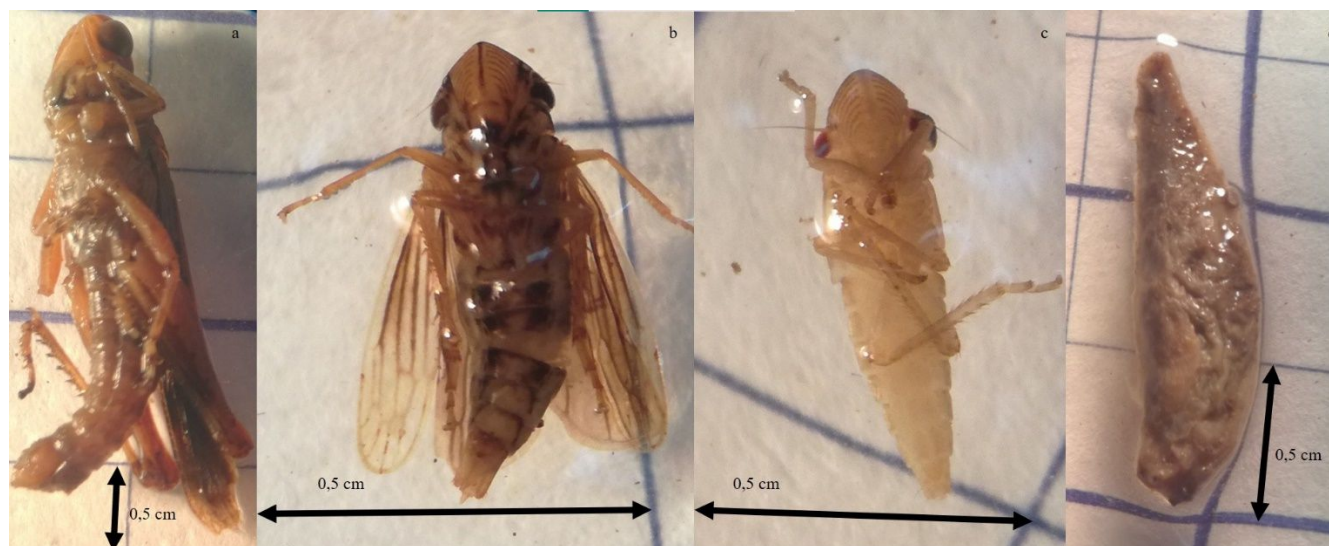
	Df	SS	MS	F	P
Regresión	1	979.152	979.152	38.328	<.001
Residuos	696	17780.494	25.547		
Total	696	18759.647	26.915		

R = .228, R<sup>2</sup> = .0522

**Tabla 4 Se muestra las cuatro morfo-especies de herbívoros presentes en los cultivos estudiados**

Familia/Clase	Morfo-especie	Cerca de la Vegetación	Lejos de la Vegetación
Cicadellidae verde	Cigarra verde	X	X
Cicadellidae café	Cigarra café	X	X
Gasteropoda	Babosa	X	X
Acrididae	Saltamontes verde	X	-
Curculionidae	Gorgojo	X	-

**Figura 7 Herbívoros encontrados en los cultivos de papa. a) Saltamontes, familia Acrididae. b) y c) Cigarras, familia Cicadellidae. d) Babosa, Clase Gasteropoda**



El porcentaje de AF perdida en los cultivos cercanos a la vegetación puede explicarse por la riqueza de

herbívoros registrada: 5 morfo-especies en los cultivos cercanos (cigarra verde, cigarra café, babosa, sal-

tamontes verde, gorgojo) y 3 cultivos alejados (cigarras verde, cigarra café y babosa) (Figura 7, Tabla 4). Si bien, no es una diferencia relevante, se conocen registros de daños en cultivos por parte de poblaciones de saltamontes (Acrididae), gorgojos (Curculionidae) y cigarras (Cicadellidae)<sup>14,15,31</sup>. Principalmente por tratarse de insectos generalistas que se adaptan fácilmente a diferentes condiciones ambientales, pueden desplazarse entre los cultivos y los parches de vegetación<sup>9</sup>. También, se sabe que varias especies de gorgojos han provocado daños en cultivos de papa<sup>14,32</sup>. La más conocida es *Premnotrypes* sp. que tiene preferencia por los tubérculos<sup>14,32</sup>. En cuanto a especies que depredan hojas y otras partes de la planta tenemos polillas de la papa, mosca minadora, mosquilla de los brotes, pulguilla saltona, etc<sup>11</sup>. En este sentido, el presente estudio registró 5 morfoespecies de herbívoros (Figura 7, Tabla 4) que no han sido registradas antes en cultivos de papa.

