

RE M C B

REVISTA
ECUATORIANA DE
MEDICINA Y
CIENCIAS BIOLÓGICAS

e-ISSN 2477-9148

Vol. 44

Número 2
Noviembre 2023



Pontificia Universidad
Católica del Ecuador

e-ISSN 2477 - 9148

REVISTA ECUATORIANA
DE MEDICINA Y
CIENCIAS BIOLÓGICAS

VOLUMEN XLIV - Nº 2 - NOVIEMBRE 2023

Revista Ecuatoriana de Medicina y Ciencias Biológicas
Volumen XLIV Número 2 - noviembre - 2023
e-ISSN 2477 - 9148

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

Foto de portada: --
Fruto maduro de *Magnolia stefaniana*, una especie endémica
del departamento de Alta Verapaz en Guatemala



RE
MCB

e-ISSN 2477 - 9148
<http://remcb-puce.edu.ec/remcb/>

Revista Ecuatoriana de Medicina
y Ciencias Biológicas
Volumen 44. No. 2, Noviembre 2023

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)

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

Dra. Catalina Quintana (Pontificia Universidad Católica del 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.



RE
MCB

e-ISSN 2477 - 9148
<http://remcb-puce.edu.ec/remcb/>

Revista Ecuatoriana de Medicina
y Ciencias Biológicas
Volumen 44. No. 2, Noviembre 2023

CONTENIDO

Editorial	7
Artículo de revisión	
Revisión bibliográfica de Carabidae (Coleoptera) en los Andes del Ecuador	11
Bibliographic review of Carabidae (Coleoptera) in the Andes of Ecuador Eduardo Atiencia-Puca Álvaro Barragán, Diego Guevara	
Importancia de los genes HOX en enfermedades humanas	33
Importance of HOX genes in human diseases Clara Yamilet Serrano Delgado	
Artículos Científicos	
Novedades taxonómicas en <i>Magnolia</i> (Magnoliaceae, sect. <i>Talauma</i>) de Guatemala	49
Taxonomic novelties in <i>Magnolia</i> (Magnoliaceae, sect. <i>Talauma</i>) for Guatemala Fredy Archila, Erick Tribouillier Navas, J. Antonio Vázquez-García, Otto Alvarado, Álvaro J. Pérez	
Nota Científica	
Ensayos de sobrevivencia y crecimiento inicial con tres especies forestales en un matorral andino del sur del Ecuador	63
Survival and initial growth trials with three forest species in an Andean shrubland in southern Ecuador Leonardo Paúl González Niveló, Vanessa Alexandra Granda Moser, Ivett Carolina Pacheco Cueva y Zhofre Huberto Aguirre Mendoza	

EDITORIAL



RE
MCB

e-ISSN 2477 - 9148
<http://remcb-puce.edu.ec/remcb/>

Revista Ecuatoriana de Medicina
y Ciencias Biológicas
Volumen 44. No. 2, Noviembre 2023

En tiempos en que la deforestación, la conversión de hábitats y el cambio climático son temas de gran relevancia para nuestra Sociedad, este número de la Revista Ecuatoriana de Medicina y Ciencias Biológicas sirve como escenario para la documentación de la biodiversidad y de información primaria que guían esfuerzos de conservación y reforestación.

Tres nuevas especies de Magnolias pertenecientes a la sección neotropical Talauma son descritas en base a caracteres morfológicos. Cada descripción incluye la categoría de amenaza propuesta para la especie. Estas magnolias, nuevas para la ciencia, son nativas de los bosques nublados, húmedos tropicales y subtropicales de Guatemala, los cuales están severamente amenazados. Para una de las especies descritas no se han encontrado nuevas poblaciones en más de 56 años, por lo que podría tratarse de una especie extinta. Este artículo hace evidente la importancia y urgencia de documentar la biodiversidad.

González-Nivelo y colaboradores ofrecen esfuerzos guiados para reforestar los matorrales andinos del sur del Ecuador utilizando especies nativas. Este artículo de investigación primaria monitorea la supervivencia y el crecimiento de tres especies leñosas y su correlación con las variables físicas del terreno. El manuscrito reporta resultados del experimento y monitoreo realizado durante un año, y los resultados son un valioso preámbulo para el monitoreo y uso de estas especies para la reforestación a largo plazo.

