

e-ISSN 2477 - 9148

REVISTA ECUATORIANA
DE MEDICINA Y
CIENCIAS BIOLÓGICAS

VOLUMEN XLIII - Nº 2 - NOV 2022

Revista Ecuatoriana de Medicina y Ciencias Biológicas
Volumen XLIII Número 2 - Noviembre - 2022
e-ISSN 2477 - 9148

Centro de Publicaciones de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador
Dir: Av. 12 de Octubre 1076 y Roca, Quito, Ecuador

Diseño y diagramación:



Diseño de portada: Belén Mena

Foto de Portada: Álvaro J. Pérez

Magnolia arroyoana, árbol endémico de la amazonia sur del Ecuador. Su población, al igual que las otras especies de magnolias ecuatorianas, enfrentan graves problemas de conservación. Urge la realización de actividades de conservación in situ y ex situ



**REVISTA ECUATORIANA DE MEDICINA Y
CIENCIAS BIOLÓGICAS
REMCB**

DIRECTORIO

Pontificia Universidad Católica del Ecuador

Rector: Dr. Fernando Ponce León S.J.

Sociedad Ecuatoriana de Biología

Presidente: Lic. Ricardo Zambrano

Casa de la Cultura Ecuatoriana Benjamín Carrión

Presidente: Mgt. Fernando Cerón

COMITÉ EDITORIAL

Dra. Doris Vela Peralta (Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Ecuador)

Dr. Rommel Montúfar Galárraga (Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Ecuador)

Dra. Catalina Quintana (Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Ecuador)

Dra. Carmen Ulloa Ulloa (Missouri Botanical Garden, USA)

Dra. Lorena Endara (University of Florida, USA)

CONSEJO CIENTÍFICO

Dr. Hugo Romero-Saltos (Universidad Yachay Tech, Ecuador)

Dr. Enrique Terán (Universidad San Francisco de Quito, Ecuador)

Dra. Paola Leone (Universidad Tecnológica Equinoccial, Ecuador)

Dr. Thomas Couvreur (IRD, Francia)

La Revista Ecuatoriana de Medicina y Ciencias Biológicas (REMCB) es un órgano de difusión científica auspiciada por la Pontificia Universidad Católica del Ecuador (PUCE), la Casa de la Cultura Ecuatoriana Benjamín Carrión (CCE), y la Sociedad Ecuatoriana de Biología (SEB).

La REMCB publica trabajos originales fruto de la investigación científica y experimental en todas las áreas de la Medicina y las Ciencias Biológicas y está dirigida a los científicos nacionales e internacionales así como a estudiantes de las Ciencias de la Vida.

La REMCB se publica en formato electrónico en la web <http://remcb-puce.edu.ec/remcb/> y se encuentra incluida en el catálogo Latindex 2.0 (e-ISSN 2477-9148) y en las bases de REDIB y Dialnet. La REMCB mantiene un sistema de revisión por pares, su publicación es semestral, su contenido es de libre acceso y se distribuye bajo una licencia CC BY-NC 4.0. El contenido de los artículos científicos y de las publicaciones que aparecen en la revista son responsabilidad exclusiva de sus autores.

CONTENIDO

Editorial	7
Artículos Científicos	
An amended description for <i>Magnolia arroyoana</i> (Magnoliaceae) and a proposal for the new <i>Stenopetalae</i> group	11
Redescripción de <i>Magnolia arroyoana</i> (Magnoliaceae) y la propuesta del nuevo grupo <i>Stenopetalae</i>	
Edison Rea, Álvaro J. Pérez, Kevin Burgess, Daniela Cevallos, Nicolás Zapata, Xavier Jácome, Hugo Navarrete, J. Antonio Vázquez-García	
Distribución potencial de <i>Tremarctos ornatus</i> (oso andino) en relación al cambio de uso de suelo de su hábitat en las estribaciones orientales del Ecuador	23
Potential distribution of <i>Tremarctos ornatus</i> (Andean bear) in relation to the land use change of its habitat in the eastern foothills of Ecuador	
Camila Rodríguez Cabezas, Monserrath Mejía-Salazar, Catalina Quintana Medina	
Descripción de tres especies nuevas del género <i>Drosophila</i> (Diptera: Drosophilidae) en la Reserva Natural Chamanapamba, Tungurahua, Ecuador	37
Description of three new species in Chamanapamba Natural Reserve of <i>Drosophila</i> (Diptera: Drosophilidae), Tungurahua, Ecuador	
Luz Marina Llangarí-Arizo, María Isabel Tamayo, Ana Peñafiel-Vinueza, Violeta Rafael	
Notas científicas	
Alelismo para genes letales en una población natural de <i>Drosophila melanogaster</i> originaria de Mixcoac	57
Allelism for lethal genes in a natural population of <i>Drosophila melanogaster</i> from Mixcoac	
Victor Salceda	

En el presente número tenemos el gusto de presentar nuevas investigaciones sobre la diversidad biológica de Ecuador y la aportación de un investigador extranjero.

La investigación realizada por Rea y colaboradores, muestra nuevos datos de *Magnolia arroyoana* los cuales son una importante contribución al conocimiento de esta especie, registrada por primera vez en la provincia de Zamora Chinchipe y catalogada como una especie en riesgo. De ella se describen nuevos datos sobre sus flores, frutos y su distribución, los cuales incrementan la comprensión de la taxonomía del género *Magnolia*.

Rodríguez y colaboradores realizan un estudio detallado del oso andino *Tremarctos onatus* en la provincia de Napo. Se enfocan en analizar el uso del suelo como un factor determinante para la distribución de las poblaciones. Para ello realizan un estudio multitemporal analizando diversas variables ambientales que les ha permitido modelar la distribución potencial del oso andino asociada a las características del suelo.

La descripción de nuevas especies de cualquier grupo biológico es una clara demostración de cuan diversa es la flora y fauna del Ecuador. Muestra de ello son las tres especies nuevas del género *Drosophila* que son descritas en este número por Llangarí y sus colaboradoras. Estas nuevas descripciones son un gran aporte al conocimiento y a la vez abren nuevas preguntas sobre las relaciones filogenéticas de las especies del género *Drosophila*.

Ya que *Drosophila* es un modelo experimental relevante, Salceda nos describe su estudio con *Drosophila melanogaster* en el cual se realizan cruzamientos para de identificación de alelos letales en poblaciones naturales. Este experimento, también es un guía interesante que puede ser aplicada en la docencia de la genética básica.

Les invitamos a revisar los interesantes contenidos de este número.

Doris Vela¹

ARTÍCULOS CIENTÍFICOS

An amended description for *Magnolia arroyoana* (Magnoliaceae) and a proposal for the new *Stenopetalae* groupRedescripción de *Magnolia arroyoana* (Magnoliaceae) y la propuesta del nuevo grupo *Stenopetalae*

Revista Ecuatoriana de Medicina y Ciencias Biológicas
Volumen 43. No. 2, Noviembre 2022

Edison Rea^{1,2}, Álvaro J. Pérez², Kevin Burgess¹, Daniela Cevallos³, J. Nicolás Zapata², Xavier Jácome⁴, Hugo Navarrete², J. Antonio Vázquez-García^{5*}

¹ Columbus State University, University System of Georgia, College of Letters & Sciences, Department of Biology, 4225 University Ave, Columbus, GA 31907, USA

² Pontificia Universidad Católica de Ecuador, Escuela de Ciencias Biológicas, Herbario QCA. Av. 12 de octubre 1076 y Roca, Apartado 17-01-2184, Quito, Ecuador.

³ Universidad de las Américas, Grupo de Investigación en Biodiversidad, Medio Ambiente y Salud (BIOMAS), Vía Nayón s/n, Quito, Ecuador.

⁴ Departamento de Ambiente & Permisos, Lundin Gold, Quito, Ecuador.

⁵ Universidad de Guadalajara, Departamento de Botánica y Zoología, Instituto de Botánica (Herbario IBUG), Camino Ramón Padilla 2100, Las Agujas, Zapopan, km 15, carr. Guadalajara-Nogales, Jalisco 45200, México.

*Autor de correspondencia:
talaumaofeliae@gmail.com

Recibido: 21-03-2022

Aceptado: 06-11-2022

DOI: 10.26807/remcb.v%vi%i.922

e-ISSN 2477-9148

© 2022. Este artículo es publicado bajo una licencia CC BY-NC 4.0

Como citar este artículo:
Rea E, Pérez AJ, Burgess K, Cevallos D, Zapata JN, Jácome X, Navarrete H, Vázquez-García JA. An amended description for *Magnolia arroyoana* (Magnoliaceae) and a proposal for the new *Stenopetalae* group. *Revista Ecuatoriana de Medicina y Ciencias Biológicas* 43(2): 11-21. doi: 10.26807/remcb.v%vi%i.922

Abstract.- During recent botanical explorations in the Zamora-Chinchipe Province (Ecuador), a new population of *Magnolia arroyoana* was registered, and following IUCN criteria, the species is ranked as critically endangered (CR). To update the taxonomy of this species, we provide the first description of its mature flowers and immature fruits, present the first images of all its structures, and provide a current distribution map. Additionally, relationships with other morphologically similar species are discussed, and as a result, we propose the hypothetical morphological group *Stenopetalae*, within the section *Talauma*.

Keywords: Ecuador, Neotropics, *Magnolia* sect. *Talauma*, Taxonomy, Zamora-Chinchipe.

Resumen.- Durante las recientes exploraciones botánicas en la provincia de Zamora Chinchipe (Ecuador), una nueva población de *Magnolia arroyoana* fue registrada, y con base a los criterios de la IUCN, la especie es catalogada en Peligro Crítico (CR). Para actualizar la taxonomía de esta especie, presentamos la primera descripción de sus flores maduras y frutos inmaduros, las primeras imágenes de todas sus estructuras, y un mapa de distribución actualizado. Adicionalmente, se discuten las relaciones con otras especies morfológicamente similares, y como resultado, se concluye proponiendo la hipótesis del grupo morfológico *Stenopetalae* dentro de la sección *Talauma*.

Palabras clave: Ecuador, Neotrópico, *Magnolia* sect. *Talauma*, Taxonomía, Zamora Chinchipe.

Introduction

Over the last decade, studies of Ecuadorian *Magnolia* have revealed extraordinary species diversity within the country; currently, 23 taxa have been recorded in over a dozen publications (Arroyo and Pérez 2013; Arroyo et al. 2013, 2019; Molinari-Novoa 2016; Morelos-Juárez et al. 2019; Pérez 2015, Pérez et al. 2016, 2020; Vázquez-García et al. 2012, 2013a, 2014, 2015, 2016a, 2017). Nevertheless, the Ecuadorian magnolias face numerous conservation challenges due to habitat loss, selective logging, and low regeneration rates. Consequently, 82% of the species in Ecuador are considered to be at risk of extinction (Vázquez-García et al. 2013a, Rivers et al. 2016).

During recent botanical explorations in the Zamora-Chinchipe province of Ecuador, we registered a new *Magnolia* locality, where *M. yantzazana* F. Arroyo, *M. zamorana* F. Arroyo and *M. arroyoana* Molinari were found to coexist. Based on this discovery, in the current study, we provide the first description of the mature flowers and immature fruits of *M. arroyoana* (only known in bud) and an updated taxonomic description of the species. Below, we also include the first images of all its structures and a map of its current distribution; the conservation status of *M. arroyoana* and its relationships with other species are also discussed (Figures 1–5). We conclude with a proposal for the designation of the hypothetical morphological *Stenopetalae* group within the section *Talauma* and the urgent need for molecular analysis of the Neotropical magnolias to clarify their phylogenetic relationships and evolutionary history.

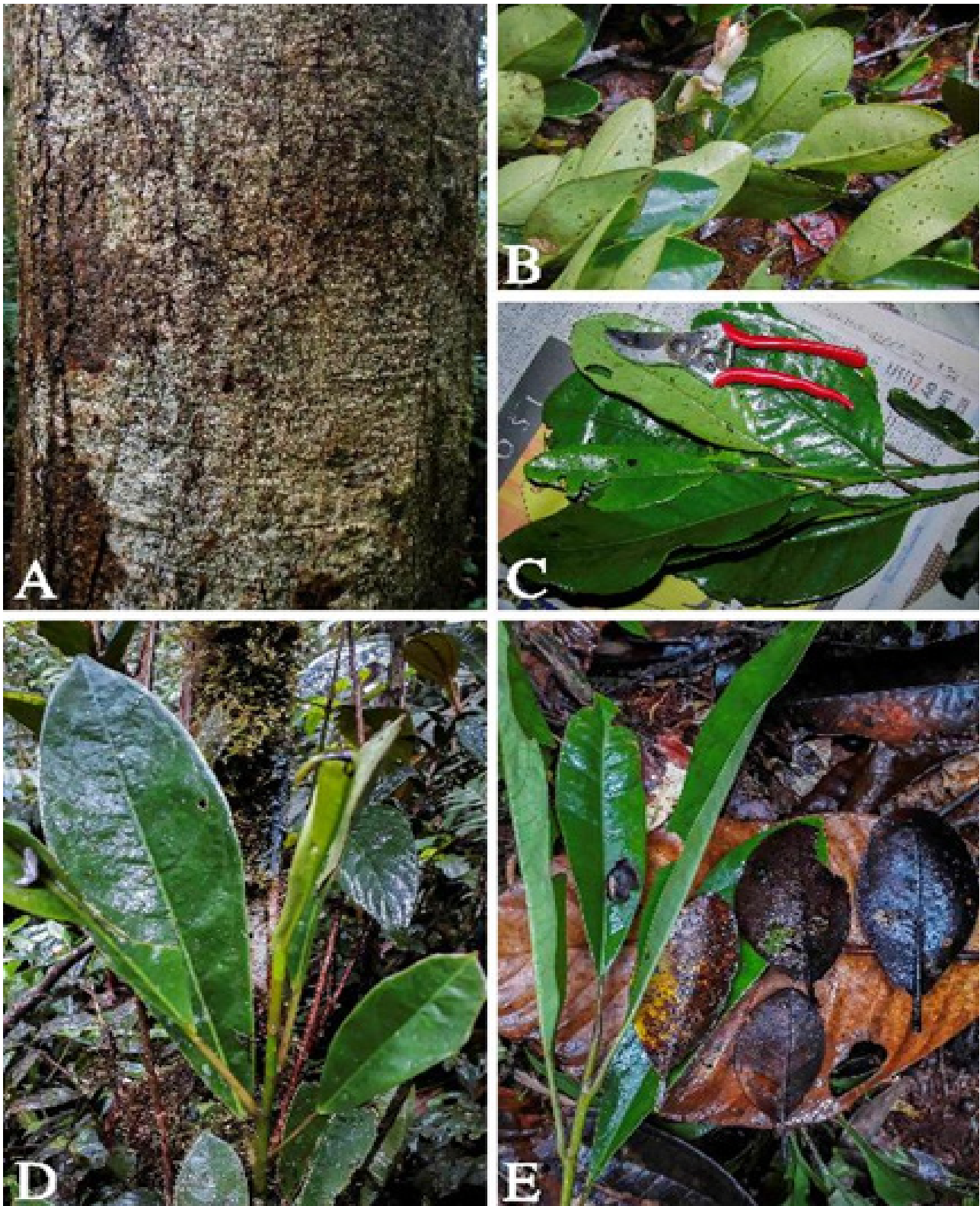


Figure 1. *Magnolia arroyoana*. **A.** Outer bark. **B.** Branch showing the abaxial side of the leaves from an adult individual. **C.** Branch showing the adaxial side of the leaves from a sub-adult individual. **D.** Leaf blades shape from a juvenile individual. **E.** Comparison between leaves from juvenile (green leaves) and adult individuals (brown leaves). A, B from Pérez *et al.* 11667 (QCA), C from Arroyo *et al.* 292 (QCA), D, E from Pérez *et al.* 11662 (QCA). Photographs by: Álvaro J. Pérez.

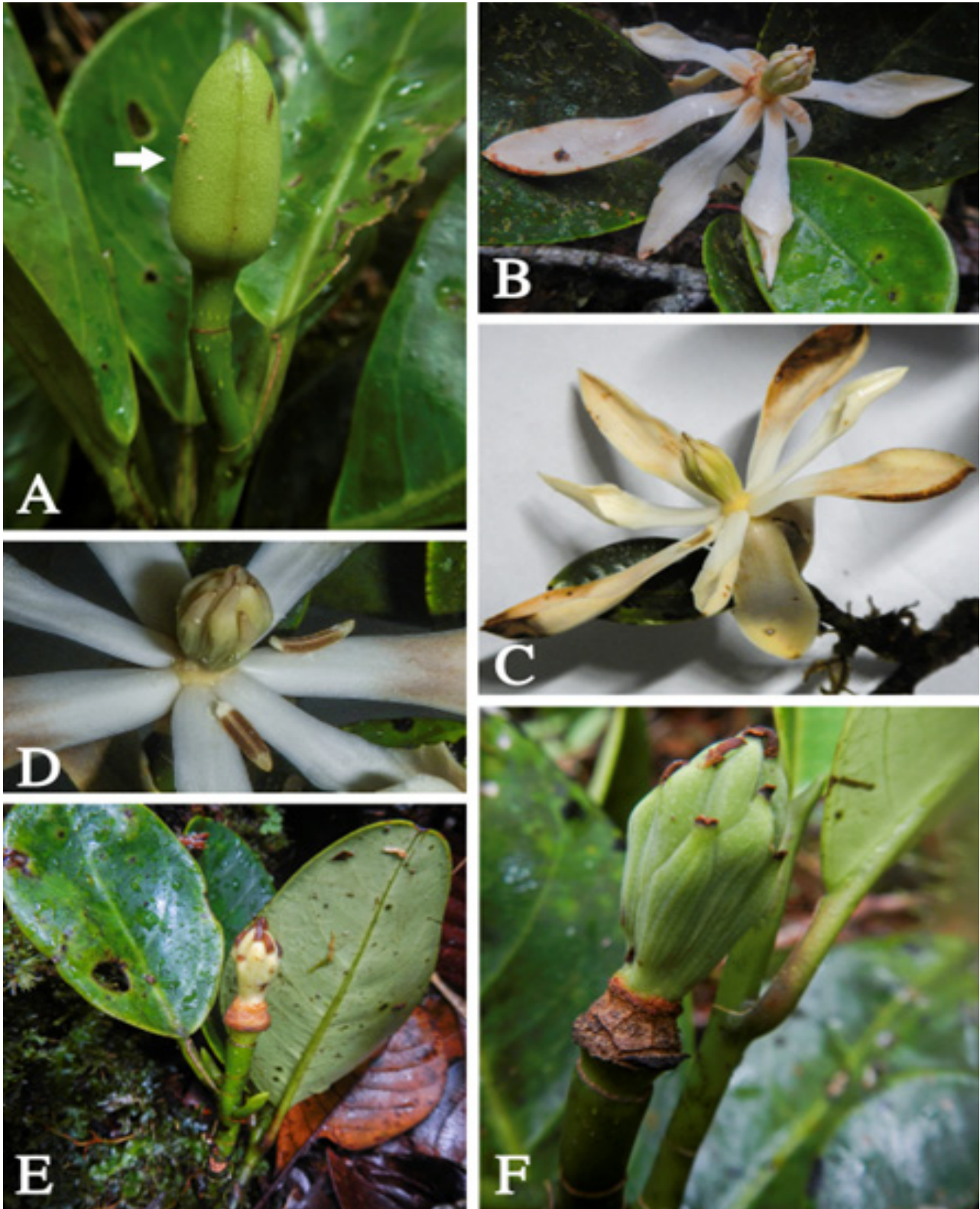


Figure 2. *Magnolia arroyoana*. A. Flower bud showing hypsophylls. B, C. Flower finishing the male phase. D. Flower showing gynoecium and stamen. E, F. Immature fruits. A–F from Pérez *et al.* 11667 (QCA). Photographs by: Álvaro J. Pérez.

Materials and Methods

During floristic inventories carried out in February 2020, in the Fruta del Norte mining concession, Zamora-Chinchipe Province, a new population of *M. arroyoana* was found 12 km away from the type locality. During this time, we obtained the ephemeral flowers, a couple of young fruits (Figures 1, 2) and phenological data.

Fresh material and pictures form the basis of the expanded morphological re-description of *M. arroyoana*. Detailed observations and measurements of reproductive structures were made with the aid of a dissecting microscope. Major characters were contrasted among all six members of the proposed hypothetical morphological *Stenopetalae* group (Table 1). Additionally, we consulted pertinent literature, revised specimens at ECUAMZ, F, MO, QCA, QCNE and WIS, and high-resolution images of the type material of Neotropical taxa (Tropicos database, <https://www.tropicos.org/> and the JSTOR Global Plants website <http://plants.jstor.org>).

We used the online GeoCat utility to upload the coordinates for two known populations of *M. arroyoana* to obtain its area of occupancy (AOO) (Bachman et al. 2011) and to assess its conservation status (IUCN 2022).

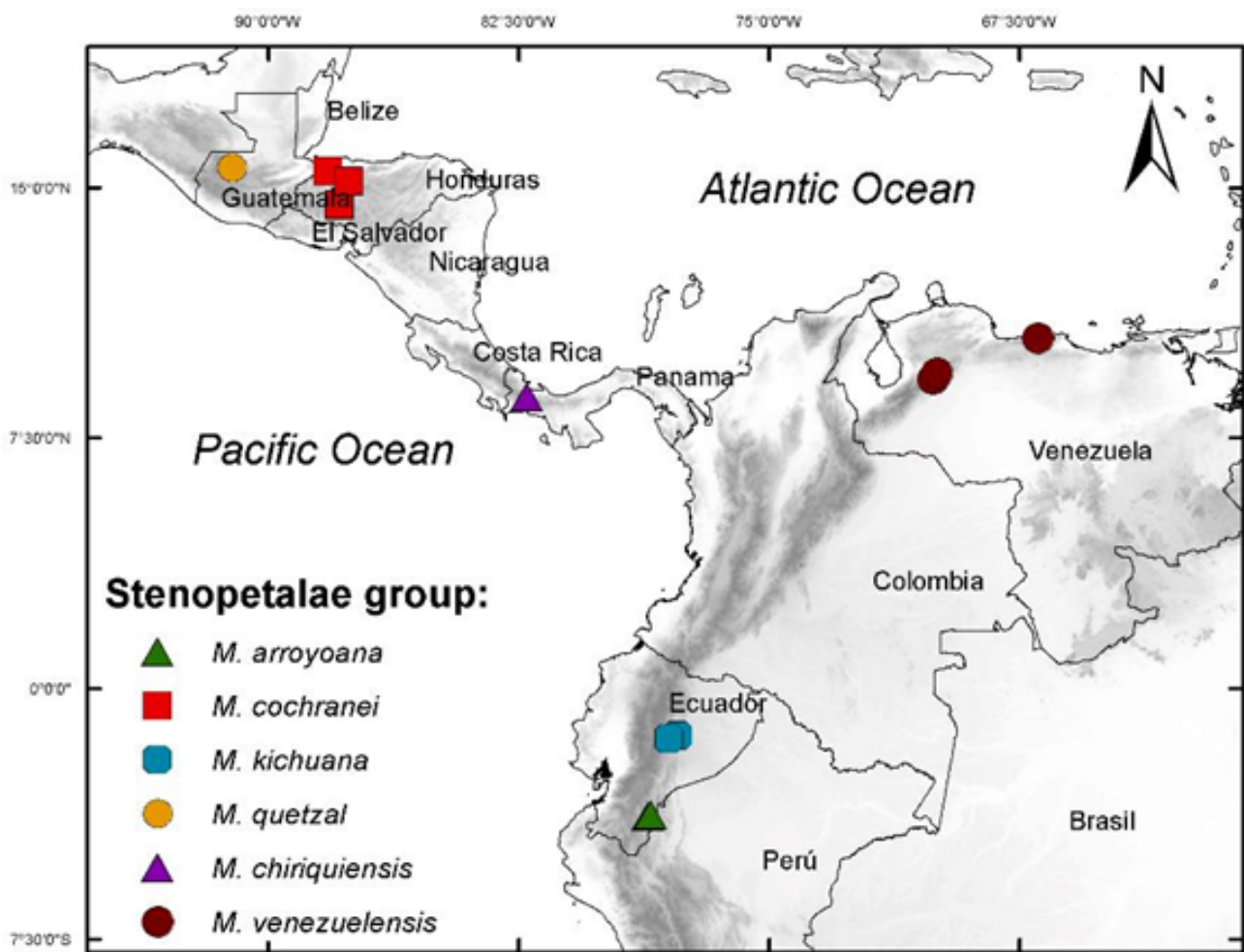


Figure 3. Distribution map for the species of the hypothetical morphological *Stenopetalae* group.



Figure 4. Habitat of *Magnolia arroyoana* in the Machinaza river basin, Zamora-Chinchipe Province, southern Ecuador. Photograph by: Xavier Jácome.

Results

Taxonomic treatment

Magnolia arroyoana Molinari, Phytotaxa 257 (2): 200–200. 2016.

Magnolia crassifolia F. Arroyo & Á.J. Pérez, Recursos Forest. Occid. México 2: 501, f. 10.2.3. 2013, nom. illeg., non *Magnolia crassifolia* Göpp. (1852:277), a fossil.