Mediante el análisis de regresión lineal notamos que el tamaño de las hojas no se relaciona con el porcentaje de herbivoría (Tabla 3) en los cultivos estudiados. Pero si se observa una tendencia de las hojas más pequeñas a sufrir más daño por herbivoría (Figura 6). Estas hojas tienen menor superficie y por lo tanto los daños son más visibles, pero también, se sabe que los taninos e isoflavonoides fluctúan con el tamaño y la edad de las hojas, estando presentes en mayores concentraciones en hojas más grandes<sup>11,12,33</sup>. Este fenómeno fue observado en plantas perennes<sup>34</sup> y valdría la pena explorarlo a mayor profundidad en cultivos andinos.

Se concluye que mientras más cerca están los cultivos a los parches de vegetación, mayores son los porcentajes de herbivoría en los cultivos de papa, porque la vegetación nativa alberga fauna con la capacidad de desplazarse. En este estudio se registró 5 morfoespecies de herbívoros, todos estos se encontraron en cultivos cerca de la vegetación nativa, mientras que solo 3 se encontraron en cultivos alejados. Nos queda claro que, a mayor cercanía de la vegetación, mayor

es la riqueza de herbívoros y mayor es el porcentaje de herbivoría. Sin embargo, es necesario complementar con estudios experimentales para comprender mejor las preferencias de los herbívoros por diferentes tipos de hábitat en los agro-ecosistemas.

### Fuente de financiamiento

Proyecto “Investigación fitoquímica en hojas y frutos de papas para productos con valor agregado de Combaya-La Paz” del Instituto de Investigaciones Físicas. Beca de pregrado del Instituto de Ecología.

### Conflictos de intereses

Este trabajo no tiene conflictos de interés.

### Agradecimientos

Este estudio se realizó gracias a los financiamientos de los proyectos “Investigación fitoquímica en hojas y frutos de papas para productos con valor agregado de Combaya-La Paz” del Instituto de Investigaciones Físicas y a la beca de pregrado otorgada por del Instituto de Ecología.

El trabajo de gabinete se realizó con el apoyo del Jardín Botánico La Paz. Se agradece a Juan Carlos Peñaranda, Camila Ramallo y Sofía Lotterberger, por su apoyo en la toma de datos en campo. Igualmente, a Miguel Limachi, investigador asociado de la Colección Boliviana de Fauna por su apoyo en la identificación de las macroespecies edáficas.

### Consideraciones éticas

La toda de datos en campo se realizó con el permiso de las autoridades correspondientes del Municipio de Combaya, así como, con el conocimiento de los pobladores y dueños de las parcelas de papa.

## Limitaciones en la investigación

Se tuvo problemas para encontrar otras investigaciones similares para comparar resultados.

## Contribución de los autores

*Emili Antonia Jiménez*, toma de datos en campo, organización, sistematización y análisis de datos, redacción del artículo. *Esther Valenzuela Celis*, revisión de datos y del artículo.