El uso de carábidos como bioindicadores de cambio climático y transformación de hábitats en Ecuador es propuesto por Atiencia-Puca *et al.*, en base al conocimiento del grupo, la abundancia de colecciones históricas y la facilidad para coleccionar especímenes para obtener datos de investigación. Una detallada revisión histórica y el catálogo de la familia Carabidae (Coleoptera) en los Andes del Ecuador, son presentados y tienen por objetivo servir como marco para diversos tipos de investigación.

La integración de biología molecular y medicina se encuentra representada en este volumen por una revisión de los trabajos y literatura de los genes homeobox y más específicamente, del conjunto de genes HOX. El carácter exhaustivo e integrador de este artículo guía hábil y eficazmente al lector a comprender los complejos de genes HOX en diferentes organismos, la relación de estos genes y su expresión con diferentes tipos de cáncer y enfermedades humanas y acentúa la importancia de la investigación en esta familia de genes.

Lorena Endara PhD.
Clemson University,
Department of Biological Sciences

ARTÍCULOS DE REVISIÓN

Revisión bibliográfica de Carabidae (Coleoptera) en los Andes del Ecuador

Bibliographic review of Carabidae (Coleoptera) in the Andes of Ecuador

 Eduardo Atencia-Puca*¹, Álvaro Barragán¹, Diego Guevara¹

¹ Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Escuela de Ciencias Biológicas, Quito, Ecuador.

*Autor de correspondencia:
1edu_xavi2276@hotmail.com

Recibido: 24-10-2023
Aceptado: 18-11-2023
Publicado: 27-11-2023

DOI: 10.26807/remcb.v44i2.969

eISSN 2477-9148



Como citar este artículo:
Atencia-Puca E, Barragán A, Guevara D. 2023. Revisión bibliográfica de Carabidae (Coleoptera) en los Andes del Ecuador. Revista Ecuatoriana de Medicina y Ciencias Biológicas 44 (2): 11-31. doi: 10.26807/remcb.v44i2.969

Resumen.- Esta revisión ofrece un resumen de las características de la familia, así como también los eventos más importantes dentro de la carabidología a partir de 1779. Debido a su historia evolutiva, taxonomía relativamente estable, alta riqueza de especies, sensibilidad a cambios en el ambiente, métodos de recolección fácil y amplia distribución en los Andes, los carábidos pueden ser usados tanto en estudios poblacionales, así como también en ecología, fragmentación y monitoreos de hábitat, y biología de la conservación.

Palabras clave: adepfaga, escarabajo, bioindicador, páramo, trampas pitfall.

Abstract.- This review offers a summary of the characteristics of the family, as well as the most important events surrounding carabidology since 1779. Due to their evolutionary history, relatively stable taxonomy, high species richness, sensitivity to environmental change, easy collection methods, and wide distribution in the Andes, carabid beetles may be used in population studies, as well as ecology, fragmentation and habitat monitoring, and conservation biology.

Key words: adepfagan, beetle, bioindicator, paramo, pitfall traps.

Características de los Carabidae

Los Carabidae pertenece al segundo suborden más grande de escarabajos, los Adephaga, con más de 45.000 especies descritas. El término "Adephaga" fue propuesto por el entomólogo suizo Joseph Philippe de Clairville (1742-1830) en 1806 (Bousquet 2012, Martínez y Ball 2003, Maddison 1995). Los primeros fósiles indiscutibles de Adephaga son del Triásico (Ponomarenko 1977) pero un origen en el Pérmico es probable (Gustafson et al. 2017). Análisis moleculares recientes muestran que, Adephaga es posiblemente el grupo hermano de un clado que comprende los dos subórdenes de escarabajos pequeños, Archostemata y Myxophaga, que están asociados con la madera y con hábitats ribereños o higropétricos, respectivamente (Beutel et al. 2019, McKenna et al. 2015, McKenna et al. 2019). El suborden Adephaga es dividido en dos grupos, las familias terrestres (Geadephaga) y las familias acuáticas (Hydradephaga) (Bousquet 2012, Maddison 1995, Beutel et al. 2019).

Los adéfagos, siendo mayormente depredadores, también se pueden alimentar de: algas (familia Haliplidae) (Maddison 1995, Lancaster y Downes 2013); semillas (subfamilia Harpalinae) (Ober y Heider 2010, Kipling and Maddison); hongos (familia Rhysodidae) (Bell 1999); caracoles (carábidos de la tribu Licini y tribu Cychrini) (Maddison 1995, Forsythe 1982); ectoparasitoides de otros insectos (carábidos de la tribu Brachinini y tribu Lebiini) (Lindroth 1954, Erwin 1979); y milpiés (carábidos de la tribu Peleciini) (Maddison 1995, Holland y Luff 2000).