TYPE: Ecuador, Zamora-Chinchipe, Los Encuentros, km 10 en carretera a Jardín del Cóndor, en cerros al lado derecho de la carretera, 1613 m, 3°48′20.6″S, 78°36′45″W, 8 Aug. 2013 (fl bud). F. Arroyo & Á.J. Pérez 292 (holotype QCA!).

Figures 1, 2

Trees 10.0–25.0 m tall, 15.0–60.0 cm dbh; outer bark beige, inner bark yellowish; branchlets terete, 0.4–0.6 cm in diam, glabrous. Stipules glabrous, 1.0–1.5 cm long in adult individuals, up to 5.0 cm long in juveniles. Leaves in adults and sub-adults elliptic, oblong-elliptic or oblong, 5.0–37.0 × 3.0–16.0 cm, in juveniles oblanceolate, 15.0–27.0 × 4.0–8.0 cm, in all stages glossy and smooth above, dull beneath, glabrous on both surfaces, coriaceous, the apex obtuse to rounded, the margins entire, somewhat revolute, the base acute to slightly attenuate, sometimes obtuse; lateral veins 6–12 on each side of the midrib, the midrib impressed to slightly raised above, prominent beneath, the lateral veins prominulous to impressed above, prominulous beneath, the reticulate venation prominulous to obscure above, vaguely notorious beneath; petioles semiterete, 1.0–2.2 × 0.2–0.4 cm in adult individuals, 2.5–6.0 × 0.2–0.3 cm in juveniles, glabrous, with plain adaxial scar covering its entire length. Hypsophylls 2, glabrous. Flowers solitary, terminal; flower bud ellipsoid, 2.7 × 1.1 cm, glabrous; open flowers 7.0–8.0 cm in diameter; sepals 3, 3.5–3.7 × 1.0–1.2 cm, creamy white, oblong, slightly truncate at base, obtuse at apex, concave, glabrous, clearly contrasting from petals in shape; petals 7, spatulate with a long attenuate base, slightly naviculate, fleshy, white or creamy white, erect, fragrant, the outer ones 4.0–4.8 × 0.8–1.3 cm (4:1), the inner ones 3.3–4.0 × 0.7–1.0 cm (5:1); stamens 20–23, 0.7–1.1 × 0.1–0.2 cm, arranged in one series, acute at the apex; gynoecium ellipsoid, 1.5–1.8 cm long, with 10–12 carpels. Fruit ellipsoid, immature, 2.8 × 2.1 cm, greenish, carpels gibbose, the basal ones longitudinally ribbed; seeds not seen.

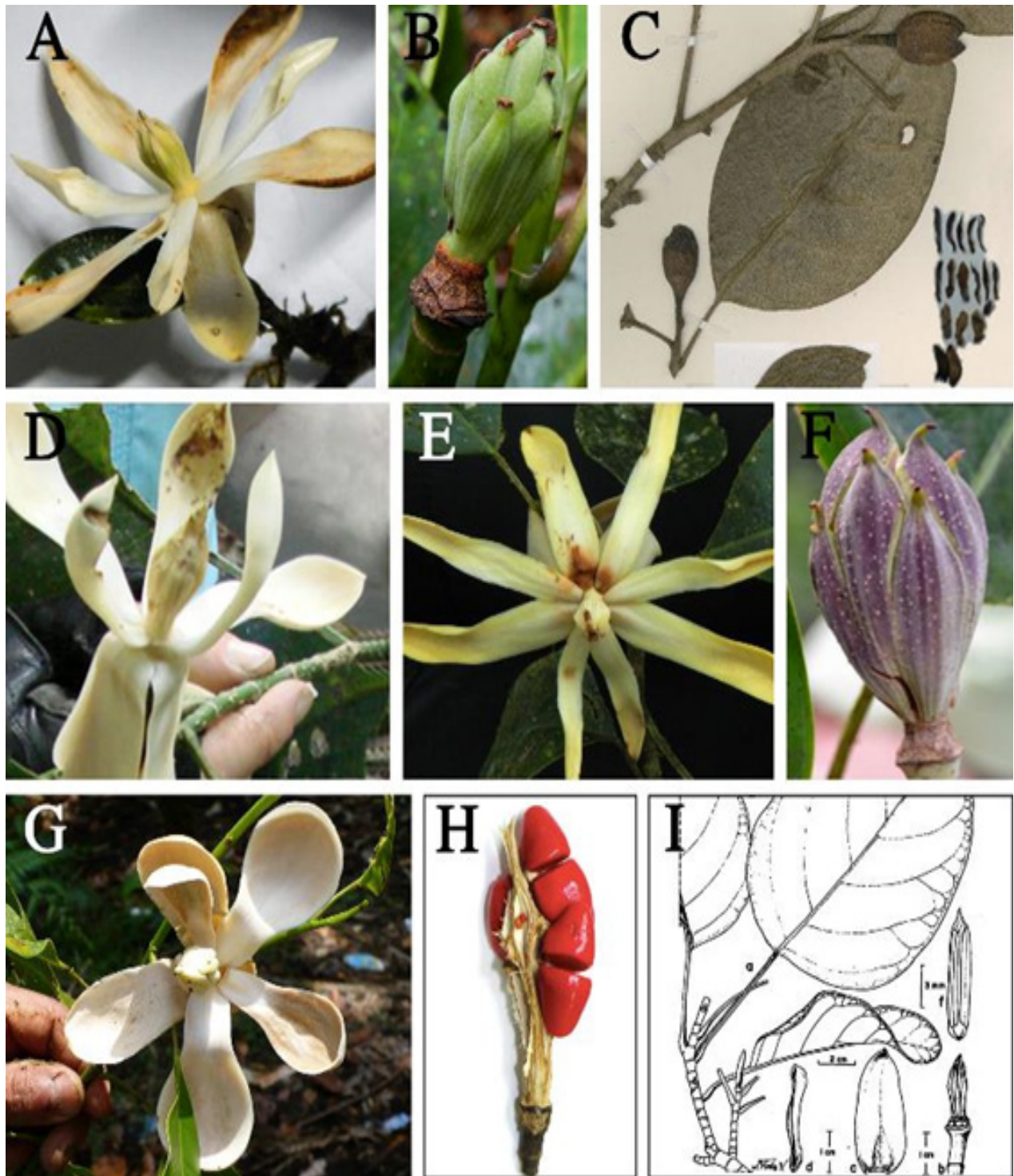


Figure 5. Species of the hypothetical morphological *Stenopetalae* group. **A, B.** *Magnolia arroyoana*. **C.** *Magnolia chiriquiensis*. **D.** *Magnolia cochranei*. **E, F.** *Magnolia kichuana*. **G, H.** *Magnolia quetzal*. **I.** *Magnolia venezuelensis*. Photographs by: A, B by Álvaro J. Pérez, C–F by Antonio Vázquez, G by Erick Tribouillier, H by Mario Véliz Pérez, I reprinted with permission from: Lozano-Contreras G. 1990. Magnoliaceae nativas de Venezuela. *Rev. Acad. Colomb. Cienc. Ex. Fis. Nat.* 17(67): 779-782.

Table 1. Morphological differences among species of the hypothetical morphological *Stenopetalae* group.

Characters	<i>M. arroyoana</i>	<i>M. venezuelensis</i>	<i>M. kichuana</i>	<i>M. metzai</i>	<i>M. chiriquiensis</i>	<i>M. cochraniei</i>
Leaves						
Size (cm)	5.0–37.0 × 3.0–16.0	13.1–21 × 7.9–14	6.2–22.0 × 10.6–12.5	(7.5–)15.0–20.0 × 6.9–8.1	13.0–26.5 × 7.0–15.5	8.0–24.0 × 6.0–15.0
Shape	Elliptic, oblong-elliptic or oblong in adults and oblanceolate in juveniles	Broadly ovate	Broadly elliptic to ovate or suborbicular	elliptic to lanceolate, or obovate, apex acute or obtuse	Broadly ovate-elliptic, apex acuminate, base obtuse	Ovate to broadly elliptic
Petiole size (cm)	1.0–6.0 × 0.2–0.4	3.8–6.5 × 0.2–0.3	2.7–13.1 × 0.2–0.3	2.5–5.0 × 0.1–0.7	2.0–4.8 × 0.2–0.5	2.4–8.3 × 0.2–0.35
Secondary veins	6–12	10–11	6–9	8–9	8–11	7–10
Hypsophylls	2	3	2	¿?	3	4–5
Flower						
Size in diam (cm)	7.0–8.0	8.0–9.0	10.0–12.0	7.0–8.0	8.0–9.0	10.0–12.5
Petal						
Number	7	8	8	6	8	6
Size						
outer ones (cm)	4.0–4.8 × 0.8–1.3 (4:1)	4.0–4.5 × 1.0(4:1)	4.3–5.8 × 1.6–1.8	3.6–3.8 × 1.9–2.0	4.0–4.5 × 0.9–1.1	6.8–7.0 × 2.5–3.2
inner ones (cm)	3.3–4.0 × 0.7–1.0 (5:1)	2.0–2.5 × 0.5(4:1)	2.0–3.7 × 0.8–1.4	3.4–3.6 × 1.7–1.8	2.8–3.0 × 0.6–0.7	4.5–5.0 × 1.8–2.0
Shape	Spathulate	Spathulate	Oblanceolate	obovate	Spathulate	Spathulate
Stamens	20–23	31–33	38–42(–50)	40–44	52–54	72–82
Mature Fruit						
Size (cm)	Unknown	Unknown	5.8–6.2 × 3.4	7.0–7.5 × 3.2–3.5	Unknown	Unknown
Shape	Unknown	Unknown	Obovoid	Ellipsoid	Unknown	Ovoid
Carpels number	10–12	11	10–12	8–10	Unknown	7–9
Distribution	SE Ecuador	Colombia and Venezuela	E Central Ecuador	Guatemala	Panamá	Honduras
Altitude m asl	1495–1613	1300–1500	800–1800	1500–1600	1050–1100	1300–2000

Eponymy, discovery, and ethnobotany.- This species was published as *Magnolia crassifolia*, but the name is illegitimate, being a later homonym of *M. crassifolia* Göpp. (Göppert 1852), a fossil taxon. Based on Art. 6.11 of ICN, Molinari-Novoa (2016) proposed *M. arroyoana* as a new and valid name for this taxon (Figures 1, 2), which was named in honor of Frank Arroyo, a Peruvian botanist from Universidad Agraria La Molina. The first collection of this species came from two sprouting stumps collected by F. Arroyo while exploring the forest remnants around the Los Encuentros - Jardín del Cóndor road; a few days later, he returned to the area with Á.J. Pérez to expand the search. Here, they found a couple more individuals, one of them having young flower buds that were used to describe the species. The inhabitants of this area recognize that the timber of *M. arroyoana* is suitable for use in carpentry and cabinetmaking, but the species does not have a common name.

Distribution and ecology.- Endemic to Zamora-Chinchipe Province in southeastern Ecuador, the type population is located in a private remnant forest along the Los Encuentros - Jardín del Cóndor road, at 1613 m. The recently discovered population is located in forest remnants along the Los Encuentros - El Pindal - Campamento Las Peñas road, km 14+800 m, at 1495 m (Figure 4). The type locality lies within a much larger zone that covers the southern portion of the eastern Cordillera de Los Andes (Ministerio del Ambiente del Ecuador 2013) and is dominated by evergreen piedmont forest; the new population lies in the evergreen low montane forest of the Cordilleras del Cóndor and Kutukú (Figure 5). An adult individual (sample Pérez *et al.* 11667) has been monitored since 2019 in the Colibrí plot (2500 m²) as part of a monitoring program conducted by the Lundin Gold company. The plant is 32 cm dbh and has a growth rate of ~1 mm/year. Flower buds are typically present in August, flowering in January–February and mature fruits possibly form from May to June.

Conservation status.- *M. arroyoana* has an AOO of 0.20 km² and is ranked as Critically Endangered (CR), meeting criteria B2b(iii), D of IUCN (IUCN 2022), and is still in agreement with the latest Red List of Magnoliaceae (Rivers *et al.* 2016). Despite adding a new population, we recommend maintaining this category due to low population density (less than 15 individuals are known; two adults and seven juveniles were seen in the new locality) and the high threat of habitat loss (Arroyo *et al.* 2013; Vázquez-García *et al.* 2016b).

Additional specimens examined.- ECUADOR. Zamora-Chinchipe: Los Encuentros, 10 km en carretera a Jardín del Cóndor, en cerros al lado derecho de la carretera, 1571 m, 03°48'23"S, 78°36'38"W, 01 Aug. 2013 (sterile), Arroyo & León 282 (QCA!); same locality as previous, 1564 m, 03°48'23"S, 78°36'37"W, 01 Aug. 2013 (sterile), Arroyo & León 283 (QCA!); camino Los Encuentros - El Pindal - Campamento Las Peñas, km 14+800 m, Parcela Colibrí, 1495 m, 03°45'20"S, 78°33'02"W, 01 Feb. 2020 (fl, immature fr), Pérez *et al.* 11662, 11667 (QCA!).

Discussion

M. arroyoana belongs to the *Magnolia* section *Talauma*. The species is morphologically similar to *M. kichuana* (Arroyo *et al.* 2013) because its flowers have oblong sepals and spatulate petals, although the flowers are smaller for *M. arroyoana* (7.0–8.0 cm diam vs. 10.0–12.0 cm diam for *M. arroyoana* and *M. kichuana*, respectively). Another similarity is the carpel number, which ranges from 10–12 for both species.

The two species differ in petiole length (*M. arroyoana*, 1.0–6.0 × 0.2–0.4 cm; *M. kichuana*, 2.7–13.1 × 0.2–0.3 cm) and fruit shape (ellipsoid vs. obovoid in *M. arroyoana* and *M. kichuana*, respectively). For *M. arroyoana*, the leaf blades are elliptic, oblong-elliptic or oblong in the adults (oblanceolate in juveniles), whereas they are broadly elliptic to ovate or suborbicular in *M. kichuana*. In addition, the number of stamens ranges from 20–23 for *M. arroyoana* vs. 38–42(–50) for *M. kichuana*.

A Colombian endemic species, *M. virolinensis* (Lozano) Govaerts, is also morphologically similar to *M. arroyoana* for its vegetative characters. Still, these two species differ in 1) how their adaxial scars cover the petiole (fully covered vs. partially covering in *M. virolinensis*), 2) branchlet pubescence (entirely glabrous vs. puberulent in *M. virolinensis*) and hypsophyll pubescence (glabrous vs. pubescent in *M. virolinensis*) (Lozano-Contreras 1994).

M. arroyoana is morphologically related to a set of species proposed here as the hypothetical morphological *Stenopetalae* group within the section *Talauma*. Based on their flower and fruit morphology, taxa in this newly defined group share spatulate or narrowly obtrullate to oblanceolate petals (4:1–5:1), having a long attenuate base and small ellipsoid to obovoid fruit of few (<12) gibbose carpels. This group includes *M. cochraney* A.Vázquez, *M. quetzal* A.Vázquez, Véliz & Tribouill., *M. chiriquiensis* A.Vázquez (Vázquez-García et al. 2013b), *M. venezuelensis* (Lozano) Govaerts (Lozano-Contreras 1990, 1994), and *M. kichuana* (Figures 3, 5; Table 1). Future genetic analyses are needed to confirm the classification of these species in the proposed hypothetical morphological *Stenopetalae* group, which may elevate the taxon to a higher systematic category (i.e., Series).

Key to species of the *Stenopetalae* group

1. Stamens > 50 2
- Stamens ≤ 50 3
2. Leaf apex acuminate, secondary veins 8–11; hypsophylls 3; flowers 8.0–9.0 cm in diam; petals 8, the outer petal length 4.0–4.5 cm; stamens 52–54; Panama *M. chiriquiensis*
- Leaf apex acute to obtuse, secondary veins 7–10; hypsophylls 4–5; flowers 10.0–12.5 cm in diam; petals 6, the outer petal length 6.8–7.0 cm; stamens 72–82; Honduras *M. cochraney*
3. Stamens > 35 4
- Stamens ≤ 35 5
4. Leaves broadly elliptic to suborbicular; flower 10.0–12.0 cm in diam; fruit 5.8–6.2 cm long; eastern-central Ecuador *M. kichuana*
- Leaves elliptic to lanceolate, occasionally obovate; flower 7.0–8.0 cm in diam; fruit 7.0–7.5 cm long; Guatemala *M. quetzal*
5. Leaves broadly ovate; hypsophylls 3; petals 8; stamens 31–33; Venezuela and Colombia *M. venezuelensis*
- Leaves elliptic, oblong-elliptic, oblong or oblanceolate; hypsophylls 2; petals 7; stamens 20–23; southeastern Ecuador *M. arroyoana*

Acknowledgements

We are grateful to Lundin Gold and Cardno Entrix for facilitating the floristic inventories in the Fruta del Norte mining concession in Zamora-Chinchipe Province through the research agreement with the Pontificia Universidad Católica del Ecuador (N° 2018-001). We thank the curators of herbaria listed under the methods section for the facilities provided to study their *Magnolia* collections. Special thanks to Dra. Elizabeth Castañeda, editor in chief of Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales for authorizing the reprint of figure 3 of Lozano-Contreras paper in 1990 and to María José Racines (Entrix coordinator) for all the support during the fieldwork. Thanks to the anonymous reviewers that improved our manuscript.

Declaration of interest and Authors' Contributions

All authors declare that there is no conflict of interest. ÁJP, NZ, and ER collected and photographed the plants. ÁJP, NZ, DC and JAVG identified the specimens and revised herbarium collections. All authors contributed equally to the writing of the text.

References

- Arroyo F, Pérez ÁJ. 2013. Three new species of *Magnolia* (Magnoliaceae) from Ecuador. *Phytoneuron* 55: 1-6.
- Arroyo F, Pérez ÁJ, Vázquez-García JA. 2013. Six new species of *Magnolia* (Magnoliaceae) from Ecuador and Peru. In: Salcedo-Pérez E, Hernández-Álvarez E, Vázquez-García JA, Escoto-García T, Díaz-Echavarría N. (Ed.), *Recursos Forestales En El Occidente de México: Diversidad, Manejo, Producción, Aprovechamiento y Conservación*. Tomo I, Vol. 4, Amaya Ediciones S de RL de CV, p. 497-508.
- Arroyo F, Pérez ÁJ, Machoa AD, Neill DA, Ortega-Peña AS, Vázquez-García JA. 2019. *Magnolia napoensis* (subsect. *Talauma*, Magnoliaceae): A new species from the Amazonian lowlands of

Ecuador and Peru. *Phytotaxa* 427: 239-248. doi.org/10.11646/phytotaxa.427.4.2

Bachman S, Moat J, Hill AW, De La Torre J, Scott, B. 2011. Supporting Red List threat assessments with GeoCAT: geospatial conservation assessment tool. *ZooKeys* 150: 117 - 126. doi.org/10.3897/zookeys.150.2109

Göppert HR. 1852. Beiträge zur Tertiärflora Schlesiens. *Palaeontographica* (1846-1933): 257-282.
IUCN Standards and Petitions Committee. 2022. Guidelines for using the IUCN Red List categories and criteria. Version 15. [Internet]. [accessed 2022 Sept 27]. <http://www.iucnredlist.org/documents/RedListGuidelines.pdf>

Lozano-Contreras G. 1990. Magnoliaceae nativas de Venezuela. *Rev. Acad. Colomb. Cienc. Ex. Fis. Nat.* 17(67): 779-782.

Lozano-Contreras G. 1994. *Dugandiodendron* y *Talauma* (Magnoliaceae) en el Neotrópico. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Bogotá, 147p.

Ministerio del Ambiente del Ecuador. 2013. Sistema de clasificación de los ecosistemas del Ecuador continental. Subsecretaría de Patrimonio Natural, Quito, 232p.

Molinari-Novoa EA. 2016. *Magnolia arroyoana*, a new name for *Magnolia crassifolia* (Magnoliaceae). *Phytotaxa* 257: 200. doi.org/10.11646/phytotaxa.257.2.12

Morelos-Juárez C, Giler-Mejía YY, Neill DA, Merino-Santi RE, Vázquez-García JA. 2019. *Magnolia dixonii* (*M. subsect. Talauma*, Magnoliaceae) rediscovered at Tesoro Escondido Reserve in the biogeographic Chocó of Ecuador. *Phytotaxa* 427: 291-295. doi.org/10.11646/phytotaxa.427.4.8

Pérez ÁJ. 2015. Taxonomía y conservación de la familia Magnoliaceae en el Ecuador. [master's thesis]. Quito: Pontificia Universidad Católica del Ecuador. 143p.

Pérez ÁJ, Arroyo F, Neill DA, Vázquez-García JA. 2016. *Magnolia chiguila* and *M. mashpi* (Magnoliaceae): Two new species and a new subsection (*Chocotalauma*, sect. *Talauma*) from the Chocó biogeographic region of Colombia and Ecuador. *Phytotaxa* 286: 267-276. doi.org/10.11646/phytotaxa.286.4.5

Pérez ÁJ, Persson C, Zapata N, Mashburn B, Vázquez-García JA. 2020. *Magnolia lozanoi* (*Magnolia* subsect. *Dugandiodendron*, Magnoliaceae) rediscovered on Ecuadorian "tepui" in Reserva Biológica El Quimi, Cordillera del Cóndor: Critically endangered by open-pit mining. *Phytotaxa* 428: 255-262. doi.org/10.11646/phytotaxa.428.3.6

Rivers, M., Beech, E., Murphy, L., & Oldfield, S. 2016. The red list of Magnoliaceae-revised and extended. Botanic Gardens Conservation International, Richmond, Surrey, UK, 60 pp.

Vázquez-García JA, Muñoz-Castro MÁ, De Castro-Arce E, Murguía Araiza R, Nuño Rubio AT, Cházaro-Basañez M de J. 2012. Twenty new neotropical tree species of *Magnolia* (Magnoliaceae). In: Salcedo-Pérez E, Hernández-Álvarez E, Vázquez-García JA, Escoto-García T, Echevarría-Díaz N. (Ed.), Recursos Forestales En El Occidente de México: Diversidad, Manejo, Producción, Aprovechamiento y Conservación Tomo I, Amaya Ediciones S de RL de CV, Zapopan, México, p.91-130.

Vázquez-García JA, Muñoz-Castro MA, Arroyo F, Pérez ÁJ, Serna M, Cuevas Guzmán R, et al. 2013a. Novelty in Neotropical *Magnolia* and an addendum proposal to the IUCN Red List of Magnoliaceae. In: Salcedo-Pérez E, Hernández-Álvarez E, Vázquez-García JA, Escoto-García T, Díaz-Echavarría N. (Ed.), Recursos Forestales En El Occidente de México: Diversidad, Manejo, Producción, Aprovechamiento y Conservación. Tomo II, Amaya Ediciones S de RL de CV, p.461-496.

Vázquez-García JA, Véliz-Pérez ME, Tribouillier-Navas E, Muñiz-Castro MA. 2013b. *Magnolia quetzal* and *Magnolia mayae*, a new species and a new record, respectively, for the flora of Guatemala. *Phytotaxa* 76: 1-6. doi.org/10.11646/phytotaxa.76.1.1

Vázquez-García JA, Neill DA, Pérez ÁJ, Arroyo F, Núñez-V MP, Serna M, et al. 2014. Magnoliaceae en el Neotrópico: riqueza, endemismo y estado de conservación. *Memorias del XI Congreso Latinoamericano de Botánica*. San Salvador Bahía, Brasil: 19-24. doi.org/10.13140/2.1.4945.6324

Vázquez-García JA, Neill DA, Asanza M, Recalde L. 2015. *Magnolia vargasiana* (Magnoliaceae), a new Andean species and a key to Ecuadorian species of subsection *Talauma*, with notes on its pollination biology. *Phytotaxa* 217: 26-34. doi.org/10.11646/phytotaxa.217.1.2

Vázquez-García JA, Neill DA, Recalde F, Asanza M. 2016a. *Magnolia llanganatensis* (Subsect. *Talauma*, Magnoliaceae), una especie nueva de Tungurahua y clave para las especies de *Magnolia* de Ecuador. *Botanical Sciences* 94: 593-602. doi.org/10.17129/botsci.435

Vázquez-García JA, Neill DA, Asanza M, Pérez ÁJ, Arroyo F, Dahua-Machoa A, Merino-Santi E. 2016b. *Magnolias de Ecuador: en riesgo de extinción*. Puyo, Ecuador, 133p.