## Literatura Citada

- García LC, Eubanks MD. Overcompensation for insect herbivory: a review and meta-analysis of the evidence. *Ecology* 2019;100(3):e02585. DOI: <https://doi.org/10.1002/ecy.2585>
- Ito K, Sakai S. Optimal defense strategy against herbivory in plants: conditions selecting for induced defense, constitutive defense, and no-defense. *J Theor Biol* 2009;260(3):453-9. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jtbi.2009.07.002>
- Bernal JS, Medina RF. Agriculture sows pests: how crop domestication, host shifts, and agricultural intensification can create insect pests from herbivores. *Curr Opin Insect Sci* 2018;26:76-81. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cois.2018.01.008>
- Friedman M. Analysis of biologically active compounds in potatoes (*Solanum tuberosum*), tomatoes (*Lycopersicon esculentum*), and jimson weed (*Datura stramonium*) seeds. *J Chromatogr A* 2004;1054(1-2):143-55. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2004>
- Cornelissen T. Climate change and its effects on terrestrial insects and herbivory patterns. *Neotrop Entomol* 2011;40(2):155-63. DOI: <https://doi.org/10.1590/s1519-566x2011000200001>
- Schowalter TD. Herbivory. In: Schowalter, editor. *Insect Ecology: An Ecosystem Approach*. Amsterdam: Elsevier BV; 2022. p. 567-622. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85673-7.00006-X>
- Fahring L. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annu Rev Ecol Evol Syst* 2003;34:487-515. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurevecolsys.34.011802.132419>
- Mazzi D, Dorn S. Movement of insect pests in agricultural landscapes. *Ann Appl Biol* 2012;160(2):97-113. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2012.00533.x>
- Aligner A, Raymond L, Deconchat M, Menozzi P, Monteil C, Sarthou JP, et al. The effect of semi-natural habitats on aphids and their natural enemies across spatial and temporal scales. *Biol Control* 2014;77:76-82. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2014.06.006>
- Yamamoto S, Uchida. A generalist herbivore requires a wide array of plant species to maintain its populations. *Biol Conserv* 2018;228:167-74. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2018.10.018>
- Coley P. Effects of leaf age and plant life history patterns on herbivory. *Nature* 1980;284:545-6. DOI: <https://doi.org/10.1038/284545a0>
- Medinaceli A, Miranda-Avilés F, Flores-Saldaña NP, Gutierrez-Calucho E. 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 Boliv* 2004;39(2):4-8.
- Nicholls Estrada CI. Control biológico de insectos: un enfoque agroecológico [Internet]. Medellín: Editorial Universidad de Antioquia; 2008 [citado 2 de mayo de 2021]. 294 p. Recuperado a partir de: <https://archive.foodfirst.org/wp-content/uploads/2016/01/Control-biologico-de-insectos-un-enfoque-agroecologico.pdf>
- Franco J, Ramos J, Oros R, Main G, Ortuño N. Pérdidas económicas causadas por *Nacobbus aberrans* y *Globodera* spp. en el Cultivo de la Papa en



- Bolivia. Rev Latinoam Papa 1999;11:40-66. DOI: <https://doi.org/10.37066/ralap.v11i1.95>
15. Aguilera J, Almanza J, Álvarez V, Barea O, Bejarano C, Bonifacio A, et al. Compendio de enfermedades, insectos, nematodos y factores abióticos que afectan el cultivo de papa en Bolivia. Gandarillas A, Ortuño N, editors [Internet]. Cochabamba: Fundación PROINPA; 2009. [citado 2 de mayo de 2020]. 182 p. Recuperado a partir de: [https://www.researchgate.net/publication/345385397\\_Compendio\\_de\\_las\\_enfermedades\\_insectos\\_nematodos\\_y\\_factores\\_abioticos\\_que\\_afectan\\_en\\_el\\_cultivo\\_de\\_la\\_papa\\_en\\_Bolivia](https://www.researchgate.net/publication/345385397_Compendio_de_las_enfermedades_insectos_nematodos_y_factores_abioticos_que_afectan_en_el_cultivo_de_la_papa_en_Bolivia)
  16. Granados-Sánchez D, Ruiz-Puga P, Barrera-Escorcia H. Ecología de la herbivoría. Rev Chapingo Ser Cienc For Ambient 2008;14(1):51-63.
  17. Horgan FG, Quiring DT, Lagnaoui A, Pelletier Y. Trade-off between foliage and tuber resistance to *Phthorimaea operculella* in wild potatoes. Entomol Exp Appl 2009;131(9):130-7. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.2009.00842.x>
  18. Valoy M, Ordano M, Bernacki F, Palacio FX, López-Acosta JC, Varela O. Patrones de herbivoría en *Vassobia breviflora* (Solanaceae): variación en el daño foliar y selección natural mediada por herbívoros. Rev Biol Trop 2018;66(4):1683-700. DOI: <http://doi.org/10.15517/rbt.v66i4.31869>
  19. Tapia ME, Fries AM. Guía de campo de los cultivos andinos [Internet]. Lima: Asociación Nacional de Productores Ecológicos del Perú; 2007 [citado 22 de octubre de 2020]. 222 p. Recuperado a partir de: <https://www.fao.org/3/ai185s/ai185s.pdf>
  20. Morales Garzón FJ. Sociedades precolombinas asociadas a la domesticación y cultivo de la papa (*Solanum tuberosum*) en Sudamérica. Rev Latinoam Papa 2007;14(1):1-9. DOI: <https://doi.org/10.37066/ralap.v14i1.139>
  21. Rodríguez LE. Origen y evolución de la papa cultivada: una revisión. Agron Colomb 2010;28(1):9-17.
  22. Bonavia D. La papa: apuntes sobre sus orígenes y su domesticación. J Soc Am 1993;79:173-87. DOI: <https://doi.org/10.4000/BOOKS.IFEA.5680>
  23. Bradshaw JE, Ramsay G. Potato origin and production. In: Singh J, Kaur L, editors. Advances in potato chemistry and technology. New York: Academic Press is an imprint of Elsevier; 2009. p. 1-26. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374349-7.00001-5>
  24. Tschardt T, Karp DS, Chaplin-Kramer R, Batáry P, DeClerck F, Gratton C, et al. When natural habitat fails to enhance biological pest control - five hypotheses. Biol Conserv 2016;204(Pt B):449-58. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.10.001>
  25. Ugarte ML, Iriarte V. Papas Bolivianas: Catalogo de cien variedades nativas [Internet]. Cochabamba: Fundación PROINPA; 2006 [citado 22 de octubre de 2020]. 113 p. Recuperado a partir de: <https://es.scribd.com/document/407918901/Catalogo-de-cien-variedades-nativas-de-papas-bolivianas-pdf>
  26. Pérez-Harguindeguy N, Díaz S, Garnier E, Lavorel S, Poorter H, Jaureguiberry P, et al. New handbook for standardised measurement of plant functional traits worldwide. Aust J Bot 2013;61(3):167-234. DOI: <https://doi.org/10.1071/BT12225>
  27. Christie FJ, Hochuli DF. Elevated levels of herbivory in urban landscapes: are declines in tree health more than an edge effect. Ecol Soc 2005;10(1):10. DOI: <https://doi.org/10.5751/ES-00704-100110>
  28. Delvare G, Aberlenec HP, Michel B, Figueroa A. Los insectos de África y de América tropical claves para la identificación de las principales familias [Internet]. Montpellier: Campus International de Baillarguet - CSIRO; 2002 [citado 22 de octubre de 2020]. 257 p. Recuperado a partir de: [http://aberlentomo.fr/02\\_delvaberl\\_1989\\_pdf/delvaberl\\_espana.pdf](http://aberlentomo.fr/02_delvaberl_1989_pdf/delvaberl_espana.pdf)