La morfología de los miembros del suborden Adephaga se caracteriza: los adultos tienen suturas noto pleurales visibles en el protórax (Maddison 1995, Ross y Arnet 2000); con seis placas

ventrales (esternitos) visibles, las tres primeras fusionadas y divididas por coxas posteriores (Maddison 1995, Ross y Arnet 2000, Choate 1999); glándulas de defensa pigmentaria (Maddison 1995, Beutel et al. 2019, Giglio et al. 2011); testículos tubulares, enrollados, que consisten en un solo folículo (Beutel et al. 2019, Beutel and Kristensen 2005); ovarios politróficos (Maddison 1995); larvas con labrum fusionado y sin mola mandibular (Maddison 1995, Beutel et al. 2019, Beutel et al. 2017).

Características propias de la familia Carabidae que los diferencian de las otras familias.

Los Carabidae constituyen un linaje antiguo, se piensa que evolucionaron a principios del Jurásico, hace 200 millones de años (Ponomarenko 1977). Taxonómicamente se les considera un grupo monofilético (Martínez y Ball 2003), que junto con su clado hermano Trachypachidae conforman la subdivisión Geadephaga dentro del suborden Adephaga (Maddison 1995, Beutel et al. 2019, Beutel 1998). Esta familia es muy diversa y numerosa dentro del suborden, por lo que es uno de los taxones mejor conocidos dentro de la entomología, cuenta con más de 45.000 especies descritas distribuidas aproximadamente en 100 tribus y 1.860 géneros (Beutel et al. 2019, Erwin 1991, Lorenz 1998, Aráuz 2013), de las cuales, 8.000 se encuentran en el neotrópico (Martínez y Ball 2003). En su mayoría las especies actuales de Carabidae pertenecen a la subfamilia Harpalinae (irradiando en el período Cretácico hace unos 100 millones de años) (Ponomarenko 1977, Ober y Heider 2010).

Morfológicamente los adultos de la especie se los reconocen por: ser aplanados dorso ventralmente (Aráuz 2013); patas corredoras (Martínez 2005); el primer artejo de las patas posteriores que se une al tórax es grande y se emplaza al primer segmento abdominal (Aráuz 2013, Martínez 2005, Borrór DJ y Triplehorn CH 1989); antenas largas y filiformes de 10 a 11 segmentos (Aráuz 2013, Martínez 2005); mandíbulas frecuentemente grandes y proyectadas hacia adelante (Aráuz 2013, Martínez 2005); estrías elitrales claras, generalmente entre 7 y 10 por élitro y son más anchos cerca o en la base de ellos (Aráuz 2013, Martínez 2005); muchas especies son braquípteras (segundo par de alas reducidas) (Lövei y Sunderland 1996).

En cambio, las larvas se las reconoce por los siguientes aspectos: son terrestres, a diferencia de la mayoría de Adéfagos que son acuáticas (Aráuz 2013, Thompson RG 1979); campodeiformes con antenas, mandíbulas y patas desarrolladas (Aráuz 2013, Martínez 2005); cabeza, protergo y extremidad abdominal bien esclerotizados (Aráuz 2013); poseen cinco segmentos en cada pata, con una o dos uñas (Aráuz 2013); labro y clipeo fusionado con la frente (Aráuz 2013, Martínez 2005); mandíbulas sin canal succional, sin postgena y con margen cortador simple (Aráuz 2013, Martínez 2005); maxila con cardo corto o dos aros medios localizados en el mismo eje de los estipes (Aráuz 2013), lóbulo externo insertado dentro de los estipes (Aráuz 2013, Martínez 2005); ocho pares de espiráculos abdominales, más o menos del mismo tamaño (Martínez 2005, Costa et al. 1988).

Aportes históricos al estudio de Carabidae

Durante el siglo XIX, se realizaron expediciones científicas que aportaron un vasto conocimiento científico sobre los trópicos americanos. Alexander Von Humboldt y Aimé Bonpland, con ayuda de Pierre André Latreille, catalogaron una amplia variedad de especímenes registradas en colecciones que empezaron en 1799 (Barragán et al. 2009, Moret 2005, Papavero et al. 1995).