Vázquez-García JA, Neill DA, Asanza M, Pérez ÁJ, Dahua-Machoa A, Merino-Santi E, et al. 2017. *Magnolia mindoensis* (subsect. *Talauma*, Magnoliaceae): Una especie nueva del Chocó biogeográfico premontano en Colombia y Ecuador. *Brittonia* 69: 197-208. doi.org/10.1007/s12228-016-9449-x

**Distribución potencial de *Tremarctos ornatus*
(oso andino) en relación al cambio de uso de suelo de su hábitat
en las estribaciones orientales del Ecuador****Potential distribution of *Tremarctos ornatus*
(Andean bear) in relation to the land use change of its habitat
in the eastern foothills of Ecuador**Camila Rodríguez-Cabezas¹, Monserrath Mejía-Salazar¹ y Catalina Quintana^{2*}¹ Pontificia Universidad Católica del Ecuador Facultad de Ciencias Humanas, Quito, Ecuador.² Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Escuela de Ciencias Biológicas. Quito, Ecuador.*Autor de correspondencia:
cqintanam@puce.edu.ecRecibido: 05-07-2022
Aceptado: 08-11-2022

DOI: 10.26807/remcb.v43i2.937

e-ISSN 2477-9148

© 2022. Este artículo es publicado bajo una licencia CC BY-NC 4.0

Como citar este artículo:
Rodríguez Cabezas C, Mejía-Salazar M, Quintana C. 2022. Distribución potencial de *Tremarctos ornatus* (oso andino) en relación al cambio de uso de suelo de su hábitat en las estribaciones orientales del Ecuador. Revista Ecuatoriana de Medicina y Ciencias Biológicas 43(2): 23-35. doi: 10.26807/remcb.v43i2.937

Resumen. – La presente investigación estudió como el cambio de uso de suelo, en un período de once años (2008 - 2019), incide en la distribución potencial del oso andino (*Tremarctos ornatus*) en las estribaciones orientales de los Andes del Ecuador (Provincia de Napo). Según los análisis multitemporales del uso y cobertura de suelo de la provincia de Napo para los años 2008, 2018 y 2019, esta especie habita en el páramo y el bosque montano alto (bosque nativo). A pesar de que el hábitat de bosque montano alto (bosque nativo) ha disminuido con el paso de los años, el páramo se ha incrementado debido al manejo del uso de suelo. Los análisis del modelo de distribución potencial del oso andino a nivel nacional indican que *Tremarctus ornatus* se puede encontrar en Pichincha, Imbabura, Carchi, Napo, Cotopaxi, Chimborazo y Esmeraldas. En la provincia de Napo se encuentra principalmente en zonas protegidas en los cantones de: El Chaco, Quijos y Archidona. Las principales amenazas a las que se enfrenta esta especie son la caza y la fragmentación de su hábitat, por lo que debe ser protegido, debido al rol ecológico que cumple, como dispersor de semillas, principalmente en zonas de páramo donde existen mayores registros de su presencia.

Palabras claves: Análisis multitemporal, idoneidad de hábitat, fragmentación del hábitat.

Abstract. - The purpose of this research was to study how the change in land use, in a period of eleven years (2008 - 2019), affects the potential distribution of the Andean bear (*Tremarctos ornatus*) in the Andes eastern foothills of Ecuador (Napo Province). According to the multi-temporal analysis of land use and cover in the province of Napo for the years 2008, 2018 and 2019, this species lives in the páramo and high montane forest (native forest). Although the high montane forest (native forest) habitat has decreased over the years, the páramo has increased due to land use management. Analysis of the potential distribution model of the Andean bear at country level indicate that *Tremarctus ornatus* can be found in Pichincha, Imbabura, Carchi, Napo, Cotopaxi, Chimborazo, and Esmeraldas. In the province of Napo, it is found mainly in protected areas in the cantons of: El Chaco, Quijos and Archidona. The main threats that this species faces are hunting and the fragmentation of its habitat, therefore it must be protected due to the ecological role it plays, as a seed disperser, mainly in páramo areas where there are the main records of its occurrence.

Keywords : Multi-temporal analysis, habitat suitability, habitat fragmentation.

Introducción

Los modelos de distribución geográfica de las especies tienen varias aplicaciones en estudios biológicos como la búsqueda de registros de especies raras o en peligro de extinción, la investigación de patrones espaciales de la biodiversidad, la evaluación del efecto del cambio climático en la distribución de especies y en aspectos más prácticos como la creación de planes de gestión ambiental y planificación de áreas protegidas (Guisan et al. 2006, Benito y Giles 2007). Los modelos utilizan datos de la presencia y ausencia de especies aplicando métodos estadísticos (Sharon B. Phillips et al. 2006). En este sentido, tanto a nivel nacional como regional

se han realizado varios estudios para conservar el hábitat del oso andino *Tremarctos ornatus*, usando modelos de distribución de especies (Kattan et al. 2004; Aldás 2016; Figueroa et al. 2016; Parra 2018; Ortiz Hernández and Fredy Ortiz 2020).

Los estudios que se han realizado en el Ecuador sobre el oso andino se basan en estudios genéticos (Ruiz-García et al. 2020), donde se identificó que las poblaciones del norte del Ecuador tienen un menor nivel de diversidad genética comparadas con las poblaciones del sur, que incluso presentan una disminución del tamaño de la población. Existen estudios sobre la distribución estacional y hábitos alimentarios de *Tremarctos ornatus* en la sierra de Ecuador, específicamente en el Volcán Antisana (Suarez 1988) en el cual se recalca la importancia del páramo y el bosque andino para la existencia de esta especie y las bromelias como elemento básico en la dieta del oso.

La provincia del Napo presenta 18 ecosistemas, donde se destacan herbazales, bosques montanos altos, bosques inundados y bosques de tierras bajas (Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica 2013). Existen varias especies de flora y fauna endémica dentro de la provincia de Napo que se encuentran amenazadas por la pérdida de hábitat (Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Napo 2019). El 71,10 % de la provincia del Napo se encuentra en zonas de áreas protegidas, designadas por el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. Dentro de la provincia se encuentran seis áreas protegidas, nueve bosques protectores, la Reserva de la Biosfera Sumaco y la Reserva de la Biosfera Yasuní (Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Napo 2019).

A nivel regional, el oso andino (*Tremarctos ornatus*) se encuentra distribuido en las áreas andinas, desde Venezuela hasta Bolivia en una franja longitudinal de 4600 km (Peyton 1980). En el Ecuador se puede encontrar al oso andino en ecosistemas como los bosques subtropicales, templados, altoandinos y páramos presentes en la sierra y en las estribaciones de la cordillera de los Andes (Tirira 2011). Su rango altitudinal oscila entre los 250 a 4750 m.s.n.m, para los países andinos sus registros se dan a partir de los 1000 m.s.n.m (García-Rangel 2012).

Los osos andinos cumplen un rol importante en el ecosistema de bosque montano y páramo, al ser dispersores de semillas. Los osos al trepar los árboles para alimentarse de frutos, su sistema digestivo no destruye las semillas, sino más bien promueve la dispersión a nuevas áreas (Rivadeneira-Canedo 2008). Por otro lado, esta especie provoca el crecimiento de la vegetación del bosque, ya que cuando el oso se alimenta deja caer troncos al suelo del bosque, así crea espacios abiertos donde llegan la luz y el agua y las ramas se convierten en abono orgánico (Sandoval and Yáñez 2019).

Si bien existen diversos estudios (Suarez 1988; Tirira 2011; García-Rangel 2012; Ruiz-García et al. 2020) del oso andino en el Ecuador, existe una carencia de información de esta especie en la provincia de Napo, por lo que el presente estudio aporta datos para promover su conservación. Para el Ecuador el oso andino se encuentra en la categoría "En Peligro", en base al libro rojo de los mamíferos del Ecuador, significando que tiene el peligro de desaparecer a nivel regional debido a la caza y fragmentación de su hábitat, causado por el cambio de uso de suelo (Tirira 2011).

El páramo constituye un ecosistema muy importante para el oso andino, debido a la vegetación que le sirve de alimento y al uso como un corredor de transición, para la realización de actividades a lo largo de su desarrollo (Chuncho and Chuncho 2019). Al relacionar la extensión del páramo con la conservación del oso andino, varios autores (Hofstede et al. 2003; Camacho 2013), coinciden en que la deforestación de ecosistemas vecinos al páramo como el bosque montano, inciden en la expansión de la zona de páramo. Para Hofstede et al. 2003, la deforestación de los bosques andinos no es una práctica que afecte directamente al páramo, mientras que para Camacho 2013, el páramo en su mayoría es el resultado de interacciones humanas como las actividades agropecuarias, ya que aproximadamente el 60 % de la superficie de páramo dentro del Ecuador ha sido generado por actividades como el pastoreo y las quemadas por la ampliación de la frontera agrícola.

Al momento en que se produce una reducción de la cubierta del bosque, se puede garantizar la expansión de otros ecosistemas como el de páramo (Lanly 2022). Cuando se tala un trozo de bosque, su cubierta puede desaparecer por un periodo de tiempo, sin embargo esta se regenerará mediante una transformación positiva a pastizales incrementando la expansión del páramo (Lanly 2022).

A partir de esta problemática surge la pregunta de investigación ¿Cómo el cambio de uso del suelo en un período de once años (2008-2019) incide en el hábitat y en la distribución potencial de *Tremarctos ornatus* (oso andino) en la provincia de Napo?

Materiales y Métodos

Área de estudio.- El clima en la provincia del Napo se encuentra clasificado como húmedo tropical, la precipitación oscila entre los 150 y 270 mm/mes, siendo marzo y mayo los meses con mayores precipitaciones, mientras que julio y agosto son los meses más secos (Armenta et al. 2016). La temperatura oscila entre 3 y 24°C siendo julio el mes con temperatura más baja y octubre el mes más caliente (Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Napo 2019). El área de estudio se centra en el páramo y el bosque montano alto de la provincia de Napo al ser las regiones naturales principales en donde se han encontrado registros del oso andino (Global Biodiversity Information Facility 2021; iNaturalist 2021; Pontificia Universidad Católica del Ecuador 2021). El páramo tiene un rango altitudinal entre los 3200 msnm y 4700 msnm, siendo en su mayoría de categoría húmedos por lo que se le conoce como esponjas de agua (Camacho 2013). Se puede encontrar diversidad de fauna silvestre por lo que es considerado como un hábitat excepcional. El 7 % del territorio ecuatoriano se encuentra ocupado por este ecosistema, siendo una fuente importante de recursos naturales como la producción de agua (Chuncho and Chuncho 2019).

Por otro lado, el bosque montano alto tiene un rango altitudinal que va desde los 3000 msnm hasta los 3700 msnm. Dentro de esta región natural se puede encontrar varios servicios ambientales como la producción de oxígeno y el almacenamiento de agua, además se encuentran plantas epífitas, vasculares y briofitos (Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica 2013). El rango altitudinal donde se encuentra al oso andino oscila entre los 250 – 4750 m.s.n.m (Fondo Mundial para la Naturaleza 2016).

Datos del oso andino y de la provincia de Napo.- Para recopilar información sobre las características del hábitat, distribución, alimentación, descripción, comportamiento, estado de conservación y rol ecológico del oso andino, se hizo una revisión bibliográfica de los estudios realizados hasta el presente: Castellanos 2010, García-Rangel 2012, y Sandoval and Yáñez 2019. La información del Plan de Ordenamiento Territorial de la Provincia de Napo y los Planes de Ordenamiento Territorial de los Cantones se usaron para la recolección de información de los componentes biofísico, poblacional y económico de la provincia de Napo.

Análisis multitemporal.- Se realizó un análisis multitemporal por un período de 11 años (2008 – 2019), con el uso de coberturas digitales de uso de tierra extraídas del Geoportal del Ministerio de Agricultura y Ganadería. Tiene una escala de 1: 100.000 para visualizar los cambios existentes en los mapas de uso de suelo para el análisis de coberturas digitales mediante el software ArcGIS.

Modelo Maxent.- El uso del software Maxent permitió modelar la distribución de esta especie mediante dos conjuntos de datos principales. El primero se basa en 220 registros georreferenciados sobre la presencia de la especie, esta información se obtuvo de geoportales como Bioweb PUCE, GBIF Servicio de información sobre biodiversidad mundial e INATURALIST, para posteriormente realizar una sola base de datos y trasladar estos puntos al software ArcGIS. El segundo son las 19 variables bioclimáticas determinadas por la plataforma World Clim para colocar en el software Maxent y proceder a realizar dos modelos. La resolución espacial de las variables ambientales descargadas es de 1 km².

En el modelo 1 se utilizaron las 19 variables y se procedió a correr el primer modelo con 10 réplicas. En el caso del segundo modelo, se subieron solamente las variables ambientales que

más aportaron al modelo 1 y se procedió a correr el modelo final con 10 réplicas dado a que a mayor número de réplicas se puede observar cuál es el modelo más idóneo para la especie.

Variables bioclimáticas.- Las variables bioclimáticas utilizadas para el modelo final de distribución potencial del oso andino se enlistan en la Tabla 1 con su porcentaje de contribución.

Calibración del modelo Maxent.- Para la elaboración del primer modelo, del modelo final, y en la calibración se utilizó el mismo número de réplicas, es decir 10, donde la validación de cada modelo utilizó el 75 % y 25 % de los datos de registros georreferenciados de la especie. Se aplicó de igual manera la presencia del entrenamiento de percentil 10 el cuál es un umbral que omite las regiones que tienen una idoneidad de hábitat bajo, definiendo los parámetros de forma predeterminada como lo sugiere Refoyo et al. 2014.

Elaboración de mapas.- El modelo resultante presentó la distribución potencial del oso andino en la provincia de Napo donde se realizó un mapa de uso de suelo mediante el software ArcGIS con una cobertura digital a escala 1: 25.000 para demostrar como el uso de suelo incide en la distribución potencial de esta especie.

Resultados

Uso y cobertura de suelo en el año 2008 a escala 1: 100.000.- La cobertura para el uso del suelo en el área de estudio para el año 2008 (Tabla 2) indica que el mayor porcentaje de hectáreas corresponden al nivel de bosque montano alto (bosque nativo) con una extensión de 825910,03 ha (65,84 %) de la superficie provincial. La zona antrópica se concentra principalmente en las cabeceras cantonales; siendo el Tena la ciudad con mayor extensión de área poblada. Sin embargo, se puede determinar que la zona antrópica para el año 2008 solamente representa 1543,73 ha (0,12 %) de la superficie total. En contraste el área de páramo, donde se encontró el mayor número de registros de oso andino tiene una superficie de 241191,30 ha (19,23 %); seguido por la categoría de bosque montano alto (bosque nativo).

Ciertos registros del oso andino se encuentran cerca de áreas de mosaicos agropecuarios que representan 157431,71 ha (12,55 %).

Uso y cobertura de suelo en el año 2018 a escala 1: 100.000.- La cobertura de uso del suelo en el área de estudio para el año 2018 (Tabla 3), a la misma escala con 10 años de diferencia, indica que la categoría de bosque montano alto (bosque nativo), fue la categoría con mayor porcentaje de superficie con 813174,84 ha (64,83 %). En 10 años de diferencia, este ha disminuido aproximadamente en 12735,19 ha (1,01 %), lo cual puede llegar a representar una pérdida de hábitat no solamente para el oso andino, sino también para otras especies de fauna como el tapir andino, el zorro andino y de plantas propias del bosque montano alto y páramo.

Tabla 1. Variables bioclimáticas utilizadas en la elaboración del modelo final de distribución potencial del oso andino con su porcentaje de contribución

Variables	Porcentaje de contribución (%)
Bio1 = Temperatura media anual	51.9
Bio14 = Precipitación del mes más seco	16.7
Bio4 = Estacionalidad de la temperatura	11.9
Bio16 = Precipitación del cuarto más húmedo	6.5
Bio11 = Temperatura media del cuarto más frío	3.4
Bio15 = Estacionalidad de la precipitación	4.9
Bio10 = Temperatura media del trimestre más cálido	4.6

Tabla 2. Categorías de uso y cobertura de suelo de la provincia de Napo en el año 2008 calculado en hectáreas

Uso y cobertura de suelo	Hectáreas (ha)	Porcentaje (%)
Tierra agropecuaria	157431,71	12,55
Vegetación arbustiva	6695,52	0,54
Bosque nativo	825910,03	65,84
Área sin cobertura vegetal	7154,54	0,57
Páramo	241191,3	19,23
Zona antrópica	1543,73	0,12
Cuerpo de Agua	14250,99	1,14
Vegetación herbácea	64,44	0,01

Sin embargo, la categoría de páramo ha tenido un aumento de 7952,33 ha (0,63 %) lo cual es beneficioso para los requerimientos de desarrollo del oso andino.

La zona antrópica del año 2018 representa 4773,78 ha (0,38 %) de la superficie total. En el mapa elaborado se puede observar que las cabeceras cantonales presentan crecimiento de las áreas pobladas, principalmente en la ciudad de Tena y Archidona. El mosaico agropecuario incrementó con 10035,34 ha (0,8 %), y se encuentra en zonas cercanas a las cabeceras cantonales.

Uso y cobertura de suelo en el año 2019 a escala 1: 25.000.- En la cobertura para el uso del suelo en el área de estudio para el año 2019 (Tabla 4), en esta ocasión a una escala de 1:25.000, se puede distinguir que el bosque montano alto (bosque nativo), al igual que en los anteriores mapas, es la categoría que más superficie ocupa con 917293,32 ha (73,14 %), siguiéndole la categoría de páramo con 168009,83 ha (13,4 %).

A esta escala mucho más detallada y local aparecen categorías como la de cultivo que representa 7647,5 ha (0,61 %), con cultivos principalmente de maíz (*Zea mays*), cacao (*Theobroma cacao*) y yuca (*Manihot esculenta*); para la zona antrópica se tiene 4719,18 ha (0,38 %) (Figura 1).

Registros obtenidos de la especie *Tremarctos ornatus* (oso andino) en Ecuador y en la provincia de Napo.- Se obtuvieron 220 registros mediante los geoportales (Bioweb...etc) para las provincias de Pichincha, Carchi, Imbabura, Zamora Chinchipe, Morona Santiago, Tungurahua, Loja, El Oro, Sucumbios, Orellana, Cotopaxi y Napo. Se determinó que la provincia de Pichincha es la que cuenta con más registros (95), le sigue la provincia de Imbabura (59) y finalmente se encuentra la provincia de Napo (32). Los registros de la provincia de Napo se encuentran en los cantones de Quijos con 22 puntos, El Chaco con 6 puntos y Archidona con 4 puntos georreferenciados. Sin embargo, en los cantones Tena y Carlos Julio Arosemena Tola no se han localizado registros de esta especie.

Resultado del modelo de distribución potencial de la especie *Tremarctos ornatus* (oso andino) en el Ecuador

Resultado en Maxent.- La Figura 2 es una representación de los modelos, en donde se muestra que los colores cálidos son las zonas en donde pueden encontrarse las mejores condiciones para el oso andino. Por otro lado, las zonas de colores fríos muestran las áreas donde no se hallan condiciones adecuadas para el desarrollo del oso andino. En el modelo 1 (Figura 2) se observa que los lugares óptimos se encuentran en la parte norte del Ecuador, en su mayoría en las provincias de Carchi, Imbabura, Pichincha con un rango de medio (778797,70 ha) a alto (407649,67 ha) en probabilidad de presencia de la especie. Este modelo se realizó con las 19 variables ambientales donde la variable "bio 5" (temperatura máxima del mes más cálido) es la que tiene mayor ganancia cuando se utiliza aisladamente. Mientras que la variable "bio 3"

Tabla 3. Categorías de uso y cobertura de suelo de la provincia de Napo en el año 2018 calculado en hectáreas

Uso y cobertura de suelo	Hectáreas (ha)	Porcentaje (%)
Vegetación arbustiva	287,08	0,02
Cuerpo de agua natural	12288,51	0,98
Área sin cobertura vegetal	5705,74	0,45
Mosaico agropecuario	167467,05	13,35
Páramo	249143,63	19,86
Infraestructura	1279,62	0,1
Vegetación herbácea	147,15	0,01
Área poblada	3494,16	0,28
Bosque nativo	813174,84	64,83
Cuerpo de agua artificial	11,88	0,001
Glaciar	1232,82	0,1
Plantación forestal	9,81	0,001

(isotermalidad) es aquella que tiene una gran cantidad de información que no se encuentra con otras variables. De las 10 réplicas del primer modelo realizado con todas las 19 variables ambientales, el número 7 es el más óptimo, ya que presenta el AUC más alto de 0.9706, mientras este valor es más próximo a 1 el modelo será más óptimo.

En el caso de la elaboración del modelo final (Figura 2) se escogieron las variables bio1, bio14, bio4, bio16, bio11, bio15 y bio 10. Son aquellas que más aportaron a la elaboración del modelo sin tener una autocorrelación que pueda causar conflictos al momento de plasmar el modelo. En esta ocasión la variable bio 1 de temperatura media anual tuvo un porcentaje de contribución del 51.9 %. De las 10 réplicas del modelo final, el modelo 7 con un AUC de 0,9458 es el mejor modelo con el AUC más cercano a 1. Las siete variables utilizadas fueron bio1, bio14, bio4, bio16, bio11, bio15 y bio 10. Así también la presencia mínima de deformación en este modelo se obtuvo un valor igual a 0.

De acuerdo con los resultados arrojados por el software Maxent la variable ambiental bio 10 (Temperatura media del trimestre más cálido) es la que tiene una mayor ganancia, cuando se usa aisladamente, lo cual quiere decir que su información es más útil por sí misma. Por otro lado, la variable bio 4 (Estacionalidad de la temperatura desviación estándar \times 100) es la que parece tener la mayor cantidad de información que no está presente en las otras variables (Phillips et al. 2021).

Resultado de ArcGIS.- De acuerdo con la clasificación del ráster de Maxent, la probabilidad de presencia de la especie es muy alta (327308,25 ha) principalmente en las provincias de Pichincha, Imbabura, Carchi y Napo seguido de Cotopaxi, Chimborazo e incluso la provincia de Esmeraldas.

Resultado del modelo de distribución potencial de la especie *Tremarctos ornatus* (oso andino) y la incidencia de uso de suelo en su hábitat en la provincia de Napo.- En la figura 3 sección A se observan cinco categorías de probabilidad de presencia de la especie según los resultados del modelo de distribución potencial. La sección B contiene la idoneidad de hábitat de *Tremarctos ornatus* en relación con el uso de suelo de la provincia en el año 2019.

De acuerdo con los resultados obtenidos a partir del modelo final del software Maxent y la utilización del software ArcGIS, la categoría de Probabilidad Media (62,09% del territorio) de presencia de la especie dentro de la provincia de Napo ocupa 778797,70 ha. Se puede observar que la sección de bosque montano alto (bosque nativo) es la que mayor territorio ocupa (80,30 %), seguida de la de páramo que a diferencia de las demás clases de probabilidad de presencia de la especie es la más baja (7,71 %).

La categoría de Probabilidad Alta (32,50% del territorio) de presencia de la especie dentro de la provincia de Napo ocupa 407649,67 ha (Figura 3 A). Aquí se visualiza que la categoría de bosque montano alto (bosque nativo) es la que mayor área ocupa con el 50,85 %, seguida de la categoría de páramo con el 37,36 %.

La categoría de Probabilidad Muy Alta (26,09% del territorio) de presencia de la especie dentro de la provincia de Napo ocupa 327308,25 ha. Se puede observar que a diferencia de las categorías previamente mencionadas, la categoría de páramo es la que mayor territorio ocupa con el 62,01 %, seguida de la categoría de bosque montano alto (bosque nativo) con el 20,55 %.

Discusión

A nivel global el estado del oso andino es preocupante debido a las amenazas a las que se expone, como la fragmentación de su hábitat y la caza (Castellanos and Boada 2019; Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza 2017). La transformación del hábitat a lo largo de los años por las distintas comunidades humanas ha ocasionado el cambio del hábitat de varias especies ocasionando la pérdida de biodiversidad al modificar los distintos ecosistemas (Kattan et al. 2004). Las principales actividades antrópicas que han ocasionado la pérdida de hábitat ha sido la expansión de la frontera agrícola y sus prácticas inadecuadas; así también en los Andes tropicales la explotación petrolera y la minería han provocado un impacto en el hábitat de esta especie provocando la pérdida de conectividad y contaminación de recursos, además de la construcción de vías (Ximena Velez-Liendo and Shaenandhoa García-Rangel 2017).

El manejo efectivo de las áreas protegidas tendría un resultado positivo al incidir en el aseguramiento de poblaciones del oso andino en Ecuador (Fondo Ambiental Quito 2021). Los resultados del presente estudio concuerdan con lo que menciona Tirira 2011, en que el oso andino se ubica principalmente en bosques montanos y páramos, por lo que las estrategias de conservación deben incluir zonas de la cordillera andina cercanas a las áreas protegidas. Los resultados del modelo realizado con el software Maxent indican que esta especie tiende a ubicarse cerca del ecosistema de páramo, que cuenta con los requerimientos que el oso andino necesita para su sobrevivencia (Castellanos and Boada 2019; Tirira 2011).