29. Llisterri J. R, A language and environment for statistical computing [Internet]. The R Foundation. 2021 [citado 3 de octubre de 2020]. Recuperado a partir de: <https://joaquimlisterri.cat/phonetics/foR/R.html>
30. Fernández García I, Favila Castillo ME, López Iborra G. Composición, riqueza y abundancia de coleópteros (coleóptera) asociados a bosques semidecíduos y vegetaciones ruderales de la Sierra del Rosario, Cuba. Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa 2014;54:329-39.
31. Andow D. Vegetational diversity and arthropod population response. Annu Rev Entomol 1991; 36(1):561-86. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.en.36.010191.003021>
32. Pérez W, Forbes G. Guía de identificación de plagas que afectan a la papa en la zona andina [Internet]. Lima: Centro Internacional de la Papa; 2011 [citado 2 de octubre de 2020]. 44 p. Recuperado a partir de: <https://www.fao.org/3/as407s/as407s.pdf>
33. Maoela MA, Esler KJ, Roets F, Jacobs SM. Physiological responses to folivory and phytopathogens in a riparian tree, *Brabejum stellatifolium*, native to the fynbos biome of South Africa. Afr J Ecol 2018;56(3):477-87. DOI: <https://doi.org/10.1111/aje.12481>
34. Kursar TA, Coley PD. Convergence in defense syndromes of young leaves in tropical rainforests. Biochem Syst Ecol 2003;31(8):929-49. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0305-1978\(03\)00087-5](https://doi.org/10.1016/S0305-1978(03)00087-5)

---

**Nota del Editor:**  
*Journal of the Selva Andina Animal Science (JSAAS)*. Todas las afirmaciones expresadas en este artículo son únicamente de los autores y no representan necesariamente las de sus organizaciones afiliadas, o las del editor, editores y los revisores. Cualquier producto que pueda ser evaluado en este artículo, o la afirmación que pueda hacer su fabricante, no está garantizado o respaldado por el editor.