Siguiendo los pasos de Humboldt, Jean-Baptiste Boussingault, en 1831 en su ascensión al volcán Chimborazo y a 4.445 m, se topó con unos pequeños coleópteros (presumiblemente de la familia Carabidae); sin embargo, Boussingault no los recolectó para su posterior análisis (Moret 2005).

Las primeras descripciones de carábidos andinos del Ecuador fueron publicadas por, Maximilian Chaudoir (Chaudoir 1878), quien registró cuatro especies para el Ecuador: *Colpodes abropoides* (Chaudoir, 1879), *Colpodes aenescens* (Chaudoir, 1879), *Colpodes. baconi* (Chaudoir, 1879) y *Colpodes chloropterus* (Chaudoir, 1879).

Con la llegada de Edward Whymper a nuestro país, durante los años 1879 a 1880, se potencia el estudio de la fauna entomológica a través de colectas en los páramos de once volcanes: Antisana,

Carihuairazo, Cayambe, Chimborazo, Corazón, Cotacachi, Cotopaxi, El Altar, Pichincha, Sara Urcu y Sincholagua. Los resultados de su laborioso trabajo se reflejaron en la publicación "*Travels amongst the great Andes of the Equator*" (Moret 2005, Whympers 1892). Esta investigación tendría además un apéndice suplementario llevado a cabo por Henry Walter Bates, en donde presentó los resultados de las 43 especies identificadas por él, de las cuales 31 fueron encontradas en el páramo (1 *Anchomenus*, 1 *Anisotarsus*, 3 *Bembidium*, 19 *Colpodes*, 3 *Pelmatellus*, y 4 *Pterostichus*) y 28 fueron nuevas especies (Bates 1892).

Entre 1901 a 1906, la Segunda Misión Geodésica Francesa en Ecuador recolecta un reducido número de insectos andinos por pedido expreso del especialista en coleópteros Jules Bourgeois. La familia Carabidae hubiera pasado inadvertida a no ser por las recolecciones que realizó el capitán Lallemand, quien en septiembre de 1903 descubrió en la cumbre del Yana-Urcu de Piñan a tres especies: *Paratrechus lallemandi* Jeannel, 1927 y *Dyscolus diopsis* Bates 1891. Así como también *Blennidus planatus* Straneo, 1971 (Jeannel 1927, Straneo 1971). En estos estudios, las localidades fueron bien georreferenciadas y se establecieron nuevos puntos de colecta, no visitados por Whympers (Moret 2005).

El primer ecuatoriano en realizar una colección entomológica en Ecuador fue Francisco Campos Rivadeneira, profesor de Biología y Zoología Médica del Colegio Vicente Rocafuerte y de la Universidad de Guayaquil. Su artículo publicado en el año de 1926, con el nombre "*Contribución al estudio de los insectos del Callejón Interandino*", incorporó nuevas localidades para las especies encontradas en el subpáramo tales como: *Anisotarsus bradyoides* Bates, 1891; *Dyscolus denigratus* Bates, 1891 y *Dyscolus alpinus* Chaudoir, 1878 (Moret 2005, Campos Ribadeneira 1926).

En los años siguientes pocos son los especímenes de Carabidae recolectados y publicados. Tan solo dos especies de *Paratrechus* (descritas por Uéno en 1968) provenientes del volcán Tungurahua fueron descubiertas por Francis X. Williams en 1923 (Moret 2005, Uéno 1968). Un *Mimodromius* (descrita por Mateu en 1970) del Cotopaxi, colectado por N. y J. Leleup en 1965 (Moret 2005, Leleup 1968, Mateu 1970).

La recopilación de muestras retoma su curso en el año de 1979, con el Dr. Tjitte de Vries quien recolecta a *Dyscolus rubellus* Moret 1991, en la cumbre del volcán Sumaco (Moret 2005). En abril de 1979 y mayo de 1982 en la localidad de Guamaní-Papallacta, H. Frania y F. Sperling, llevaron a cabo colecciones en todos los pisos altitudinales del páramo y bosque montano alto (Moret 2005). En adelante tenemos el aporte de un nuevo *Oxytrechus* por Casale y Sciaky en 1986 y *Zoianillus acutipennis* Sciaky 1994, único ejemplar recolectado en la provincia de Cotopaxi, en la cordillera oriental del Ecuador (Sciaky 1994).