Tabla 4. Categorías de uso y cobertura de suelo de la provincia de Napo en el año 2019 calculado en hectáreas

Uso y cobertura de suelo	Hectáreas (ha)	Porcentaje (%)
Vegetación herbácea	10479,57	0,84
Páramo	168009,83	13,4
Vegetación arbustiva	54044,07	4,31
Cuerpo de agua natural	12283,89	0,98
Bosque nativo	917293,32	73,14
Cultivo	7647,5	0,61
Mosaico agropecuario	12773,22	1,02
Pastizal	50938,8	4,06
Sin información	3447,9	0,25
Área poblada	3400,4	0,27
Erial	10376,08	0,83
Infraestructura	1318,78	0,11
Glaciar	1771,02	0,14
Plantación forestal	456,07	0,039
Cuerpo de agua artificial	1,82	0,001

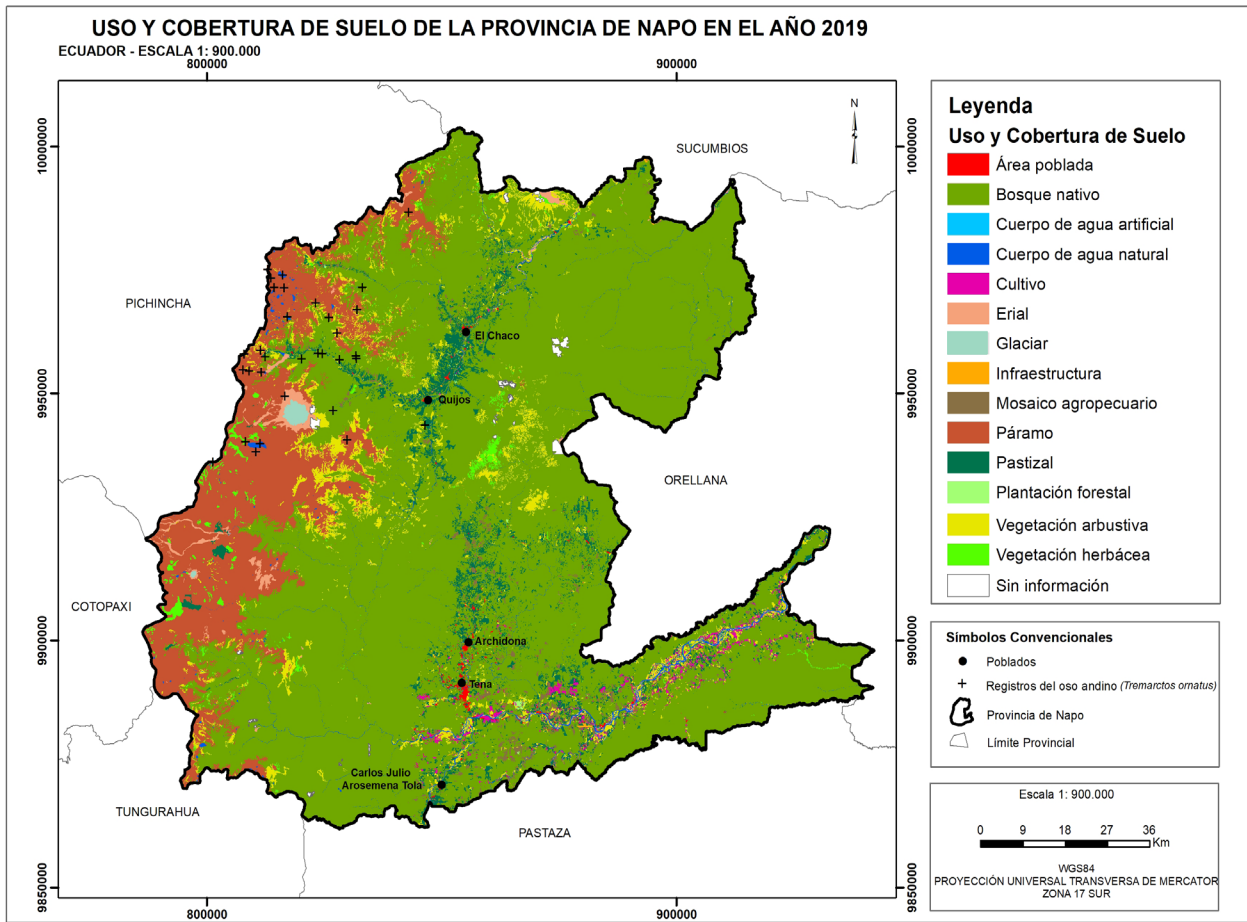


Figura 1. Uso y cobertura de suelo de la provincia de Napo en el año 2019.

Los tres cantones prioritarios dentro de la provincia de Napo para la implementación de estrategias de conservación son: El Chaco, Quijos y Archidona, considerando la alta probabilidad de presencia de la especie en estas zonas por el resultado del modelo de distribución potencial (Figura. 3 A). Este mapa (Figura. 3 B) resalta el ecosistema de páramo y bosque montano alto (bosque nativo) como los ecosistemas en los que se puede encontrar al oso andino que coinciden con los resultados de Castellanos y Boada 2019. La reserva ecológica Antisana y el parque nacional Cayambe – Coca ubicados en el área de estudio promueven la conservación del oso andino.

La categoría de bosque montano alto (bosque nativo) es la categoría con mayor superficie dentro del territorio con 73,14%, sin embargo, esta ha disminuido en un 1,01 % (12735,19 ha) en un periodo de 10 años lo cual representa una amenaza para el oso andino y para varias especies de flora y fauna dentro de la provincia. Pese a que la categoría de páramo, la cual es de suma importancia para el desarrollo del oso andino, ha aumentado un 0,63 % (7952,33 ha), esto posiblemente se deba a la deforestación del bosque montano alto causado por actividades agroproductivas (Lanly 2022).

Cabe mencionar que de acuerdo a los resultados de probabilidad obtenidos mediante el algoritmo Maxent, en la categoría “media” es probable que no se encuentre al oso fácilmente, debido a que la extensión del área del páramo es menor, a diferencia de la categoría de probabilidad “alta” y “muy alta”. En la categoría alta es más probable que se halle a la especie, a diferencia de la categoría de probabilidad media debido a que aquí se encuentra una mayor

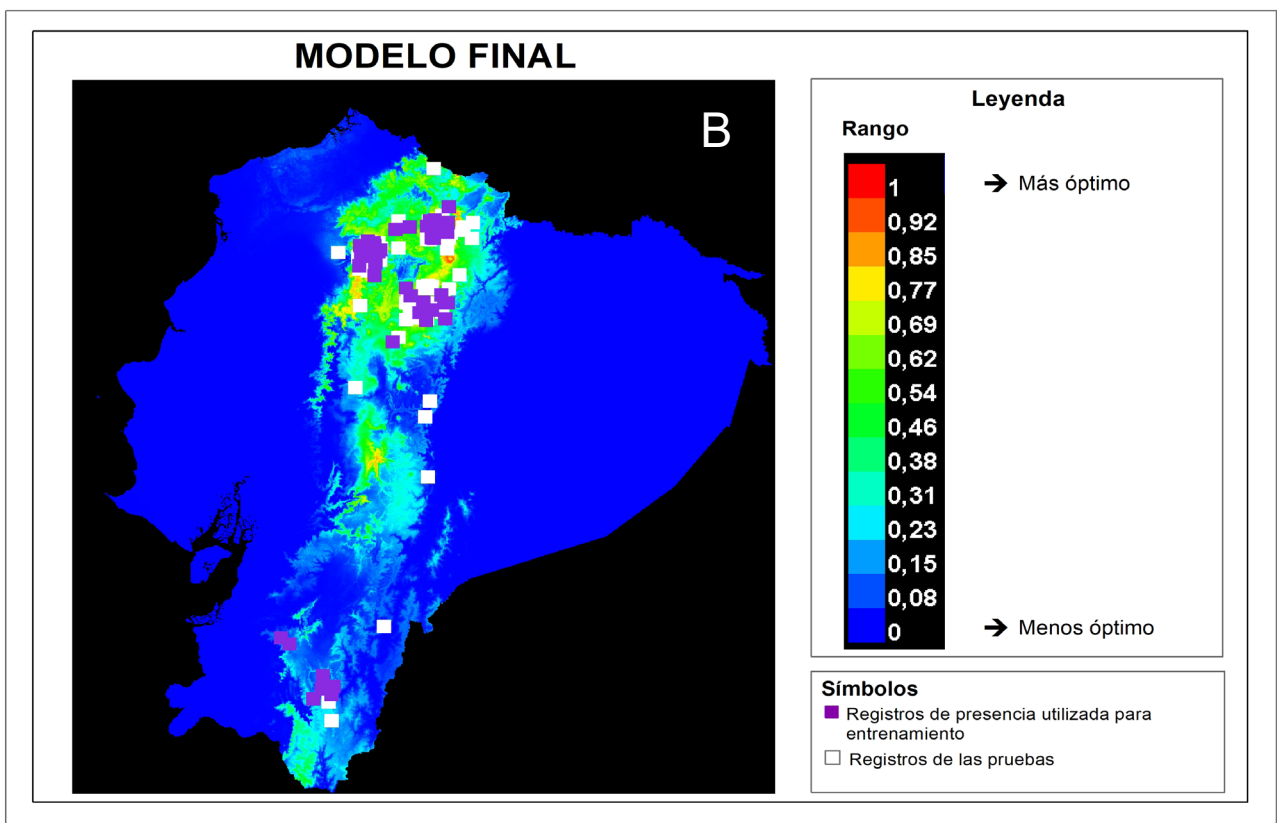
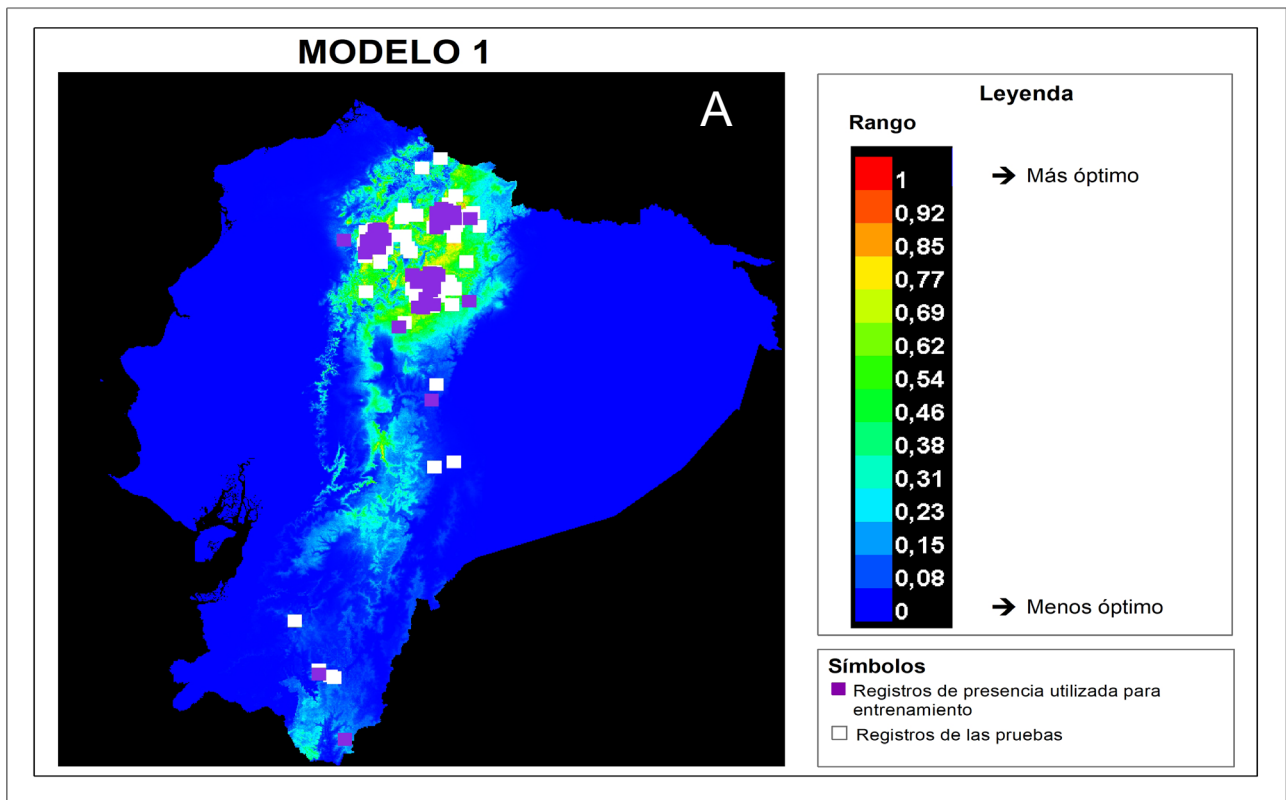


Figura 2. A: Resultado del Modelo 1; B: Modelo Final

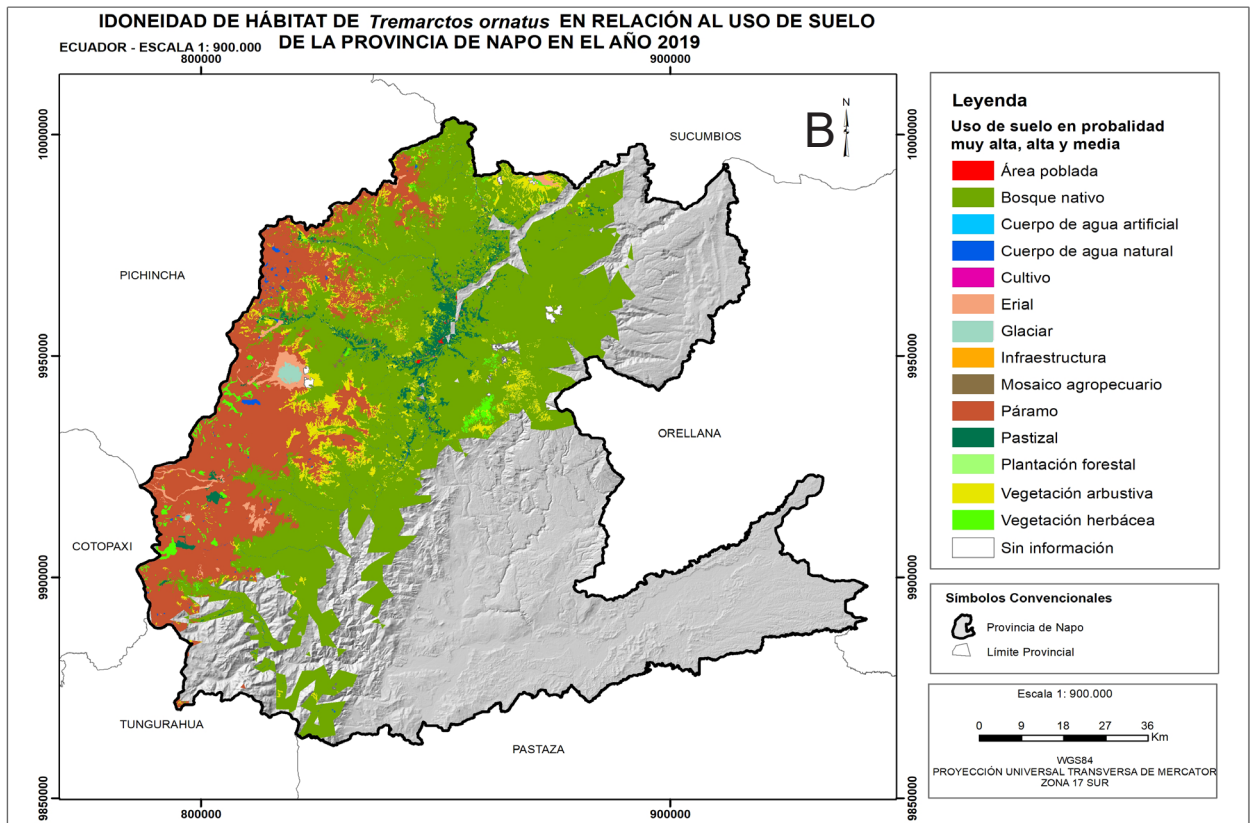
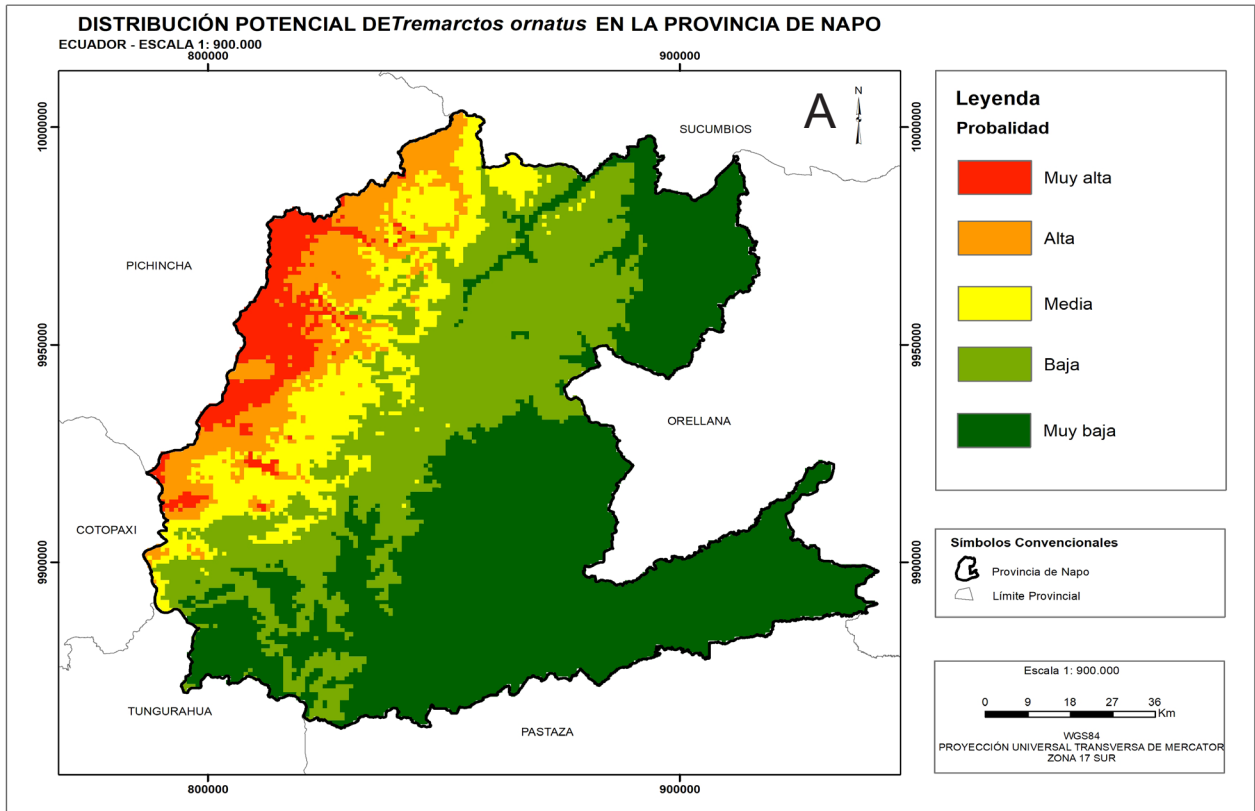


Figura 3: A: Distribución potencial del oso andino en Napo; B: Idoneidad de hábitat del oso andino en relación al uso de suelo en Napo en el 2019.

extensión del área de páramo. Finalmente, en la categoría muy alta se encuentra la reserva ecológica Antisana y el parque nacional Cayambe-Coca, en donde existen la mayor parte de registros por la facilidad de acceso a estas zonas y por la extensión del área de páramo dentro de estas áreas protegidas. ,

La deforestación del bosque montano alto, para cultivos de ciclo corto como hortalizas, maíz y papa provocan el aumento de pastizales ya que luego de las cosechas, se deja crecer pasto al natural, incrementando el área de páramo (Camacho 2013).

A pesar de que el oso andino tiene un rol ecológico importante y es considerada una especie emblemática (Sandoval and Yáñez 2019), esta especie tiene conflictos con la población por la depredación de cultivos y ganado lo cual provoca su cacería (Kattan et al. 2004). La transformación de su hábitat, por las comunidades humanas debido a la agricultura y ganadería, provocan la pérdida de biodiversidad. La presencia de mosaicos agropecuarios en la provincia de Napo como lo demuestra la figura 1, puede significar una amenaza para el hábitat del oso andino ya que existen actividades que afectan a su conservación, por los conflictos a los que se ven expuestos con el ser humano como lo es la caza.

Según la figura 1, se observa como en la provincia de Napo la zona antrópica aumenta debido al incremento de población humana que provoca la expansión de la frontera agrícola, disminuyendo el área de bosque montano alto (bosque nativo) lo que provoca una grave amenaza para el hábitat del oso andino.

Conclusiones

Pese a la evidencia del cambio del uso de suelo en los últimos diez años, la presencia de áreas protegidas como el parque nacional Cayambe - Coca y la reserva ecológica Antisana en la provincia del Napo, favorecen la conservación del oso andino. Las amenazas a la conservación del oso andino y otras especies son mayores fuera de las áreas protegidas.

El rol ecológico del oso andino como dispersor de semillas, polinizador y al promover el crecimiento de la vegetación, son razones para trabajar en su protección. El oso andino también es considerado una especie emblemática en los países andinos por su valor en las culturas indígenas, apoyando al patrimonio cultural por lo cual se han promovido distintas propuestas para su conservación (Sandoval and Yáñez 2019).

Con los análisis realizados se concluye que si se diera el cambio de uso de suelo en las categorías de páramo y bosque montano alto (bosque nativo), la distribución potencial del oso andino se vería reducida. Los estudios de fluctuación del área de páramo en el tiempo resultan claves para determinar aspectos relacionados a la conservación del oso andino. Al reducirse el área de páramo y bosque montano alto, el oso andino no tendrá suficiente área para los requerimientos que necesita para su sobrevivencia conforme a su alimentación, comportamiento y rol ecológico (Rivadeneira-Canedo 2008; Castellanos 2010; García-Rangel 2012; Sandoval and Yáñez 2019). La provincia de Napo registra el mayor número de observaciones del oso andino debido a su gran extensión de páramo y bosque montano alto (bosque nativo). Por este motivo es necesario concientizar a los habitantes sobre la protección de estos ecosistemas para la conservación del oso andino. La creación de proyectos de educación ambiental en las escuelas que se encuentren dentro de los cantones de la provincia (Quijos, El Chaco y Archidona) donde se ha observado la presencia de esta especie son claves para la conservación del oso andino.

Agradecimientos

A la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, por la oportunidad para la realización de este artículo científico.

A un revisor anónimo por sus recomendaciones claves con el modelo y mapas generados.

Declaración de conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Contribución de los autores

CR: Diseño experimental del estudio, colección, análisis e interpretación de datos, redacción de la versión inicial del manuscrito

MM: Revisión de texto y cartografía

CQ: Revisión de los análisis y edición del manuscrito

Referencias

- Bernard Peyton. 1980. Ecology, Distribution, and Food Habits of Spectacled Bears, *Tremarctos ornatus*, in Peru. *Journal of Mammalogy*. 61(4):639–652.
- Camacho M. 2013. Los páramos ecuatorinos: caracterización y consideraciones para su conservación y aprovechamiento sostenible. *Anales de la Universidad Central del Ecuador*.
- Castellanos A. 2010. Guía para la rehabilitación, liberación y seguimiento de osos andinos. Andean Bear Foundation.
- Castellanos A, Boada C. 2019. Bioweb PUCE. Pontificia Universidad Católica del Ecuador [Internet]. <https://bioweb.bio/faunaweb/mammaliaweb/FichaEspecie/Tremarctos%20ornatus>
- Catalina Rivadeneira-Canedo. 2008. Study of the Andean bear (*Tremarctos ornatus*) as a legitimate seed disperser and elements of its diet in the region of Apolobamba-Bolivia. *Ecología en Bolivia*. 43(1):29–40.
- Chuncho C, Chuncho G. 2019. Páramos del Ecuador, importancia y afectaciones: Una revisión. *Bosques Latid Cero*. 9(2):71–83.
- Diego Ortiz Hernández, Jhon Fredy Ortiz. 2020. Modelado de distribución geográfica del oso andino bajo escenarios de cambio climático en Colombia. Bogotá: Universidad Antonio Nariño.
- Evelyn Aldás. 2016. Modelamiento ecológico del hábitat del oso de anteojos (*tremarctos ornatus*) en el Parque Nacional Cayambe-Coca mediante el empleo de sistemas de información geográfica. Ibarra: Universidad Técnica del Norte.
- Fondo Ambiental Quito. 2021. Fondo Ambiental del Distrito Metropolitano de Quito. Fondo Ambient Quito [Internet]. <http://www.fondoambientalquito.gob.ec/proyecto/conservacion-oso-andino-y-el-manejo-de-su-habitat-al-noroccidente-del-dmq>
- García-Rangel S. 2012. Andean bear *Tremarctos ornatus* natural history and conservation. *Mammal Rev.*:85–119.
- Global Biodiversity Information Facility. 2021. *Tremarctos ornatus* (F.G.Cuvier, 1825). *Glob Biodivers Inf Facil* [Internet]. <https://www.gbif.org/es/species/2433401>
- Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Napo. 2019. Plan de desarrollo y ordenamiento territorial Napo 2020-2023. Tena: Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Napo.
- Guillermo Armenta, Jorge Villa, Pablo Jácome. 2016. Proyecciones climáticas de precipitación temperatura para Ecuador, bajo distintos escenarios de cambio climático.
- Hofstede R, Segarra P, Mena P. 2003. Los Páramos del Mundo. Quito: Global Peatland Initiative/ NC-IUCN/EcoCiencia.
- iNaturalist. 2021. iNaturalist database. iNaturalist [Internet]. https://www.inaturalist.org/observations?place_id=any&taxon_id=41657

- Judith Figueroa, Marcelo Stucchi, Roxana Rojas-VeraPinto. 2016. Modelación de la distribución del oso andino *Tremarctos ornatus* en el bosque seco del Marañón ~ (Perú). *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 87:230–238.
- Kattan G, Hernández O, Goldstein I, Rojas V, Murillo O, Gómez C, Restrepo H, Cuesta F. 2004. Range fragmentation in the spectacled bear *Tremarctos ornatus* in the northern Andes. *Oryx*. Lanly J-P. 2022. Los factores de la deforestación y la degradación de los bosques. Organ Las N U Para Aliment Agric [Internet]. <https://www.fao.org/3/xii/ms12a-s.htm>
- Luis Suarez. 1988. Seasonal distribution and food habits of spectacled Bears *Tremarctos ornatus* in the highlands of Ecuador. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*:133–136.
- Manuel Ruiz-García, Armando Castellanos, Jessica Yanina Arias-Vásquez, Joseph Mark Shostell. 2020. Genetics of the Andean bear (*Tremarctos ornatus*; Ursidae, Carnivora) in Ecuador: when the Andean Cordilleras are not an Obstacle [Internet]. *Mitochondrial DNA Part A: DNA Mapping, Sequencing, and Analysis* [Internet]. 31(5). <https://doi.org/190-208>
- Ministerio de Agricultura y Ganadería. 2012. Geoporta Sigtierras [Internet]. <http://www.sigtierras.gob.ec/geoportal/>
- Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. 2013. Sistema de Clasificación de Ecosistemas del Ecuador Continental. Quito: Subsecretaría de Patrimonio Natural.
- Paola Parra. 2018. Identificación de áreas potenciales para deforestación con *Nectandra acutifolia* (Pacches) mediante la aplicación de un modelo de distribución de especies, como estrategia de conservación para el corredor ecológico del oso andino en el distrito metropolitano. Quito: Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Philips S, Dudik M, Schapire R. 2021. Software Maxent para el modelamiento de nichos y distribución de especies (Version 3.4.4) (3.4.4). [Internet]. https://biodiversityinformatics.amnh.org/open_source/maxent/
- Pontificia Universidad Católica del Ecuador. 2021. Bioweb Ecuador. Bioweb Ecuad [Internet]. <https://bioweb.bio/>
- Refoyo P, Olmedo C, Muñoz B. 2014. La utilidad de los modelos de distribución de especies en la gestión cinegética de los ungulados silvestres. *Anim Biodivers Conserv*. 37(2):165–176.
- Sandoval P, Yáñez P. 2019. Aspectos biológicos y ecológicos del oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*, Ursidae) en la zona andina de Ecuador y perspectivas para su conservación bajo el enfoque de especies paisaje. *Granja Rev Cienc Vida*:19–27.
- Sharon B. Phillips, Viney P. Aneja, Daiwen Kang, S. Pal Arya. 2006. Modelling and analysis of the atmospheric nitrogen deposition in North Carolina. *International Journal of Global Environmental Issues*. 6(2–3):231–252.
- Tirira D. 2011. Libro Rojo de los Mamíferos del Ecuador. In: Libro Rojo Los Mamíferos Ecuad. 2a edición. Quito: Fundación Mamíferos y Conservación.
- Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. 2017. IUCN Red List [Internet]. <https://www.iucnredlist.org/species/22066/123792952>
- Ximena Velez-Liendo, Shaenandhoa García-Rangel. 2017. *Tremarctos ornatus*, Spectacled Bear. The IUCN Red List of Threatened Species.

Descripción de tres especies nuevas de *Drosophila* (Diptera: Drosophilidae) en la Reserva Natural Chamanapamba, Tungurahua, Ecuador

Description of three new species in Chamanapamba Natural Reserve of *Drosophila* (Diptera: Drosophilidae), Tungurahua, Ecuador

Revista Ecuatoriana de Medicina y Ciencias Biológicas
Volumen 43. No. 2, Noviembre 2022

Luz Marina Llangarí-Arizo^{1*}, Isabel Tamayo¹, Ana Peñafiel-Vinueza¹ y Violeta Rafael¹

¹Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Escuela de Ciencias Biológicas, Laboratorio de Genética Evolutiva. Apartado: 17-01-2184, Quito, Ecuador

*Autor de correspondencia:
luzmarinallangari@gmail.com

Recibido: 27-09-2022
Aceptado: 08-11-2022

DOI: 10.26807/remcb.v43i2.943

e-ISSN 2477-9148

© 2022. Este artículo es publicado bajo una licencia CC BY-NC 4.0

Como citar este artículo:
Llangarí-Arizo LM, Tamayo I, Peñafiel-Vinueza A, Rafael V. 2022. Descripción de tres especies nuevas de *Drosophila* (Diptera: Drosophilidae) en la Reserva Natural Chamanapamba, Tungurahua, Ecuador. Revista Ecuatoriana de Medicina y Ciencias Biológicas 43(2): 37-53. doi: 10.26807/remcb.v43i2.943

Resumen.- En el año 2015 se realizó una colecta de especímenes del género *Drosophila*, en el bosque nublado de la reserva natural Chamanapamba, provincia de Tungurahua, Ecuador. Se encontraron tres especies nuevas: *Drosophila chamanapamba* sp. nov., que posiblemente es especie gemela de *D. guacamayos* por su parecido en la genitalia; *Drosophila tungurahua* sp. nov., muestra algunas semejanzas con ciertos miembros del grupo *D. mesophragmatica*. Mientras que *Drosophila ulba* sp. nov. aún no ha sido incluida en ningún grupo de especies del género

Palabras claves: Bosque nublado, especie gemela, especie no agrupada, genitalia, taxonomía.

Abstract.- In 2015, a collection of specimens of the genus *Drosophila* was made in the cloud forest of the Natural Reserve Chamanapamba, Tungurahua province, Ecuador. Three new species were found: *Drosophila chamanapamba* sp. nov., which is possibly a twin species of *D. guacamayos* due to its similar genitalia; *Drosophila tungurahua* sp. nov. shows some similarities with certain members of the *D. mesophragmatica* group. While *Drosophila ulba* sp. nov. has not yet been included in any group of species of the genus.

Key words: Cloud forest, twin species, ungrouped species, genitalia, taxonomy.

Introducción

Drosophila melanogaster fue la primera especie del género *Drosophila* Fallén, 1823, en ingresar a los laboratorios de biología hace más de cien años, y desde entonces los miembros del género han sido material de estudio en los diversos campos de la biología. El interés por realizar estudios con *Drosophila* se debe a sus cualidades biológicas, como: su ciclo de vida corto, su numerosa descendencia y el reducido número de cromosomas, que, además, tienen la peculiaridad de ser politénicos, principalmente en las células de las glándulas salivares de las larvas. Otra ventaja es su fácil mantenimiento en el laboratorio (Dobzhansky y Pavan 1943), sin embargo, cabe mencionar que existen algunas especies que requieren una alimentación particular, por ejemplo, los miembros de los grupos de especies de *D. repleta*, *D. guarani*, *D. tripunctata*, etc.

Arcos-Terán y Rafael, en 1987 iniciaron los primeros estudios del género *Drosophila* en Ecuador (Acurio y Rafael 2009). Estos estudios fueron realizados en zonas semiáridas, como el valle de Guayllabamba (Rafael et al. 2000). En los últimos decenios las prospecciones se ampliaron hacia algunos bosques nublados del país, donde se han encontrado numerosas especies nuevas.

Los bosques nublados tienen una importancia global por ser reservorios de biodiversidad endémica y por mantener el ciclo hidrológico (Toledo et al. 2011), y se ubican desde los 1000 a 3000 metros sobre el nivel del mar (Dangles et al. 2009). Generalmente las especies vegetales del bosque son los líquenes, musgos, helechos y pteridofitas, junto con especies de familias de plantas con flores más prominentes como Lauraceae, Rubiaceae, Piperaceae, Araceae,

Begoniaceae, Melastomataceae, Asteraceae y Ericaceae, entre otras (Richter 2008). Estas características permiten la existencia de una gran disponibilidad de recursos, que benefician a muchas especies animales que coexisten entre sí, habitando diferentes nichos (Bussmann 2011). Estos ecosistemas han recibido, históricamente, muy poca atención, comparado con los bosques de las selvas tropicales, y son conocidos como Hot-spots, especialmente los que se encuentran en las estribaciones orientales de la Cordillera de los Andes (Bussmann 2011). Vale recalcar que los bosque nublados están en constante peligro por la deforestación, a causa de la expansión agrícola, y el cambio climático (Myster 2018; Ramírez-Barahona et al. 2021).

En cada muestreo, realizado en el país, se encontraron numerosos individuos del género *Drosophila*, desconocidas para la ciencia. Por lo que, ha sido indispensable el análisis taxonómico riguroso y muy detallado para determinar la identidad de cada espécimen (Vela y Rafael 2004; Céspedes y Rafael 2012; Acurio et al. 2013; Cabezas y Rafael 2013; Cabezas et al. 2015; Tamayo y Rafael 2016; Llangarí y Rafael 2017; Ramos-Guillín y Rafael 2017; Llangarí-Arizo y Rafael 2018; Peñafiel-Vinueza y Rafael 2018; Ramos y Rafael 2018). Todos los trabajos citados han contribuido al conocimiento de la diversidad del género *Drosophila* del país; no obstante, aún no conocemos la totalidad de especies del género (Acurio y Rafael 2009).

En este estudio se presenta los resultados de una prospección realizado en el bosque húmedo de la Reserva Natural de Chamanapamba (RNCH), donde se encontraron tres especies nuevas: *Drosophila chamanapamba* sp. nov., *D. tungurahua* sp. nov., y *D. ulba* sp. nov.

Materiales y Métodos

Área de estudio.- El estudio se realizó en la Reserva Natural Chamanapamba (RNCH), de la Fundación Oscar Efrén Reyes, en enero del 2015. Esta reserva se ubica en la localidad de Ulba, cantón Baños de la provincia de Tungurahua. La altitud de la reserva está comprendida entre 2665 a 3100 msnm ($1^{\circ} 25' 22,62''$ S, $78^{\circ} 23' 32,95''$ W y $1^{\circ} 25' 33,17''$ S, $78^{\circ} 23' 44,60''$ W). La RNCH es un bosque nublado de las estribaciones orientales de los Andes ecuatorianos. Su origen está en las alturas de la cordillera de los Cerros Negros, al oriente del volcán Tungurahua limitando con el Parque Nacional Sangay (PNS) (Reyes Puig y Ríos Alvear 2013; Reyes-Puig et al. 2015). El gradiente altitudinal en la RNCH está comprendido entre los 2500 y 3600 msnm, con una extensión de 100 ha. Se caracteriza por tener una precipitación entre 1000 y 1500 milímetros anuales, con registros de temperaturas entre 6 y 14 °C (Reyes Puig y Ríos Alvear 2013). El bosque de la RNCH se caracteriza por la presencia de árboles de Podocarpus, Myrcianthes, Clusia, Bromelias y Bryophytas (Reyes-Puig et al. 2015).

Fase de campo.- El muestreo se realizó entre los 2436 y 3000 m de altitud, y fue dividida en seis puntos con diferentes altitudes: P1: 2436 msnm; P2: 2578 msnm; P3: 2690 msnm; P4: 2793 msnm; P5: 2837 msnm y P6: 2973 msnm (Figura.1). En cada punto se colocaron ocho trampas elaboradas con botellas plásticas recicladas de 500 ml que contenían cebo de plátano fermentado con levadura. Las trampas, con cebo de banano y levadura, fueron preparadas según se describe en Rafael et al. (2000). La captura de las drosófilas se realizó 20 días después de colocar las trampas. Se utilizó un aspirador entomológico para capturar a los individuos vivos, los cuales fueron colocados en un tubo con medio de cultivo (banano, gelatina, limón). Los individuos muertos fueron almacenados en tubos con etanol al 70 %.

Fase de laboratorio.- Con las hembras vivas se sembraron isolíneas, esperando obtener descendencia, y los machos fueron utilizados para estudios taxonómicos. Para la identificación taxonómica se analizaron la genitalia externa e interna. En la descripción de las nuevas especies se utilizó la terminología propuesta por Bächli et al. (2004). Los valores en paréntesis se refieren a los rangos encontrados en los paratipos. Las figuras fueron hechas a lápiz en el microscopio (Zeiss-46 70 86) con cámara lúcida (Zeiss-47 46 20 9900) incorporada, y los dibujos finales se realizaron en el programa Adobe Illustrator®.

Las fotografías y toma de medidas para el cálculo de los índices se realizó con un microscopio óptico y estereomicroscopio (Zeiss-Discovery V8) con cámara incorporada y el programa Axio Vision V4. El holotipo, alotipo y paratipos fueron montados en seco, pegados en triángulos de

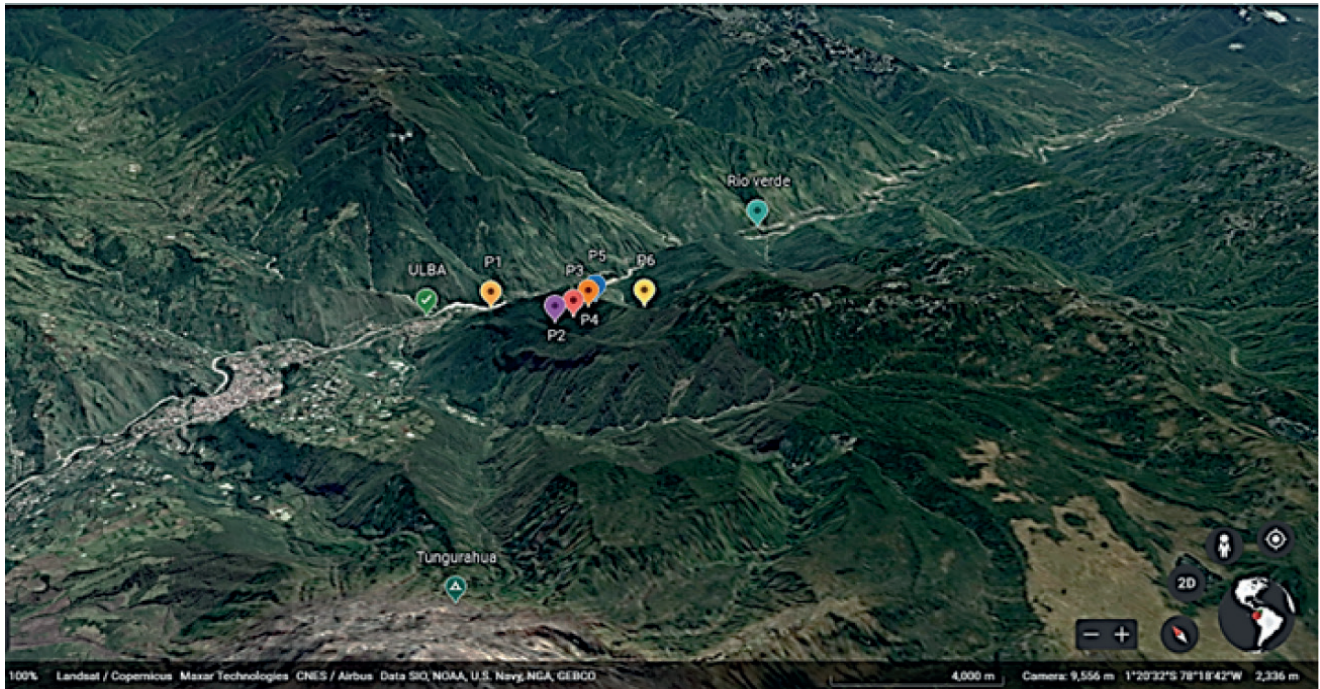


Figura 1. Ubicación de los puntos de muestreo, Reserva Natural Chamanapamba, Tungurahua. Fuente: Google Earth, 2022.

cartulina con sus respectivas estructuras genitálicas colocadas en un microtubo con glicerol. Todos los individuos fueron depositados en el Museo de Zoología, sección Invertebrados de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito (QCAZI).

Resultados

En la Reserva Natural Chamanapamba se colectaron un total de 104 individuos de siete especies del género *Drosophila* (Tabla 1).

En esta reserva se encontraron tres especies nuevas, las cuales se describen a continuación:

Tabla 1. Presencia de especies del género *Drosophila* en la Reserva Natural Chamanapamba

Especie	P1	P2	P3	P4	P5	P6
<i>D. sangay</i>	X					
<i>D. tungurahua</i>	X	X	X			X
<i>D. ulba</i>	X	X	X		X	X
<i>D. tarsata</i>	X					
<i>D. mesophragmatica</i>	X					
<i>D. amaguana</i>		X		X		X
<i>D. neoamaguana</i>		X				

P, hace referencia a los puntos de colecta (ver Figura 1)

Drosophila chamanapamba sp. nov.
Llangarí & Rafael

(Figuras 2A-C, 3A-E, 4A y B, 5A)

Material tipo. Holotipo ♂ (montado en seco, genitalia en microtubo), Ecuador, Tungurahua, Ulba (Reserva Natural Chamanapamba, 1 ° 24 ' 29,4 " S, 78 ° 23 ' 35,7 " W, 2436 msnm) II. 2015, L.M. Llangarí col., V. Rafael & L.M. Llangarí det. (QCAZI 207289); alotipo ♀ (montado en seco, genitalia en microtubo), los mismos datos del holotipo (QCAZI 207290); Paratipos: 10 ♂, 10 ♀ (montados en seco, genitalia en microtubo), los mismos datos del holotipo (QCAZI 207291- 207300, 207314-207318 y 267142-267146) ♂♀♂♀

Diagnosis.- Tórax marrón claro con seis hileras de pelos acrosticales entre las dorsocentrales. Edeago quitinizado, voluminoso con dos proyecciones laterales triangulares dentadas en la parte interior. La parte ventral con numerosas digitaciones, y en la parte central una estructura alargada espinosa con microproyecciones, con el ápice ligeramente aplanado y con el extremo distal ligeramente cóncavo.

Descripción del macho.- holotipo y paratipos (individuos descritos en vivo, provienen de solínea). Morfología externa. Longitud total (cuerpo + alas) 5,10 mm (4,80-5,10) mm. Color del cuerpo marrón amarillento (Figura 2A).

Cabeza.- Frente marrón claro. Longitud frontal 0,44 (0,35-0,44) mm, índice frontal 1,04 (0,92-1,15). Triángulo frontal marrón. Triángulo ocelar marrón oscuro, cerca del 38 (34-65) % de la longitud

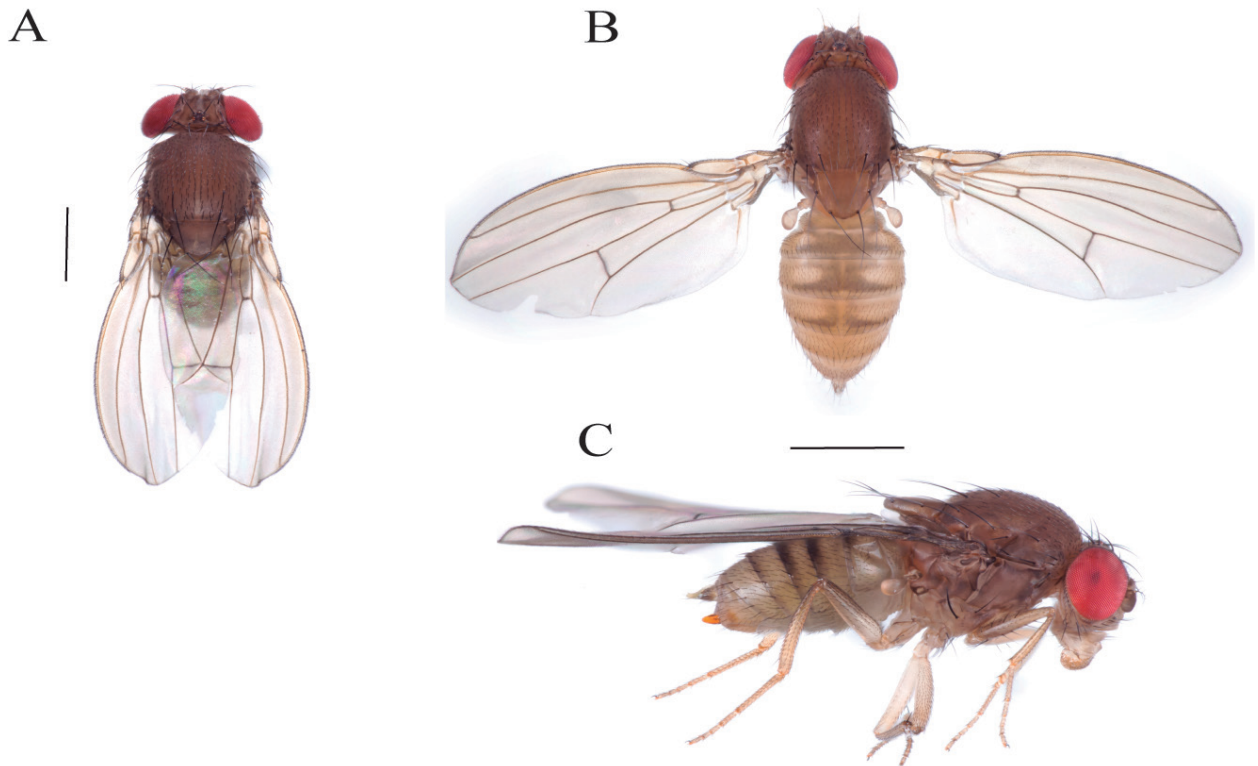


Figura 2. *Drosophila chamanapamba* sp. nov. Morfología externa: **A**, macho, vista dorsal. **B**, hembra, vista dorsal. **C**, hembra, vista lateral. Escalas: 1 mm.

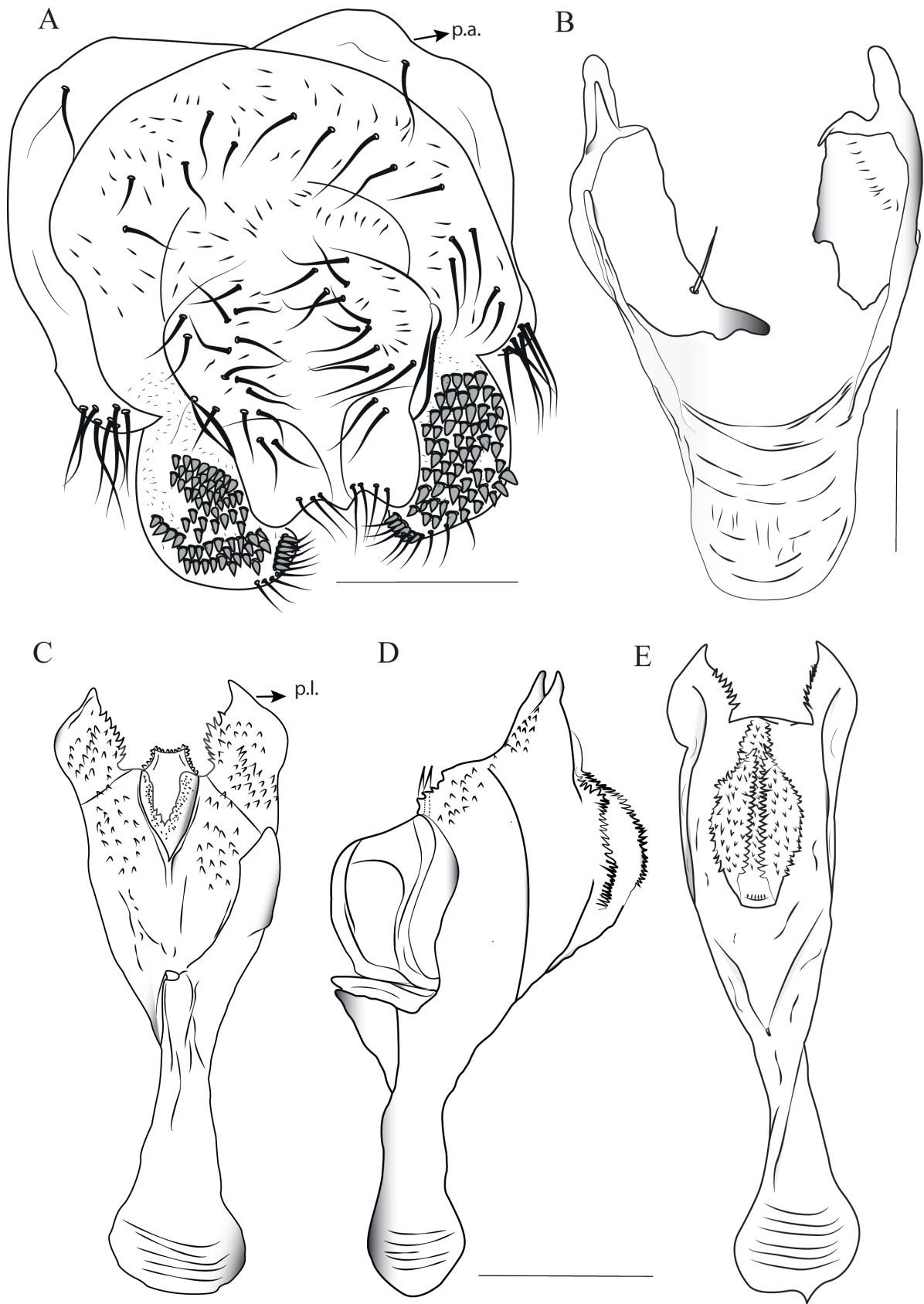


Figura 3. *Drosophila chamanapamba* sp. nov. Genitalia ♂ **A**, epandrio, cercos, surestilos. **B**, hipandrio y gonopodios (rotura distal derecha) (en vista ventral. **C**, **D**, **E**, edeago y paráfisis (derecha) en vista ventral, lateral y dorsal, respectivamente. (p.a. proceso anterior. p.l. proceso lateral) Escalas: 100 μ m

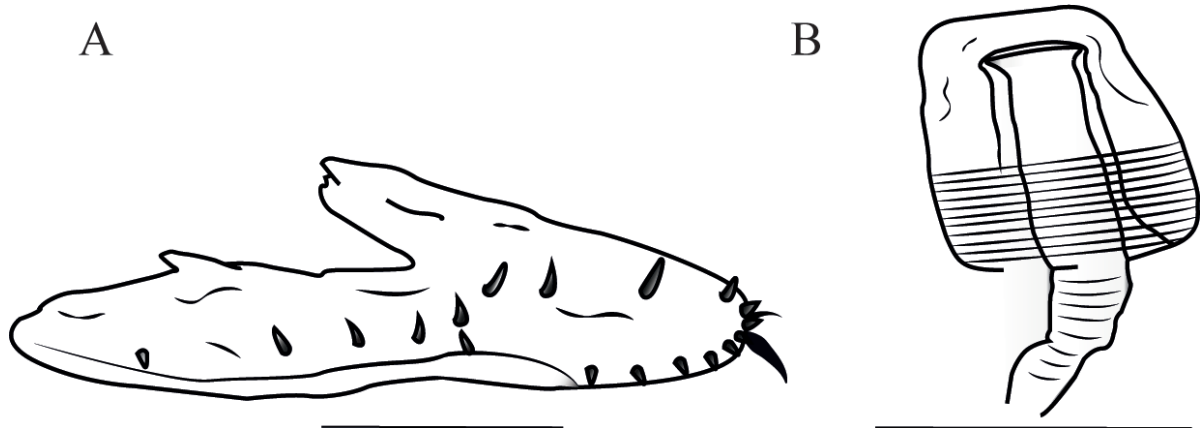


Figura 4. *Drosophila chamanapamba* sp. nov. Genitalia ♀ **A**, oviscapto, vista lateral. **B**, espermateca. Escalas: 100 μ m.

frontal, ocelos amarillos. Placa orbital marrón; la cerda orbital media cerca de la orbital anterior y ligeramente hacia el borde exterior de la placa orbital, distancia de or3 a or1, 90 (90-100) % de or3 a vtm, radio or1/or3 0,90 (0,72-1,50), radio or2/or1 0,66 (0,40-0,70), cerda postocelar 48 (48-61) % y cerda ocelar 93,1 (39-107) % de la longitud frontal; índice vt 0,40 (0,40-1,30), índice vibrisal 0,57 (0,42-0,88). *Frontal vitta* marrón claro. Gena y postgena marrón claro. Índice genal 9,30 (8,30-17,80). Con una cerda oral. Carina marrón claro ligeramente surcada. Proboscis marrón claro. Ojos de color rojo vinoso, índice del ojo 1,20 (1,00-1,50). Segundo y tercer segmento antenal marrón. Arista plumosa con tres ramas dorsales, dos ventrales, más la terminal bifurcada.