A partir de 1982, Dr. Giovanni Onore, profesor de Zoología de Invertebrados en la Pontificia Universidad Católica del Ecuador (PUCE), en colaboración con sus estudiantes ingresa cientos de especímenes a las colecciones y crea la división de Invertebrados dentro del Museo de Zoología (QCAZ) en la PUCE. Actualmente el Museo alberga una colección científica que consta de 2 millones de especímenes provenientes de todas las regiones del Ecuador (Moret 2005, Donoso et al. 2009).

Søome, Davidson, y Onore en 1996, publican: "Adaptations of Insects at high altitudes of Chimborazo, Ecuador", en donde demuestran que los carábidos están pobremente adaptados a bajas temperaturas y a la aridez, por lo que su subsistencia depende del comportamiento y su habilidad de encontrar refugios en su microhábitat tales como rocas o baja vegetación (Søome et al. 1996).

Zapata (1997), presenta en su tesis de licenciatura: "Carabidae (Insecta: Coleoptera) del Ecuador: Catálogo, notas biogeográficas y ecológicas" un compendio sobre morfología, consideraciones biogeográficas y ecológicas.

Moret (2005), presenta 57 especies nuevas en su monografía "Los Coleópteros Carabidae del páramo en los Andes del Ecuador. Sistemática, Ecología y Biogeografía", recopilando un total de

204 especies conocidas en los páramos por encima de los 3400 m. Esta monografía consta de varios capítulos en donde se abordan temas sobre: estructura de páramos o paramera; factores climáticos y microclimáticos; fisiología y patrones de actividad; adaptaciones morfológicas; alimentación; depredadores; competencia interespecífica; métodos de captura; distribución altitudinal; distribución ecológica; centros de origen; patrones de distribución biogeográfica; áreas de endemismo del Carchi, Pichincha-Chimborazo, Cajas, Saraguro, Loja.

Aráuz (2013), presenta en su tesis de licenciatura: "Cambio climático e insectos: Elaboración de una línea base con Carabidae de altura", realiza una comparación de sus datos con los datos que obtuvieron Whymper (1892) y Moret (2005), obteniéndose los siguientes resultados: *Dyscolus rotundiceps* y *Pelmatellus colombianus*, se encontraron en un rango altitudinal más alto de lo previamente reportado. *Dyscolus alpinus*, *Dyscolus orthomus*, *Dyscolus oopterooides* y *Dyscolus megacephalus* se mantienen en el mismo rango altitudinal, pero el número de individuos para cada especie porcentualmente ha bajado. En el caso de *Blennidus mucronatus* y *Dercylus cordicollis*, no solo que han migrado de su rango altitudinal a uno más alto, sino que además su población porcentual ha disminuido. Estas evidencias, concluye, justifican un desplazamiento de las especies en sus áreas de distribución hacia latitudes más al norte (Régnière 2009).

Araúz (2013) en colaboración con Moret (2009) mencionan en su artículo, "Altitudinal distribution, diversity and endemism of Carabidae (Coleoptera) in the paramos of Ecuadorian Andes" que, a diferencia de la tendencia global de reducción de especies desde los 4.200 m hacia arriba, en los trópicos la riqueza de especies alcanza su punto más alto entre 3.800- 4.000 m.s.n.m y 4.200 – 4.400 m.s.n.m; señalando además que el recambio de especies entre el páramo de pajonal y el superpáramo es significativamente alto en montañas secas especialmente en la cordillera occidental.

La existencia de muestreos documentados realizados por Whymper (1892) y Aráuz (2013), permiten que Moret et al (2016) realice una investigación sobre, "Climate warming effects in the tropical Andes: first evidence for upslope shifts of Carabidae (Coleoptera) in Ecuador" para evaluar el impacto del cambio climático en la biodiversidad del ecosistema tropical alto andino del páramo. Los análisis entre dos períodos de tiempo 1985/1986 y 2013/2014 proporcionan una imagen más amplia sobre los cambios ocurridos entre este intervalo, por lo que las comparaciones han demostrado que el límite inferior de la comunidad de Carábidos de superpáramo se movió hacia arriba, alrededor de 4.300 m.s.n.m en 1985/86 hasta aproximadamente los 4.400 m.s.n.m en 2013/14. De acuerdo con otros estudios de Brambilla y Gobbi (2014); Menéndez et al (2014); Pizzolotto et al (2014), se puede concluir que la respuesta al cambio climático entre diferentes especies varía dependiendo su grado de especialización, tolerancia a la temperatura y a sus recursos alimenticios.