Tórax.- Marrón claro, longitud 1,11 (1,04-1,11) mm. Índice h 0,94 (0,90-1,20). Seis hileras de pelos acrosticales, ligeramente desordenados, entre las cerdas dorsocentrales anteriores. Distancia transversal de las cerdas dorsocentrales 277 (200-300) % de la distancia longitudinal, índice dc 1,50 (0,60-1,50). Escutelo marrón, distancia entre las cerdas escutelares apicales 112 (100-125) % de la distancia entre las cerdas apicales y basales. Cerdas escutelares anteriores divergentes, índice escutelar 1,03 (0,92-1,10). Cerda esternopleural media aproximadamente 1/2 de la cerda esternopleural anterior, índice esternal 0,60 (0,40-1,31). Patas amarillas.

Alas.- Color marrón amarillentas con la vena radial media (posterior) ligeramente sombreada. Longitud del ala 2,80 (2,80-3,30) mm. Índice alar 2,20 (2,20-3,54); C= 4,49 (4,49-6,46), ac= 1,95 (1,70-1,96), hb= 0,28 (0,32-0,74), 4c= 0,53 (0,43-0,54), 4v= 1,43 (1,29-1,49), 5x= 1,40 (0,90-1,40), M= 0,41 (0,30-0,50) y prox. x= 0,50 (0,50-0,61).

Abdomen.- Marrón amarillento. Primer tergito marrón amarillento no pigmentado, del segundo al cuarto tergito con pigmentación en forma de reloj de arena y línea media dorsal. Quinto y sexto tergito ligeramente sombreado en el borde posterior.

Genitalia externa.- Cercis microtricosos parcialmente unidos al epandrio. Epandrio (Figura 3A) microtrico con un proceso anterior bien desarrollado con dos cerdas. Parte baja del epandrio con seis a siete cerdas. Surestilo redondeado, microverrucoso, presenta seis (5-6) dientes primarios en cada lado; lado derecho con 62 (62-64) dientes secundarios, lado izquierdo con 64 (64-65) dientes secundarios y nueve cerdas marginales (9-11)

Genitalia interna.- Hipandrio (Figura 3B) en forma de "V" con el borde quitinizado, gonopodio micropubescente con dos (2-3) cerdas. Edeago quitinizado (Figuras 3C-E) voluminoso con dos proyecciones laterales triangulares dentadas en la parte interior. La parte ventral tiene numerosas digitaciones, con el ápice central ligeramente aplanado (Figura 5A). En vista lateral, región dorsal abundantes digitaciones, el lado ventral superior es dentado. Rama ventral medianamente

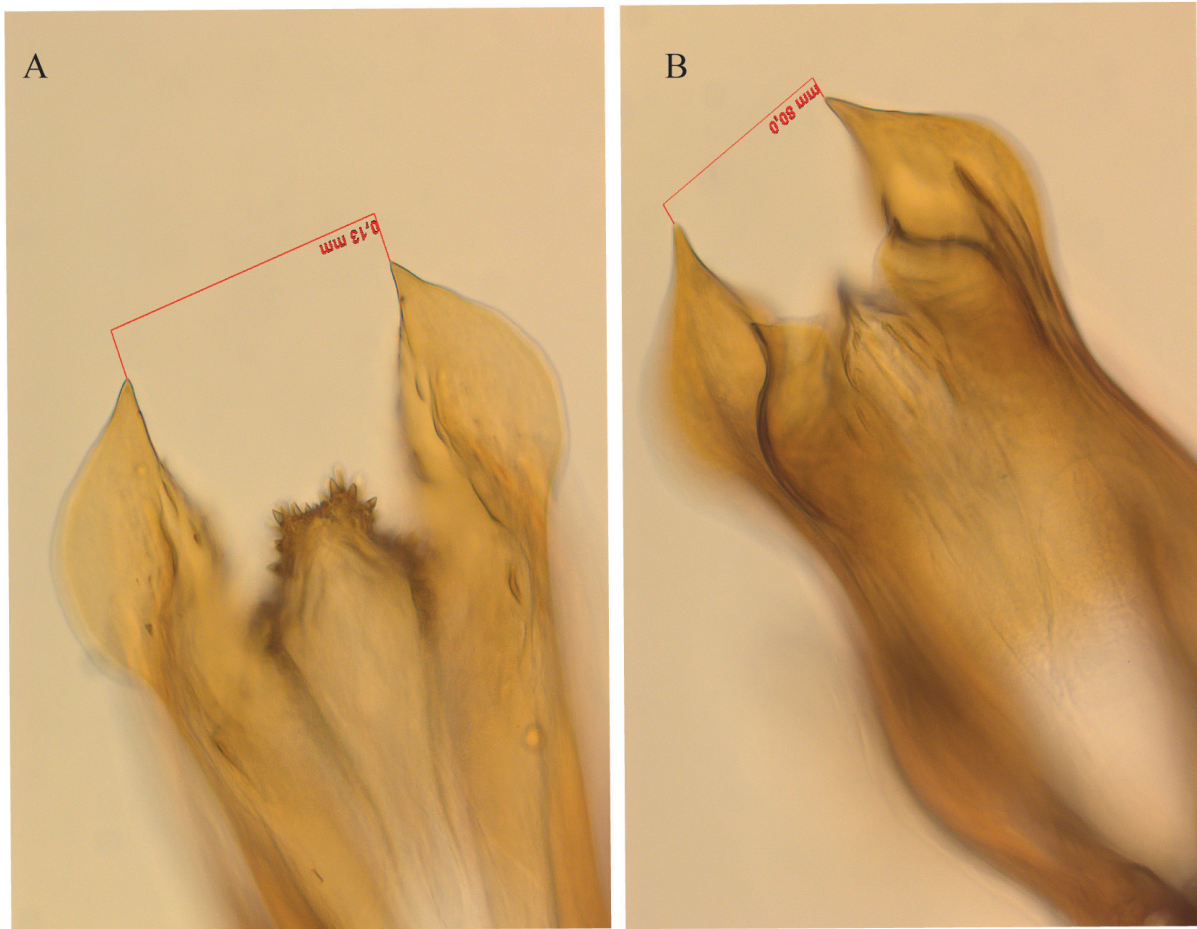


Figura 5. Comparación del edeago. A, *Drosophila chamanapamba* sp. nov. (ventral) B, *D. guacamayos* (dorsal).

desarrollada. Paráfisis alargada con dos cerdas largas y dos cerdas pequeñas. Pie del edeago poco quitinizado.

Descripción de la hembra.- alotipo y paratipos (individuos descritos en vivo, proviene de isolínea). Morfología externa. Longitud total (cuerpo + alas) del alotipo 4,90 (4,80-5,10) mm. Color del cuerpo marrón amarillento (Figuras 2B, C).

Medidas de la hembra.- Cabeza. Frente marrón amarillenta. Longitud frontal 0,44 (0,41-0,48) mm. Índice frontal 1,00 (0,88-1,13). Triángulo ocelar marrón oscuro, cerca del 45,5 (33,3-59,0) % de la longitud frontal, ocelos amarillos. Placa orbital marrón amarillenta. Distancia de or3 a vtm, radio or1/or3 0,80 (0,32-0,84), radio or2/or1 0,54 (0,36-0,54), cerda postocelar 48 (40-60) % y cerda ocelar 81,8 (60,0-92,0) % de la longitud frontal; índice vt 0,61 (0,60-0,81), índice vibrisal 0,65 (0,44-0,89). Índice genal 4,31 (4,31-9,71). Índice del ojo 1,38 (1,31-1,55). Arista plumosa con tres ramas dorsales, dos ventrales, más la terminal bifurcada.

Tórax.- longitud 1,08 (1,08-1,25) mm. Índice h 1,04 (0,93-1,04). Seis hileras de pelos acrosticales entre las dorsocentrales, la última fila de pelos acrosticales un poco más desarrolladas. Distancia transversal de las cerdas dorsocentrales 220 (192-305) % de la distancia longitudinal, índice dc 0,66 (0,66-0,90). Distancia entre las cerdas escutelares apicales 113 (93-132) % de la distancia entre las cerdas apicales y basales. Índice escutelar 0,94 (0,89-1,46). Índice esternal 0,80 (0,63-1,66).

Alas.- color marrón claro, longitud 2,80 (2,80-3,14) mm. Índices alares 2,12 (2,07-2,38); C= 4,80 (4,01-4,90), ac= 1,72 (1,56-2,10), hb= 0,33 (0,27-0,47), 4c= 0,58 (0,57-0,68), 4v= 1,68 (1,53-1,91), 5x= 1,10 (1,10-1,36), M= 0,43 (0,43-0,55) y prox. x= 0,70 (0,58-0,89).

Genitalia.- Oviscapto alargado, apicalmente redondeado con 12 ovisensillas marginales terminadas en punta, cinco ovisensillas discuales como dientes; una ovisensilla internas como tricoma y una subterminal, larga y ligeramente curvada (Figura 4A). Espermateca quitinizada en forma de dedo con invaginación que alcanza 3/4 partes, presenta estrías en la parte externa (Figura 4B).

Etimología.- El nombre chamanapamba se refiere a la Reserva Natural de Chamanapamba, lugar de colecta.

Drosophila tungurahua sp. nov.
Tamayo & Rafael

(Figuras 6A-E, 7A-D)

Material tipo. Holotipo ♂ (montado en seco, genitalia en microtubo), Ecuador, Tungurahua, Baños (Ulba, 0° 19' 59,3" S, 78° 25' 51" W, 2500 msnm) II. 2015, L.M. Llangarí col., V. Rafael & L.M. Llangarí det. (QCAZI 267166); Alotipo ♀ (montado en seco, genitalia en microtubo), los mismos datos del holotipo (QCAZI 267179); Paratipos: 15 ♂, 3 ♀ (montados en seco, genitalia en microtubo), los mismos datos del holotipo (QCAZI 267167-267178, 267181-267183, 267180, 267184 y 267185)

Diagnosis.- Tórax marrón, con cerdas escutelares apicales convergentes. Alas con venas radial media anterior y posterior ligeramente sombreado. Edeago tubular con el extremo distal bifido; en vista lateral, espuela subapical rudimentaria, de borde liso seguida de un borde aserrado, proceso dorsal con estrías romboidales. Espermateca transparente, en forma de canasta invertida. Descripción del macho.- holotipo y paratipos (individuos descritos en vivo, provienen de isólinea). Morfología externa. Longitud total (cuerpo + alas) 4,05 mm. Longitud total (cuerpo + alas) de los paratipos 3,96-4,10 mm. Color del cuerpo marrón.

Cabeza.- Frente marrón. Longitud frontal 0,51 (0,37-0,59) mm. Índice frontal 0,93 (0,87-1,00). Triángulo frontal marrón. Triángulo ocelar marrón claro, cerca del 45 (39-49) % de la longitud frontal, ocelos amarillos. Placa orbital amarilla; la cerda orbital media cerca de la orbital anterior y ligeramente hacia el borde exterior de la placa orbital, distancia de or3 a or1= 0,16 (0,13-0,17), de or3 a vtm= 0,17 (0,16-0,26), radio or1/or3 0,60 (0,58-1,36), radio or2/or1 0,52 (0,40-0,71), cerda postocelar= 0,27 (0,11-0,33); 52 (20-62,2) % de la longitud frontal. Cerda ocelar 0,3 (0,22-0,40); 58,8 (43,3-72,7) % de la longitud frontal; índice vt 0,86 (0,53-1,41), índice vibrisal 0,60 (0,48-0,58). *Frontal vitta* marrón amarillenta. Gena y postgena marrón. Índice genal 8,00 (4,71-5,22). Cerda oral prominente. Carina marrón amarillento, prominente, no surcada. Proboscis marrón. Ojos de color rojo vinoso, índice del ojo 1,18 (1,26-1,54). Arista plumosa con cuatro ramas dorsales, dos ventrales, más la terminal bifurcada.

Tórax.- Marrón con una franja en el centro ligeramente más clara, longitud 1,45 (1,27-1,67) mm. Índice h 1,82 (1,35-1,82). Seis hileras de pelos acrosticales entre las cerdas dorsocentrales anteriores. Distancia transversal de las cerdas dorsocentrales 3,8 (2,39-3,5), índice dc 0,60 (0,77-0,81). Escutelo marrón, distancia entre las cerdas escutelares apicales 69,23 (33,87-82) % de la distancia entre las cerdas apicales y basales. Cerdas escutelares anteriores divergentes, índice escutelar 1,77 (0,50-1,41). Cerda esternopleural media ligeramente más pequeña que la cerda esternopleural anterior, índice esternal 1,00 (0,41-0,51). Patas marrón amarillentas.

Alas.- Color marrón claro con la vena radial media anterior y posterior levemente sombreada. Longitud del ala 4,44 (3,63-4,53) mm. Índices alares 2,06 (2,14-2,51); C= 4,00 (3,93-4,79), ac= 1,51 (1,63-2,00), hb= 0,44 (0,31-0,45), 4c= 0,49 (0,47-0,62), 4v= 0,90 (1,41-1,63), 5x= 0,00 (1,05-1,14), M= 0,00 (0,35-0,417) y prox. x= 0,60 (0,45-0,65).

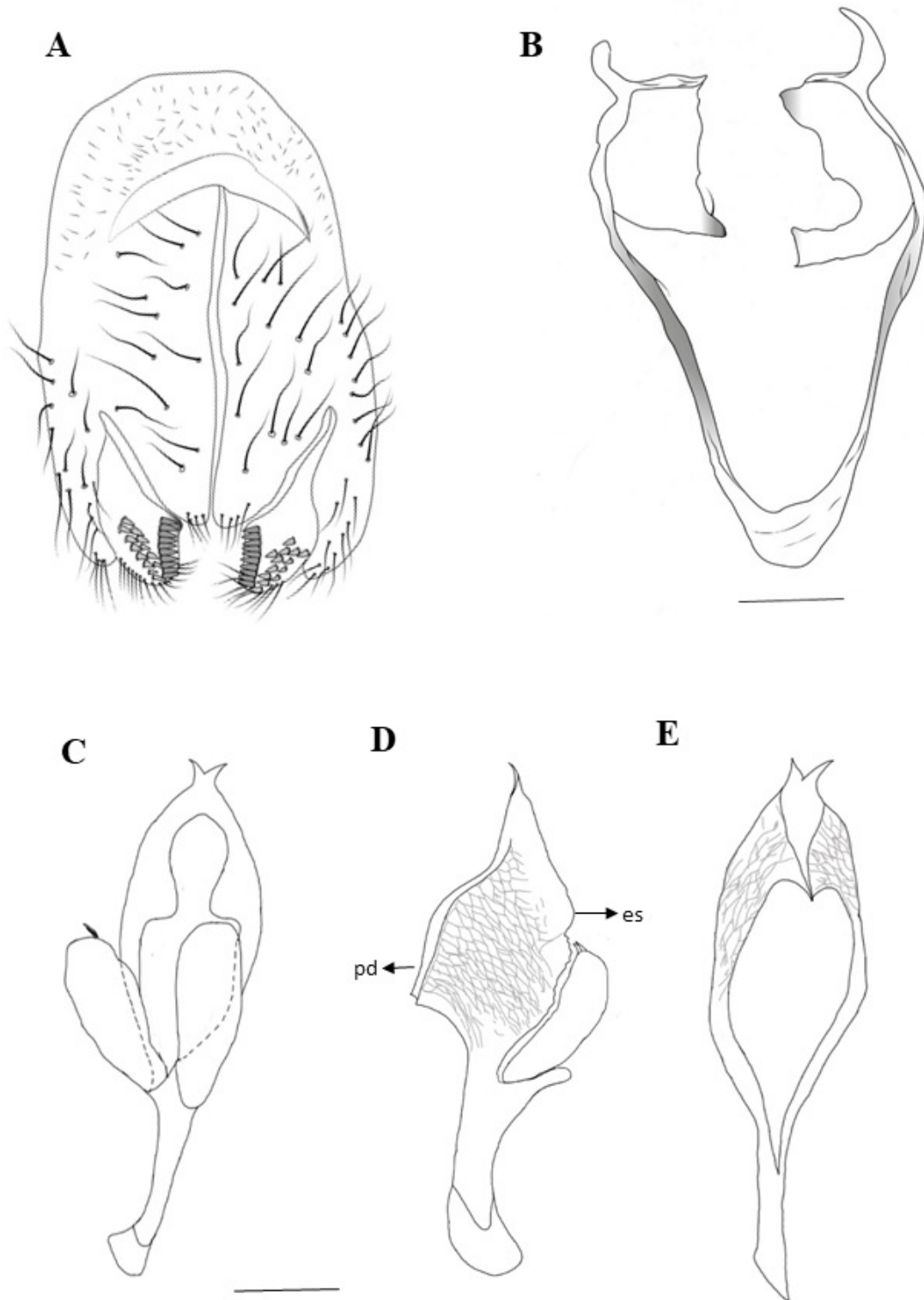


Figura 6. *Drosophila tungurahua* sp.nov. Genitalia ♂ A, epandrio, placa anal y surestilo. B, hipandrio y gonopodios en vista ventral. C, D, E, edeago y paráfisis en vista ventral, lateral y dorsal, respectivamente. Escala: 100 μ m

Abdomen.- Marrón amarillento. Primer tergito levemente pigmentado con línea media dorsal; segundo tergito con línea media dorsal y pigmentación en forma triangular que se extiende a los lados; tercer y cuarto tergito pigmentado como pirámide; quinto y sexto tergito tenuamente pigmentado en la parte posterior a lo largo del tergito.

Genitalia externa.- Cerco parcialmente unido al epandrio. En el lóbulo ventral del cerco con 4 cerdas en ambos lados. Epandrio microtrícico con numerosas cerdas. Surestilo rectangular, con diez dientes primarios en cada lado; lado derecho e izquierdo con 13 dientes secundarios y diez cerdas marginales en el lado derecho y 14 en el lado izquierdo (Figura 6A).

Genitalia interna.- Hipandrio en forma de "V", gonopodio ovalado con una cerda (Figura 6B). Edeago quitinizado, tubular, voluminoso con el extremo distal bífido. En vista dorsal con abertura dorsal. En vista lateral, espuela subapical (es) rudimentaria de borde liso seguida de un borde aserrado, en esta misma vista se observa mejor el proceso dorsal (pd), presencia de estrías romboidales. Paráfisis alargada con una cerda en el extremo distal. Pie del edeago quitinizado (Figuras 6C-E y 7A, B).

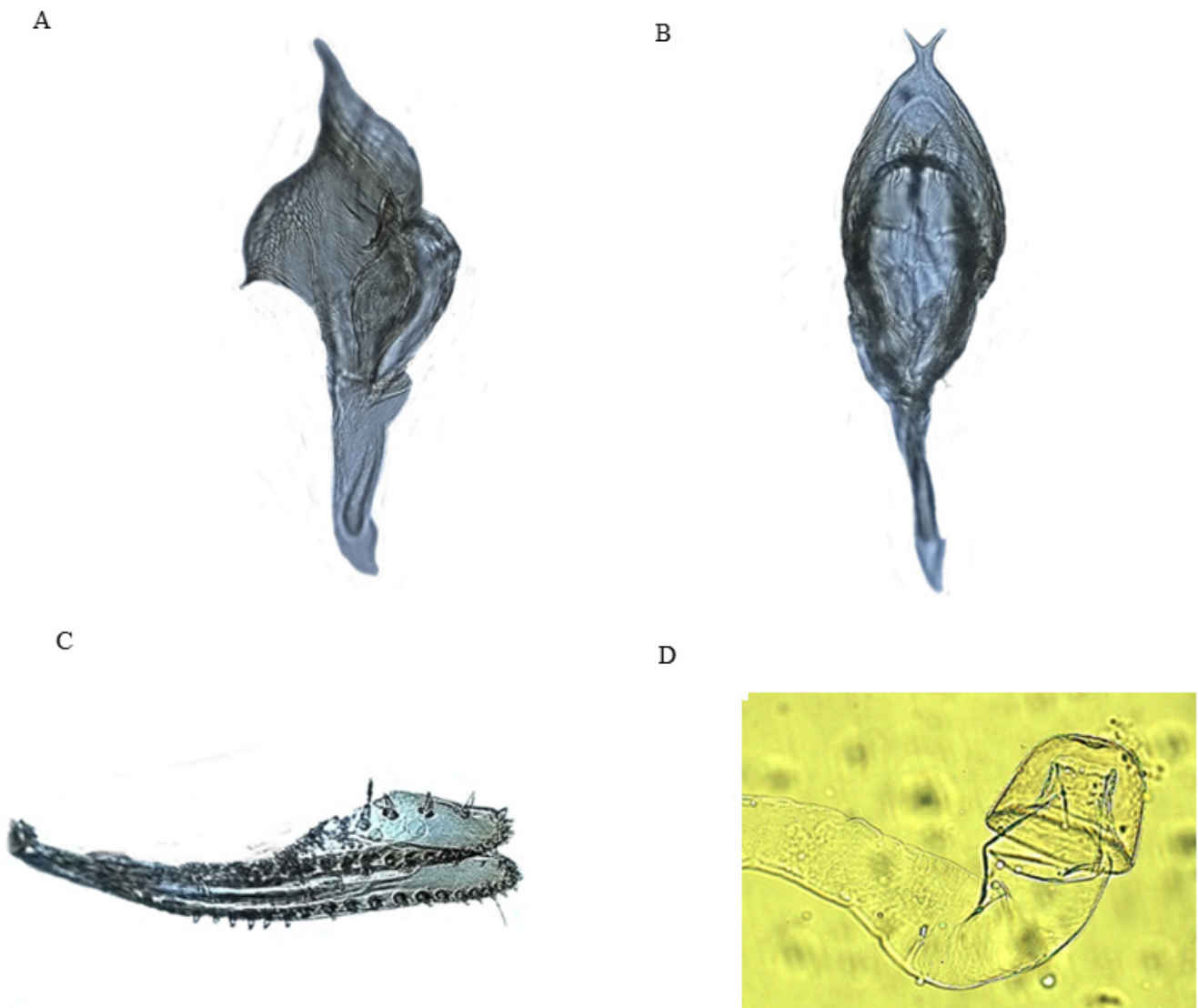


Figura 7. *Drosophila tungurahua* sp.nov. Genitalia ♂ **A, B**, edeago y paráfisis en vista lateral y dorsal. Genitalia ♀ **C**, oviscapto, vista lateral (A-C 40X); **D**, espermateca. Escala: 0,1 mm.