Las recientes investigaciones sobre Carabidae en Ecuador han sido llevadas a cabo por Moret et al. (2020), en su artículo, "When the Ice Has Gone: Colonisation of Equatorial Glacier Forelands by Ground Beetles (Coleoptera: Carabidae)". Donde se evalúa por primera vez la sucesión primaria de los escarabajos Carabidae a lo largo de áreas recientemente descongeladas de dos glaciares andinos tropicales (Antisana y Carihuairazo, Ecuador), mostrando que, en ambos volcanes, la diversidad de especies y la distinción taxonómica no se relacionaron positivamente con la edad de desglaciación; así como también muestra que los glaciares ecuatoriales están siendo colonizados por especies pioneras.

Moret y Murienne (2020), proporcionan el último artículo, "Integrative taxonomy of the genus *Dyscolus* (Coleoptera, Carabidae, Platynini) in Ecuadorian Andes", mencionando veinte y cinco nuevas especies de *Dyscolus* la mayoría de ellas microendémicas. Así también se redefine la posición taxonómica de los miembros ecuatoriales del género *Dyscolus* con el uso de datos moleculares.

Todos estos aportes generados por naturalistas, especialistas, investigadores, colecciones y notas biológicas han permitido ahondar sobre el conocimiento de los Carábidos, conocer su diversidad,

características y su rol ecológico. La información recolectada durante los dos últimos siglos, ha permitido tener una idea clara sobre el conocimiento de las comunidades de carábidos en el país (Moret 2005). Características de los Carabidae para estudios ambientales.

Características de los Carabidae para estudios ambientales.

Los Carábidos se encuentran entre las familias de escarabajos más ricas en especies, y su conocimiento a través de la investigación ha crecido en Ecuador, siendo evaluados entre los 3.500 a 5.000 m.s.n.m. (Moret 2009). En el ecosistema tropical alto andino de páramo, distribuidos entre los tres cinturones de vegetación (subpáramo, páramo y superpáramo) son un grupo muy exitoso (Moret 2005, León-Yáñez 1993, Gobbi et al. 2018, Acosta-Solís 1968, Cañadas 1983, Cuatrecasas 1958, Harling 1979, Ramsay y Oxley 1997). En consecuencia la elección de la familia Carabidae como bioindicador se da por varias ventajas: i) La captura es relativamente fácil a través de muestreo activo (colecta manual) o muestreo pasivo (trampas pitfall, trampas pegajosas y redes de barrido) (Barber 1931, Buchholz et al. 2010, Gobbi et al. 2018). ii) La gran mayoría tiene una distribución geográfica muy restringida, siendo sensibles a cambios ambientales, como la temperatura, desecación y su incapacidad de volar largas distancias, permite que, el grado de endemismo de los Carabidae de páramo sea muy alto, por lo tanto se puede llegar a tener un conocimiento completo de las especies (Martínez y Ball 2003, Moret 2005). iii) En la naturaleza han influido dentro de las cadenas tróficas como depredadores generalistas (Scampini et al. 2002), sin embargo, en estudios más detallados se ha demostrado que existen depredadores especialistas de grupos como Collembola, larvas de mariposa, larvas de Endomychidae, áfidos, Psocoptera, huevos de grilloalpídeos y los estadíos inmaduros de hormigas y termitas (Aráuz 2013). Unas pocas especies son completamente herbívoras, principalmente de semillas y hongos (Martínez 2005, Lietti et al. 2000, Arndt y Kirmse 2002, Honek et al. 2003, Meijer 1975, Rossi y Santamaría 2008, Erwin y Zamorano 2014). iv) Es uno de los taxones más usados en estudios de ecología, fragmentación y monitoreos de hábitat, así como también biocontroles potenciales de herbívoros de plagas agrícolas (Erwin et al. 1979, Thiele 1977, Lövei y Sunderland 1996, Davies y Margules 1998, Thacker 1996, Yábar et al. 2006, Sunderland 2002, White et al. 2012).