Descripción de la hembra.- alotipo y paratipos (individuos descritos en vivo, proviene de solínea). Morfología externa. Longitud total (cuerpo + alas) del alotipo 4,10 mm. Longitud total (cuerpo + alas) de los paratipos 4,05-4,35 mm. Color del cuerpo marrón.

Cabeza.- Longitud frontal 0,51 (0,51-0,52) mm. Índice frontal 0,82 (0,82-0,84). Triángulo ocelar, cerca del 45,09 (44,2-45,09) % de la longitud frontal. Distancia de or3 a or1= 0,18 (0,18-0,19), el radio de or1/or3 35 (35-47) de la longitud frontal, or3 a vtm 0,21 (0,21-0,22), radio or2/or1 40 (40-63), cerda postocelar 62,74 (62,74-73) % de la longitud frontal y cerda ocelar 61 (61-71,15) % de la longitud frontal; índice vt 0,83 (0,77-0,83), índice vibrisla 0,49 (0,49-0,54). Índice genal 6,71 (4,38-6,71). Índice del ojo 1,45 (1,43-1,45).

Tórax.- Longitud 1,68 (1,55-1,68) mm. Índice h 1,38 (0,96-1,38). Distancia transversal de las cerdas dorsocentrales 5 (3,78-5), índice dc 0,68 (0,68-0,77). Distancia entre las cerdas escutelares apicales 100 (80-100) % de la distancia entre las cerdas apicales y basales. Índice escutelar 1,06 (1,01-1,06). Índice esternal 0,68.

Alas.- Color marrón claro, longitud 4,68 (2,57-4,68) mm. Índices alares 2,15 (2,15-2,36); C= 3,97 (3,97-4,05), ac= 1,97 (1,97-2,12), hb= 0,56 (0,33-0,56), 4c= 0,61 (0,56-0,61), 4v= 1,42 (1,40-1,42), 5x= 1,19, M= 0,40 y prox. x= 0,54 (0,42-0,54).

Genitalia.- Oviscapto alargado con el borde redondeado, poco quitinizado con 16 ovisensillas marginales; cinco ovisensillas discales como dientes; cuatro ovisensillas internas como tricomas y una subterminal, larga y ligeramente curvada (Figura 7C). Espermateca quitinizada en forma trapezoidal, asemejando una canasta invertida, con invaginación que alcanza 2/3 partes, presenta estrías en la parte externa (Figura 7D).

Etimología.- El nombre tungurahua se refiere al volcán Tungurahua localizado en la provincia del mismo nombre y lugar de colecta.

***Drosophila ulba* sp. nov.**

Peñafiel & Rafael

(Figuras 8A-E, 9A, B)

Material tipo. Holotipo ♂ (montado en seco, genitalia en microtubo), Ecuador, Tungurahua, Ulba (Reserva Natural Chamanapamba, 1 ° 24' 29,358 " S, 78 ° 23 ' 35,688 " W, 2436 msnm) II. 2015, L.M. Llangarí col., V. Rafael & L.M. Llangarí det. (QCAZI 267186); alotipo ♀ (montado en seco, genitalia en microtubo), Ecuador, Tungurahua, Ulba (Reserva Natural Chamanapamba, 1 ° 25 ' 11,284 " S, 78 ° 23 ' 23,712 " W, 2690 msnm) II.2015, L.M. Llangarí col., V. Rafael & L.M. Llangarí det. (QCAZI 267192). Paratipos: (montados en seco, genitalia en microtubo), 1 ♂ los mismos datos del holotipo (QCAZI 267187); 4♂ Ecuador, Tungurahua, Ulba (Reserva Natural Chamanapamba, 1 ° 25 ' 4,879 " S, 78 ° 23 ' 28,536 " W, 2570 msnm) II. 2015, L.M. Llangarí col., V. Rafael & L.M. Llangarí det. (QCAZI 267188-267191); 17 ♂ los mismos datos del alotipo (QCAZI 267204-267220); 1♂ y 1 ♀ Ecuador, Tungurahua, Ulba (Reserva Natural Chamanapamba 1 ° 25 ' 14,07 " S, 78 ° 23 ' 13,355 " W, 2837 msnm) II.2015, L.M. Llangarí col., V. Rafael & L.M. Llangarí det. (QCAZI 267222 y 267221) y 1♂ Ecuador, Tungurahua, Ulba (Reserva Natural Chamanapamba 1 ° 25 ' 36,415 " S, 78 ° 23 ' 6,873 " W, 2964 msnm) II. 2015, L.M. Llangarí col., V. Rafael & L.M. Llangarí det. (QCAZI 267223). 11 ♀ los mismos datos del alotipo (QCAZI 267193-267203)

Diagnosis.- Moscas relativamente grandes, de color marrón. Alas con las venas transversales sombreadas. Machos con el surestillo lleno de dientes secundarios muy fáciles de ver con la ayuda de un estereomicroscopio.

Descripción del macho.- holotipo y paratipos (individuos descritos en vivo, provienen de solínea). Morfología externa. Longitud total (cuerpo + alas) del holotipo 4,05 mm. Longitud total (cuerpo + alas) de los paratipos 3,9-4,15 mm. Color del cuerpo marrón.

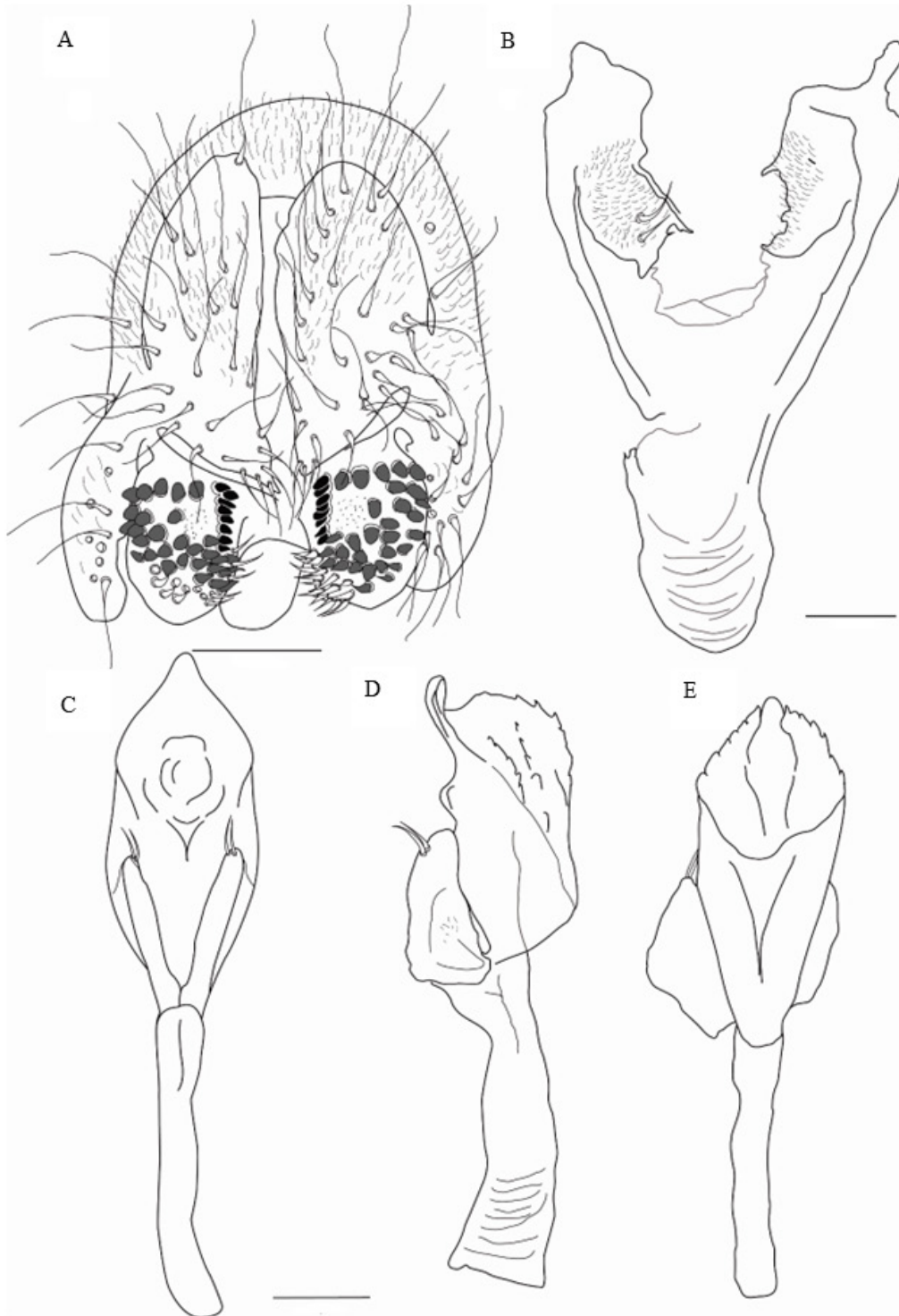


Figura 8. *Drosophila ulba* sp. nov. Genitalia ♂ **A**, epandrio, cerco, surestilo. **B**, hipandrio y gonopodios en vista ventral. **C, D, E**, edeago y paráfisis en vista ventral, lateral y dorsal, respectivamente. Escalas: 100 μ m.

Cabeza.- Frente marrón claro. Longitud frontal 0,37 (0,37-0,50) mm. Índice frontal 1,00 (0,74-0,97). Triángulo frontal marrón amarillento. Triángulo ocelar marrón oscuro, cerca del 51 (40-62) % de la longitud frontal, ocelos amarillos. Placa orbital marrón; la cerda orbital media cerca de la orbital anterior y ligeramente hacia el borde exterior de la placa orbital, distancia de or3 a or1, 70 (60-100) % de or3 a vtm, radio or1/or3 0,68 (0,69-1,32), radio or2/or1 0,60 (0,48-0,76), cerda postocelar 62 (48-89) % y cerda ocelar 46 (65-102) % de la longitud frontal; índice vt 0,44 (0,55-0,96), índice vibrisal 0,42 (0,65-0,82). *Frontal vitta* marrón amarillenta. Gena y postgena marrón claro. Índice genal 4,30 (3,82-6,23). Con una cerda oral. Carina marrón claro, surcada. Proboscis marrón amarillento. Ojos de color rojo vinoso, índice del ojo 1,27 (1,29-1,44). Segundo y tercer segmento antenal marrón. Arista plumosa con cinco ramas dorsales, dos ventrales, más la terminal bifurcada.

Tórax.- Marrón. Longitud 1,11 (1,11-1,32) mm, índice h 1,16 (1,64-1,71). Seis hileras de pelos acrosticales entre las cerdas dorsocentrales anteriores. Distancia transversal de las cerdas dorsocentrales 256 (255-321) % de la distancia longitudinal, índice dc 0,91 (0,76-1,24). Escutelo del mismo color que el tórax, distancia entre las cerdas escutelares apicales 97 (100-120) % de la distancia entre las cerdas apicales y basales. Cerdas escutelares anteriores convergentes, índice escutelar 0,85 (1,00-1,15). Cerda esternopleural media ligeramente más pequeña que la cerda esternopleural anterior, índice esternal 0,78 (0,65-1,15). Patas marrón amarillentas.

Alas.- Color marrón claro con la vena radial media anterior y posterior ligeramente sombreada. Índices alares 2,21 (2,19-2,73); C= 4,90 (4,55-7,60), ac= 0,73 (1,39-1,65), hb= 0,48 (0,43-0,53), 4c= 0,35 (0,39-0,55), 4v= 1,52 (1,31-1,48), 5x= 1,08 (0,74-1,69), M= 0,42 (0,27-0,45) y prox. x= 0,74 (0,55-0,67).

Abdomen.- Marrón amarillento. Primer tergito no pigmentado; segundo y tercer tergito con pigmentación como reloj de arena; cuarto tergito con pigmentación en forma de "x" con línea media dorsal apenas perceptible; quinto y sexto tergito tenuemente pigmentados.

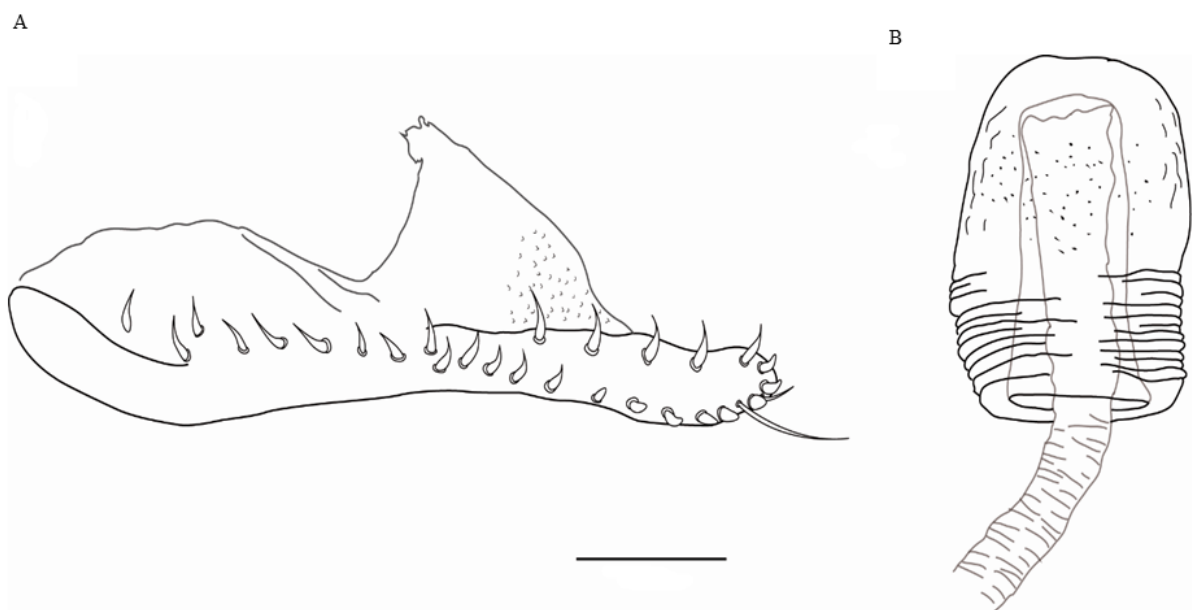


Figura 9. *Drosophila ulba* sp. nov. Genitalia ♀ **A**, oviscapto, vista lateral. **B**, espermateca. Escala: 100 µm.

Genitalia externa.- Cerco micropubescente parcialmente unido al epandrio. Epandrio micropubescente con cuatro cerdas en la parte superior y con 14 cerdas en la parte baja derecha y 10 en la izquierda. Surestilo cuadrado y microtrícico entre los dientes secundarios, presenta 8 (10-11) dientes primarios en cada lado; lado derecho con 30 (25-30) dientes secundarios, lado izquierdo con 29 (26-29) dientes secundarios y 17 cerdas marginales en el lado derecho y 13 en el lado izquierdo (Figura 8A).

Genitalia interna.- Hipandrio en forma de "V", gonopodio micropubescente con dos cerdas (Figura 8B). Edeago ligeramente quitinizado, tubular, voluminoso con el borde ventral liso y el borde dorsal aserrado y con seis hileras longitudinales de dientes. Parte central en punta dirigida hacia la región dorsal. No presenta abertura dorsal. Rama ventral medianamente desarrollada. Paráfisis rectangular con dos cerdas en el extremo distal. Pie del edeago membranoso (Figuras 8C-E).

Descripción de la hembra.- alotipo y paratipos (individuos provienen de isólinea). Morfología externa similar a la del macho.

Cabeza.- Longitud frontal 0,41 (0,37-0,44) mm. Índice frontal 0,85 (0,80-0,93). Triángulo ocelar, cerca del 37 (38-45) % de la longitud frontal. Distancia de or3 a or1, 72 (58-83) % de or3 a vtm, radio or1/or3 0,72 (0,69-1,58), radio or2/or1 0,65 (0,48-0,74), cerda postocelar 61 (54-65) % y cerda ocelar 114 (81-107) % de la longitud frontal; índice vt 0,79 (0,55-0,79), índice vibrisal 0,72 (0,48-0,70). Índice genal 4,05 (3,68-7,18). Índice del ojo 1,92 (1,04-1,51).

Tórax.- Longitud 1,24 (1,16-1,32) mm. Índice h 0,93 (0,77-2,90). Distancia transversal de las cerdas dorsocentrales 247 (204-276) % de la distancia longitudinal, índice dc 0,77 (0,51-0,79). Distancia entre las cerdas escutelares apicales 96 (103-114) % de la distancia entre las cerdas apicales y basales. Índice escutelar 0,97 (0,95-1,80). Índice esternal 0,70 (0,63-0,74).

Alas.- Color marrón claro, longitud 2,90 (2,75-2,95) mm. Índices alares 2,41 (2,36-2,69); C= 5,08 (5,21-6,58), ac= 1,60 (1,60-1,78), hb= 0,48 (0,35-0,43), 4c= 0,49 (0,45-0,48), 4v= 1,39 (1,22-1,35), 5x= 1,20 (1,16-1,24), M= 0,34 (0,36-0,49) y prox. x= 0,60 (0,52-0,97).

Genitalia.- Oviscapto alargado con el borde redondeado, poco quitinizado con 20 ovisensillas marginales; siete ovisensillas discales como dientes; una cerda pequeña como tricoma y una subterminal, larga y ligeramente curvada (Figura 9A). Espermateca en forma de hongo alargado con una invaginación que alcanza casi el margen interno de la espermateca, presenta estrías en la parte basal (Figura 9B).

Etimología.- El nombre *ulba* se refiere a la población de Ulba donde se encuentra la Reserva Natural Chamanapamba, provincia de Tungurahua lugar de colecta.

Discusión

El análisis morfológico de la especie nueva *Drosophila chamanapamba* muestra algunas diferencias con *Drosophila guacamayos*, especie capturada a 2200 m de altitud, en una de las pendientes de la cordillera de los Guacamayos (Ramos-Guillín y Rafael 2017). *Drosophila chamanapamba* sp. nov. en el epandrio presenta un proceso anterior (p.a.) muy bien desarrollado y con una cerda en cada lado de la parte superior. La parte inferior con seis a siete cerdas, mientras que en *D. guacamayos* este proceso anterior es poco desarrollado sin cerdas y en la parte inferior del epandrio hay más de 10 cerdas en cada lado.

A nivel del edeago también se encuentran diferencias, la parte interna de las proyecciones laterales triangulares (p.l.) del edeago de *D. chamanapamba* sp. nov. es dentada, mientras que, en *D. guacamayos* es lisa. En vista lateral, la región dorsal del edeago de *D. chamanapamba* sp. nov. es prominente y con más digitaciones y proyecciones en forma de dientes, sobre todo en el lado ventral, mientras que en *D. guacamayos* es escaso. En *D. chamanapamba* sp. nov. entre las dos proyecciones laterales del edeago, la parte ventral tiene numerosas digitaciones con el ápice ligeramente aplanado; en cambio en *D. guacamayos* termina en punta. (Figuras 5A, B, respectivamente)

Por las similitudes entre estas dos especies podríamos suponer que son especies gemelas, como *D. melanogaster* y *D. simulans* (ver Parson 1975), *D. amaguana* y *D. neoamaguana* (ver Ramos-Guillín y Rafael 2017), *Drosophila buzzatii* Patterson & Wheeler 1942 y *Drosophila koepferae* Patterson & Wheeler (ver Manfrin et al. 2001), que son morfológicamente iguales, pero presentan aislamiento reproductivo. Hacen falta estudios de aislamiento reproductivo y análisis moleculares entre *D. chamanapamba* sp. nov. y *D. guacamayos* para corroborar fehacientemente que se trata de especies genuinas.

D. tungurahua sp. nov., tiene algunas características similares a *D. amaguana* y *D. neoamaguana*. Por ejemplo, el surestilo presenta casi la misma disposición en los dientes primarios y secundarios, además el extremo distal del edeago es bífido, y la espermateca tiene forma de canasta invertida en las tres especies. Sin embargo, existen varias diferencias en la estructura del edeago.

Drosophila ulba sp. nov., tiene una genitalia conspicua, tanto el falo, como el arco genital presentan características que facilitan su reconocimiento. El surestilo además de tener una fila de dientes primarios, posee un número considerable de dientes secundarios. Este carácter de número de dientes secundarios está presente en varias especies ecuatorianas del género *Drosophila*.

Drosophila ulba sp. nov., no ha sido agrupada en ningún grupo de especies. No obstante, cabe mencionar que las características se ajustan con las del género *Drosophila* propuesto por (Bächli et al. 2004)

Las tres especies fueron cultivadas en el laboratorio usando el medio de banano levadura limón (Rafael et al. 2000). Sin embargo, con el pasar de las generaciones la población de las tres especies va decayendo.

Agradecimientos

A la Pontificia Universidad Católica del Ecuador por financiar los proyectos K13051, L13240 y M1347. A la Fundación Oscar Efrén Reyes, en especial a Juan Pablo Reyes Puig por su apoyo en la fase de campo.

Declaración de conflicto de intereses y contribuciones de los autores

Las autoras declaramos no tener conflictos de intereses y nuestras contribuciones fueron las siguientes:

VR: Dentro del proyecto Arca de Noé del año 2015, planeó la colección y metodología para el presente trabajo.

LMLI y AP: Realizaron las colectas.

LMLI, VR, AP e IT: Realizaron el cuidado e identificación de los especímenes colectados.

LMLI, IT, AP y VR: Redactaron y revisaron el manuscrito.

Referencias bibliográficas

Acurio A, Rafael V. 2009. Diversity and geographical distribution of *Drosophila* (Diptera, Drosophilidae) in Ecuador. *Drosoph Inf Serv.* 92:20-25.

Acurio A, Rafael V, Céspedes D, Ruiz A. 2013. Description of a new spotted-thorax *Drosophila* (Diptera: Drosophilidae) species and its evolutionary relationships inferred by a cladistic analysis of morphological traits. *Ann Entomol Soc Am.* 106(6):695-705.

Bächli G, Vilela C, Andersson S, Saura A. 2004. The Drosophilidae (Diptera) of Fennoscandia and Denmark. Brill.

Bussmann R. 2011. Vegetation ecology and regeneration of tropical mountain forests. *Mod Trends Appl Terr Ecol.*:195-223. doi:10.1007/978-1-4615-0223-4_11.

Cabezas MB, Llangarí LM, Rafael V. 2015. Description of four new species of the *Drosophila fasciola* subgroup, repleta group (Diptera, Drosophilidae) in two cloud forests of Ecuador. *Iheringia - Ser*

Zool. 105(4). doi:10.1590/1678-476620151054383392.

Cabezas MB, Rafael V. 2013. Una nueva especie del grupo *Drosophila annulimana* (Diptera, Drosophilidae) y un nuevo registro en las Provincias de Pichincha y Napo, Ecuador. *Iheringia, Série Zool.* 103(4):357-360.

Céspedes D, Rafael V. 2012. Cuatro especies nuevas del grupo de especies *Drosophila mesophragmatica* (Diptera, Drosophilidae) de los andes ecuatorianos. *Iheringia, Série Zool.* 102(1):71-79.

Dangles O, Nowicki F, Mena B. 2009. BIOTA maxima: Ecuador Biodiverso. Ecuador PUC del, editor. Quito: Imprenta Mariscal.

Dobzhansky T, Pavan C. 1943. Studies on Brazilian species of *Drosophila*. *Bol da Fac Filos Ciencias e Let Univ Sao Paulo* .(36):7-72.

Llangarí-Arizo LM, Rafael V. 2018. Cuatro especies nuevas del género *Drosophila* (Diptera, Drosophilidae) en las provincias de Pichincha, Napo y Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador. *Iheringia Série Zool.* 108(0):1-13. doi:10.1590/1678-4766e2018040. http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0073-47212018000100240&lng=en&nrm=iso&tIng=es.

Llangarí LM, Rafael V. 2017. Una nueva especie de *Drosophila* (Diptera: Drosophilidae) en las Inflorescencias de *Xanthosoma sagittifolium* (Araceae). *Rev Ecuat Med Cienc Biol.* 38(1):55-60. doi:10.26807/remcb.v38i1.21.

Manfrin MH, de Brito ROA, Sene FM. 2001. Systematics and Evolution of the *Drosophila buzzatii* (Diptera: Drosophilidae) Cluster Using mtDNA. *Ann Entomol Soc Am.* 94(3):333-346. doi:10.1603/0013-8746(2001)094[0333:SAEOTD]2.0.CO;2. [https://doi.org/10.1603/0013-8746\(2001\)094\[0333:SAEOTD\]2.0.CO](https://doi.org/10.1603/0013-8746(2001)094[0333:SAEOTD]2.0.CO).

Myster RW. 2018. Gradient (elevation) vs. disturbance (agriculture) effects on primary cloud forest in Ecuador: seed predation, seed pathogens, germination. *New Zeal J For Sci.* 48(4). doi:10.1186/s40490-017-0106-2.

Parson P. 1975. The comparative evolutionary biology of the sibling species, *Drosophila melanogaster* and *D. simulans*. *Q Rev Biol.* 50(2):151-169.

Peñañiel-Vinueza AD, Rafael V. 2018. Five new species of *Drosophila guarani* group from the Andes of southern Ecuador (Diptera, Drosophilidae). *Zookeys.* 2018(781):141-163. doi:10.3897/zookeys.781.22841. <https://zookeys.pensoft.net/article/22841/>.

Rafael V, Arcos G, Terán LA. 2000. Ecología y distribución del género *Drosophila* en Guayllabamba y El Quinche, provincia de Pichincha- Ecuador. Federico Ma. Sanfeliu Vilar. Jesús Aguinaga Zumárraga Elena Roldán Baca HRLLG del CFM-G, editor. *Rev la Univ Católica del Ecuador.*(65):130-155.

Ramírez-Barahona S, Cuervo-Robayo ÁP, Feeley K, Ortiz-Rodríguez A, Vásquez-Aguilar A, Ornelas JF, Rodríguez-Correa H. 2021. Climate change and deforestation drive the displacement and contraction of tropical montane cloud forests. *Res Sq.* doi:10.21203/rs.3.rs-1036888/v1.

Ramos-Guillín E, Rafael V. 2017. Cinco especies nuevas del género *Drosophila* (Diptera, Drosophilidae) en la provincia de Napo, Ecuador. *Iheringia - Ser Zool.* 107. doi:10.1590/1678-4766E2017022.

Ramos E, Rafael V. 2018. Two new species in the *Drosophila flavopilosa* and *Drosophila morelia* species groups (Diptera: Drosophilidae) in the eastern andes of Ecuador. *Rev Peru Biol.* 25(2):69-74. doi:10.15381/rpb.v25i2.14684.

- Reyes-Puig CP, Ríos-Alvear G, Reyes-Puig JP. 2015. Notable ampliación del rango altitudinal de *Eira barbara*, Cabeza de Mate (Mammalia: Mustelidae). *Av en Cienc e Ing.* 7(1):B98-B102.
- Reyes Puig C, Ríos Alvear G. 2013. Monitoreo del tapir de montaña (*Tapirus pinchaque*) en el bosque nublado de la reserva Chamanapamba. *Boletín Técnico II, Ser Zoológica.* 8-9:74-90.
- Richter M. 2008. Tropical mountain forests- distribution and general features. *Biodivers Ecol Ser.* 2:7-24.
- Tamayo MI, Rafael V. 2016. Two new species of the genus *Drosophila* (Diptera: Drosophilidae), in Yanacocha protected forest, Pichincha, Ecuador. *Rev Ecuat Med Cienc Biol.* 37(1):1-6.
- Toledo T, Meave J, González M, Ramírez N. 2011. Tropical montane cloud forest: Current threats and opportunities for their conservation and sustainable management in Mexico. *J Environ Manage.* 92(3):974-981.
- Vela D, Rafael V. 2004. Three new andean species of *Drosophila* (Diptera, Drosophilidae) of the mesophragmatica group. *Iheringia.* 94(3):295-299.

NOTA
CIENTÍFICA

Alelismo para genes letales en una población natural de *Drosophila melanogaster* originaria de MixcoacAllelism for lethal genes in a natural population of *Drosophila melanogaster* from Mixcoac

Revista Ecuatoriana de Medicina
y Ciencias Biológicas
Volumen 43. No. 2, Noviembre 2022

Victor Salceda^{1*}

¹ Instituto Nacional de
Investigaciones Nucleares,
Departamento de Biología.
Carretera México-Toluca s/n, La
Marquesa, Ocoyoacac, México,
52750

*Autor de correspondencia: victor.
salceda@inin.gob.mx

Recibido: 19-04-2022
Aceptado: 08-11-2022

DOI: 10.26807/remcb.v43i2.929

e-ISSN 2477-9148

© 2022. Este artículo es publicado
bajo una licencia CC BY-NC 4.0

Como citar este artículo:
Salceda V. 2022. Alelismo para
genes letales en una población
natural de *Drosophila melanogaster*
originaria de Mixcoac. Revista
Ecuatoriana de Medicina y Ciencias
Biológicas 43(2): 57-62. doi:
10.26807/remcb.v43i2.929

Resumen.- Una prueba genética para distinguir si dos mutaciones génicas ocurren en el mismo locus funcional, así como establecer sus límites es la llamada prueba de complementación, ampliamente empleada en genética microbiana, el mismo principio se utiliza en agronomía y se conoce como diallelo. En genética de poblaciones y en particular en poblaciones de *Drosophila* se usa el término prueba de alelismo y es empleada fundamentalmente para determinar distancias genéticas y persistencia de genes en poblaciones naturales y experimentales en las que generalmente se hace para genes letales en condición heterocigota. Así nos propusimos hacer un análisis de este tipo para genes letales portados en el segundo cromosoma de *D. melanogaster* extraídos previamente de una población natural originaria de Mixcoac en la Ciudad de México. La prueba consistió en cruzar cada cepa portadora de un gene letal contra todas las demás. Un total de 50 cepas fueron sometidas a dicha manipulación correspondiendo así a 1225 cruces individuales. Como resultado se obtuvieron 23 cruces alélicas, distribuidas en 18 sencillas y dos dobles. Finalmente la tasa de alelismo determinada fue de 1.88% que no difiere mucho del promedio reportado por otros investigadores en estudios similares.

Palabras clave: Alelismo, *Drosophila melanogaster*, genes letales

Abstract.- A genetic test to distinguish whether two gene mutations occur in the same functional locus, as well as to establish their limits, is the so called complementation test widely used in microbial genetics, the same principle is used in agronomy and there is known as diallelic test; in population genetics and particular in *Drosophila* populations the term allelism is used and it is fundamentally used to determine genetic distances and persistence of genes in natural and experimental populations in which it is generally done for lethal genes in heterozygous condition. Thus we set out to do such an analysis for lethal genes carried on the second chromosome of *Drosophila melanogaster* previously extracted from a natural population of the locality Mixcoac in Mexico City. The test consisted of crossing each strain carrying a lethal gene with all the others. A total of 50 strains were subjected to this manipulation thus corresponding to 1225 individual crosses. As a result, 23 allelic crosses were obtained, distributed in 18 singles and four double. Finally, the allelism rate determined was 1.88 % which does not differ much from the average reported by other researchers in similar studies.

Keywords.- Allelism, *Drosophila melanogaster*, lethal genes.

Introducción

En el contexto de la genética de poblaciones, la prueba de alelismo es un instrumento que nos permite determinar cuántas veces está representado el mismo gen en una muestra poblacional, sobre todo cuando no se cuenta con otra herramienta que nos permita realizar dicho análisis. La prueba consiste en cruzar individuos que presentan una característica similar y averiguar si segregan en una forma particular, por ejemplo 3:1, o bien si la expresión de la descendencia no cambió con respecto a la de sus progenitores, en el primer caso se comprueba la posibilidad de

ser alelos para la misma función o característica y en el segundo se comprueba corresponder al mismo alelo. Esta herramienta genética ha sido ampliamente utilizada, por ejemplo en genética microbiana para hacer pruebas de complementación y en agricultura para determinar algunas características de interés agronómico en cuyo caso se denomina cruce dialélica.

En genética de poblaciones y en particular en estudios con organismos del género *Drosophila*, se aplica para analizar una serie de parámetros poblacionales como lo son habilidad combinatoria, y aislamiento sexual entre otros.

Este tipo de análisis es utilizado en estudios de poblaciones tanto naturales como experimentales y se implementan fundamentalmente para determinar aspectos relativos al comportamiento de genes letales con el fin de conocer y esclarecer las funciones, comportamiento y otros fenómenos en los que participan éstos factores o genes letales, permitiendo de ésta forma determinar aspectos tales como la persistencia de éste tipo de genes en poblaciones naturales y/o experimentales, determinación de distancias genéticas, el efecto de ellos en características de valor adaptativo y aún más la estructura genética de una población así como varios tipos de relación con otros parámetros genéticos.

En esta ocasión nuestro objetivo es exclusivamente conocer la frecuencia de alelismo en una población natural de *D. melanogaster* originaria de una localidad en Mixcoac, Distrito Federal y comparar nuestras observaciones con aquellas realizadas por otros autores en diversas poblaciones naturales de esta especie.

Los años 1940, marcan el inicio de las pruebas de alelismo en genética de poblaciones, así en *Drosophila pseudoobscura* Dobzhansky y Wright (1941) relacionan la tasa de mutación con la acumulación de letales y Wright, Dobzhansky y Hovanitz (1942) determinan la frecuencia de alelismo para genes letales contenidos en el tercer cromosoma. Por su parte Ives (1945) emplea las frecuencias de alelismo para determinar la estructura genética de poblaciones americanas de *D. melanogaster* y Sprague and Tatum (1942) introducen formalmente en agronomía la técnica particular de experimentación conocida como cruce dialélica. Posteriormente, Wallace (1950 y 1966) utiliza la prueba para determinar tasas de alelismo y distancias genéticas en poblaciones naturales de *D. melanogaster*. Prout en 1954 emplea esta herramienta para medir valores de deriva genética mediante las frecuencias de alelismo y él mismo en 1967 desarrolla la teoría del alelismo para genes letales en *Drosophila*. Salceda (1967) obtiene las frecuencias de este parámetro en poblaciones experimentales de *D. melanogaster* con historial de irradiación y encuentra en un análisis detallado grupos o racimos de letales asociados a un alto porcentaje de persistencia.

Oshima y Watanebe (1967, 1968a y 1968b) utilizan las mencionadas frecuencias para obtener distancias genéticas y relacionan dicho parámetro con la dispersión de *Drosophila*; Watanabe (1967), mediante el alelismo poblacional establece la persistencia de factores letales y los asocia con el fenómeno de "segregation distortion" (SD) en poblaciones experimentales mientras que Oshima (1969) analiza la persistencia de genes letales *D. melanogaster* en poblaciones naturales originales de Japón.

De forma similar Ytterborn (1971) usa ésta prueba para detectar la persistencia de genes letales del segundo cromosoma de *D. melanogaster* y lo relaciona con la influencia del fondo genético de la población; a su vez Paik y Sung (1969) analizan el comportamiento de letales de *D. melanogaster* en poblaciones naturales de Corea e Hiraizumi y Grove (1969) relacionan la tasa de alelismo con la edad parental y la frecuencia de segregación en poblaciones naturales de *D. melanogaster* originales de Japón.

En México, Sánchez, Salceda y Molina (1974) emplean la prueba de alelismo para determinar la habilidad combinatoria específica y general de genes letales del segundo cromosoma de *D. melanogaster* y las relacionan con características de valor adaptativo y Salceda (1977) establece las relaciones entre las frecuencias de alelismo procedentes de un estudio de carga genética y componentes de valor adaptativo en poblaciones urbanas de ésta especie.

El interés del presente análisis es esencialmente el mismo que el de Wright, Dobzhansky y Hovanitz (1942) y el de Wallace (1960) quienes asumen que el genoma de *Drosophila* porta un cierto número de loci que muta a alelos recesivos letales a una tasa de mutación determinada por lo que cada locus puede estar representado ya sea por un alelo normal o uno letal. Por lo tanto, la prueba de alelismo aquí realizada, mostrará el número de veces que diferentes loci se encuentran presentes en la muestra de genes letales analizada, a su vez ésta información nos permitirá evaluar la proporción de alelismo que existe en la población estudiada.

Materiales y Métodos

El origen de los genes letales analizados en este estudio corresponde a los extraídos en un trabajo previo referente a la carga genética en una población natural de *D. melanogaster* en la localidad de Mixcoac, Distrito Federal, Ciudad de México (Salceda 1977), y mantenidos en el laboratorio para otros fines incluyendo el que aquí presentamos, y empleándose para su obtención la técnica Cy L/Pm descrita por Wallace y King (1951). Una vez concluida la extracción derivada de la determinación del monto de la carga genética, los diferentes genes letales se mantuvieron en condición balanceada (CyL/++) hasta la realización de la prueba a la que nos estamos refiriendo, y previa comprobación de que las cepas aún conservaban el gen, esto mediante constatación del fenotipo de las moscas en el cultivo.

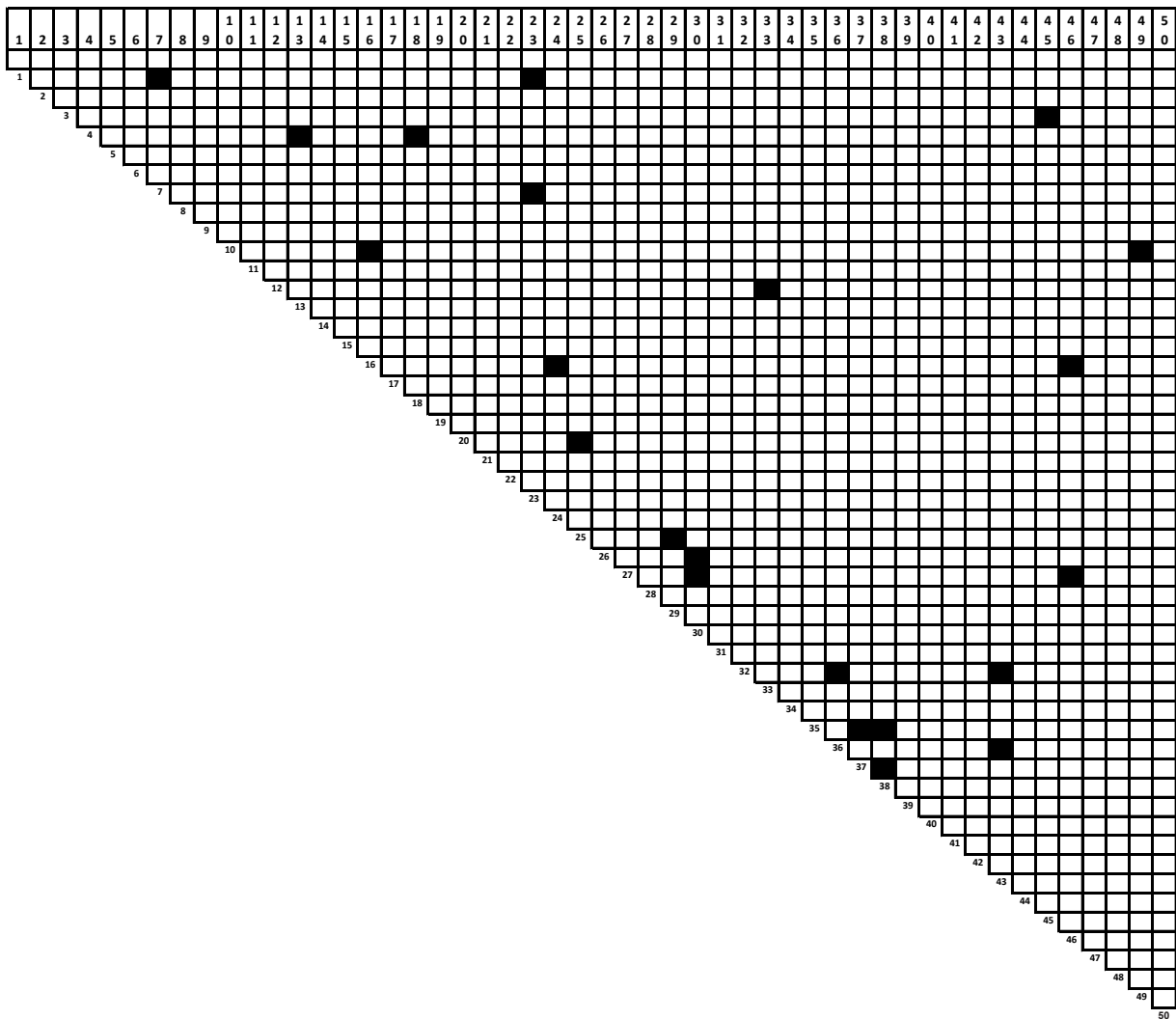


Figura 1. Esquema de cruzamientos y observación de cruces con alelismo.

Tabla 1.- Frecuencia de alelismo y número de cruzas realizadas a partir de cepas portadoras de genes letales recesivos en el cromosoma II de *Drosophila melanogaster* en una población natural de Mixcoac.

Número de cepas portadoras de gen letal	50
Número de cruzas realizadas	1225
Número de cruzas alélicas	23
Tipo de alelismo	18 sencillas; 4 dobles
Percentage de alelismo	1.88 %

Para la conducción de la prueba alélica, se procedió a multiplicar las cepas de forma tal de obtener un número suficiente de moscas vírgenes de cada línea a fin de hacer los cruzamientos que implica la prueba y que consisten en cultivos individuales de 3-5 hembras de la línea 1 con 3-5 machos de las cepas 2, 3, 4, ... 48, 49, 59., y así sucesivamente con todas y cada una de las cepas. Este procedimiento se llevó a cabo en forma escalonada es decir 92 cruzas por día y sembradas en días alternos de una semana. El número de cepas o líneas de genes letales analizados, así como el número de cruzas diferentes posibles, está representado gráficamente en la Figura 1 y numéricamente en la Tabla I.

Una vez transcurridos de 12-15 de realizados los apareamientos, los cultivos fueron revisados para detectar la presencia o no de individuos de fenotipo silvestre (+/+) determinándose así que en el primer caso la cruce no es alélica y sí en el segundo. Para llevar un control del resultado de cada cruce se elaboró un esquema, Figura 1, el cual se iba llenando conforme se obtenía el resultado de la correspondiente cruce, éste diagrama nos representa el número de cruces realizadas así como el número de cruces que demostraron ser alélicas.

Todos los cultivos correspondientes a los cruzamientos se mantuvieron en frascos lecheros de un cuarto de litro con alimento fresco a base de agar, harina de maíz, azúcar, levadura de cerveza y con tegosept al 12.5 % y ácido propiónico de uso normal en el laboratorio y mantenidos a una humedad relativa de 65 grados y a una temperatura de 25°+ 1 C.

Resultados y Discusión

Una vez terminadas los apareamientos y vertidos su resultado a la figura se procedió a la cuantificación y análisis de los datos, lo cual nos dio la siguiente información. De las 50 cepas portadoras de genes letales se hicieron un total de 1225 cruces de las que 22 resultaron ser alélicas lo que indica una frecuencia de alelismo para la población de 1.88%. la representación gráfica de las cruces nos permite hacer un análisis extra consistente en que un gen puede ser alélico con dos o más genes, lo que indica la presencia de un mismo gen repetido y reconocer así un alelo es simple, doble, triple, etc., en este caso de los 23 genes que demostraron alelismo 18 son sencillos y cuatro dobles.

Como se indicó, nuestro objetivo consistió en determinar la frecuencia de alelismo en una población natural de *D. melanogaster*, valor antes señalado. Ésta población podemos considerarla como normal para el parámetro en estudio, ya que su valor no difiere de valores similares reportados por otros autores los cuales nos dicen por ejemplo que las poblaciones de *D. pseudoobscura* el valor de la frecuencia de alelismo es de 2.07% según lo reportado por Wright, Dobzhansky y Hovanitz (1942), en tanto que para poblaciones de *D. melanogaster*, Wallace (1966) encontró un valor de 4.7% en una población de Bogotá, Colombia, mientras que Oshima (1969) en poblaciones japonesas de ésta especie observó para los diferentes años muestreados variaciones desde 1.95 % a 6.44% con un promedio de 3.40% y por su parte Paik (1969) detectó valores promedio de 2.55% para poblaciones de Corea. Todo lo anterior nos indica que el parámetro analizado es de amplia distribución ya que puede ser estudiado en

cualquier población, y presenta la peculiaridad de ser corto rango de variación, lo que lo hace un parámetro confiable.

Con el avance de la genética en el aspecto molecular ha sido posible la implementación de pruebas de alelismo sobre diferentes características en diversas especies como lo son los reportados por Rickard et al. (2001) para algunos síndromes que padece el hombre; Gabay-Laughan et al. (2004) en restauradores de fertilidad en maíz y teocintle; Li et al. (2006) en genes de resistencia al moho en trigo igualmente Hue et al. (2012). Esta información nos indica que las pruebas de alelismo aplicadas en técnicas moleculares están tomando auge pues al conocerse más alelos de esta índole y siendo de importancia tanto en la salud pública como en la agricultura permiten una mayor información y remedio a los factores afectados, constituyéndose en una eficaz herramienta de investigación aplicada

Agradecimientos

El autor agradece a las Autoridades del ININ su constante apoyo en el desempeño de sus actividades.

Referencias

- Dobzhansky Th, Wright S. 1941. Genetics of natural populations. V. Relation between mutation rates and accumulation of lethals in populations of *Drosophila pseudoobscura*. *Genetics* 26: 23-51.
- Gabay-Laughnan, S, Dchase C, Ortega VM, Zhao, L. 2004. Molecular genetic characterization of CMS-S restorer of fertility alleles identified in Mexican maize and teosinte. *Genetics* 166: 2: 959-970.
- Hiraizumi Y, Grove JS. 1969. Paternal age and segregation frequency in *Drosophila melanogaster*. *Japan. J. Genetics* 44, suppl. 1: 193-199.
- Hue F, Wang C, Li C, Duan X, Zhou ., Zhao N, Wang Y, Ji, W. 2012. Molecular mapping of a powdery mildew resistance gene in common wheat landrace Baihulu and its allelism with Pm24. *Theoretical and Applied Genetics* 125:1425-1432.
- Ives P.T. 1945. The genetic structure of American populations of *Drosophila melanogaster*. *Genetics* 30: 167.196.
- Li GO, L, Z, Yang EY, Zhang Y, He ZH, Xu SC, Singh RP, Qu YY, Xia XC. 2006. Molecular mapping of stripe rust resistance gene YrCH42 in Chinese wheat cultivar Chuanmai 42 and its allelism with Tr24 and Yr26. *Theoretical and Applied Genetics* 112:1434-1440.
- Oshima C. 1969. Persistence of some recessive lethal genes in natural populations of *Drosophila melanogaster*. *Japan. J. Genetics* 44, suppl. 1: 209-216.
- Oshima C, WatanabeTK. 1967. Allelic rate between lethal genes extracted from Japanese natural populations of *Drosophila melanogaster*. *Natl. Inst. Gen. Japan.* 18: 76-77.
- Oshima C, Watanabe TK. 1968a. Allelic relation between lethal genes in natural populations. *Natl. Inst. Gen. Japan.* 19: 54-55.
- Oshima C, Watanabe TK. 1968b. Relationship between the dispersal of flies and the frequency of allelism of lethals in a natural population. *Natl. Inst. Gen. Japan.* 19: 55-57.
- Paik YK, Sung KC. 1969. Behavior of lethals in *Drosophila melanogaster* populations. *Japan. J. Genetics* 44. Suppl. 1: 180-192.
- Prout T. 1954. Genetic drive in irradiated experimental populations of *Drosophila melanogaster*". *Genetics* 39: 529-545.

- Prout T. 1967. Theory of the allelism between lethals collected at different times. *Genetics* 56: 659-666.
- Rickard S, Parker M, van 't Hoff W, Barnicoat A, Russell-Eggitt I, Winter R, Bitner-Glinzicz M. 2001. Oto facio cervical (OFC) syndrome is a contiguous gene deletion syndrome involving EYA1: molecular analysis confirms allelism with BOR syndrome and further narrows the Duane syndrome critical region to 1cM. *Human Genetics* 108: 398-403.
- Salceda VM. 1967. Recessive lethals in second chromosomes of *Drosophila melanogaster*, with radiation histories. *Genetics* 57: 691-699.
- Salceda VM. 1977. "Carga genética en siete poblaciones naturales de *Drosophila melanogaster* (Meigen) en diferentes localidades de México". *Agrociencia* 28: 47-52.
- Sánchez J, Salceda VM, Molina J. 1974. Efecto de genes letales recesivos en posición trans en el cromosoma II de *Drosophila melanogaster* (Meigen) sobre algunas componentes de valor adaptativo. *Agrociencia* 16: 75-82.
- Sprague GE, Tatum LA. 1942. General vs. Specific combining ability in simple crosses of corn. *Jour. Am Soc. Agron.* 34: 923-934.
- Wallace B. 1950. Allelism of second chromosome lethals in *Drosophila melanogaster*. *Proc. Nat. Acad. Sci. USA.* 36: 654-657.
- Wallace B. 1966. Distance and allelism of lethals in a tropical population of *Drosophila melanogaster*. *Am. Naturalist.* 100: 565-572
- Wallace B, King RC. 1951. Genetic changes in populations under irradiation. *Am. Naturalist.* 85: 209-222.
- Watanabe TK. 1967. Persistence of a lethal gene associated with SD in cage populations of *Drosophila melanogaster*. *Natl. Inst. Gen. Japan.* 18: 78-80.
- Wright S, Dobzhansky T, Hovanitz W. 1942. Genetics of natural populations. VII. The allelism of lethals in the third chromosome of *Drosophila pseudoobscura*. *Genetics* 27: 363-394.
- Ytterborn KH. 1971. Influence on the population genetic background on the persistence of a recessive lethal in *Drosophila melanogaster*. *Genet. Res. Camb.* 17: 103-111.