Situación y Perspectiva en Ecuador

Actualmente el conocimiento taxonómico de los Carabidae de páramo en el Ecuador, se basa en 8500 especímenes encontrados sobre los 3.400 m.s.n.m.; de este número 2.481 especímenes fueron colectados por Pierre Moret entre varios períodos de trabajo de campo (1.984–1.986, julio-agosto de 1.988, abril de 1.991, enero de 1.995, julio-agosto de 1.998, julio de 2.001) en 28 páramos, Alao-Culebrillas, Atacazo, Atillo-Ayapungu, Carihuairazo-Chimborazo, Cayambe, Chiles, Corazón, Cordillera Lagunillas, Cotacachi, Cotopaxi, Cubillín-Quilimas, El Altar, Guamaní, Imbabura, Illiniza, Illuchi-Pisayambo, Llanganatis (Cerro Jaramillo), Matanga-Zapote Mojanda, Nudo de Azuay, Nudo de Cajas, Pasocha, Pichincha, Quilotoa, Sangay, San Juan-Chanlor, Tinajillas, Tungurahua, y el resto por 31 recolectores o equipos de recolectores entre 1.853 y 2.002 (Moret 2005) (Moret 2009). Posteriormente el número de especímenes recolectados aumentó a 13.800 entre los años 2.015 a 2.017 provenientes de los muestreos en campo de 17 montañas de la Cordillera de los Andes, Volcán Chiles (3.800–4.600 m), Volcán Cayambe (3.900–4.800 m), Volcán Cotacachi (3.900–4.550 m), Guamaní–Papallacta área (Paso de la Virgen, Termas Jamanco, Guango Lodge, 2.700–4.350 m), Volcán Antisana (4.000–5.000 m), Volcán Pichincha (Guagua Pichincha, Rucu Pichincha, 3.800–4.700 m), Volcán Illiniza (4.100–4.800 m), Volcán Cotopaxi (3.700–4.900 m), Volcán Quilindaña (4.100–4.500 m), Llanganatis (Cerro Jaramillo, 4.000–4.300 m), Volcán Carihuairazo (4.200–4.800 m), Volcán Chimborazo (4.500–5.000 m), Ayapungu massif (Cerro Azul, Cerro Pulpito, Cerro Tintillán, 3.900–4.400 m), Parque Nacional Podocarpus (Estación Cajanuma, Estación El Colibri, 2.000–3.000 m), Parque Nacional Yacuri (2.600–3.550 m) (Moret y Muriene 2020). Por lo que, el conteo previo de 204 especies que pertenecen a 16 géneros y 8 tribus (Moret 2005, Moret 2009), debería aumentar (Tabla 1).

Tabla 1. Catálogo de especies de la familia Carabidae

Género	Especie	Referencia
<i>Bembidion</i> Latreille, 1802	<i>Bembidion achipungi</i> Moret & Toledano, 2002	Moret, 2005
	<i>Bembidion andinum</i> Moret & Toledano, 2002	Moret, 2005
	<i>Bembidion azuayi</i> Moret & Toledano, 2002	Moret, 2005
	<i>Bembidion bibliani</i> Moret & Toledano, 2002	Moret, 2005
	<i>Bembidion bolivari</i> Moret & Toledano, 2002	Moret, 2005
	<i>Bembidion camposi</i> Moret & Toledano, 2002	Moret, 2005
	<i>Bembidion carreli</i> Moret & Toledano, 2002	Moret, 2005
	<i>Bembidion chilesi</i> Moret & Toledano, 2002	Moret, 2005
	<i>Bembidion chimborazonum</i> Moret & Toledano, 2002	Moret, 2005
	<i>Bembidion cotopaxi</i> Moret & Toledano, 2002	Moret, 2005
	<i>Bembidion davidsoni</i> Moret & Toledano, 2002	Moret, 2005
	<i>Bembidion fulvocinctum</i> Moret & Toledano, 2002	Moret, 2005
	<i>Bembidion gisela</i> Moret & Toledano, 2002	Moret, 2005
	<i>Bembidion sanctaemarthae</i> Darlington, 1934	Moret, 2005
	<i>Bembidion guamani</i> Moret & Toledano, 2002	Moret, 2005
	<i>Bembidion humboldti</i> Moret & Toledano, 2002	Moret, 2005
	<i>Bembidion illuchi</i> Moret & Toledano, 2002	Moret, 2005
	<i>Bembidion jimburae</i> Moret & Toledano, 2002	Moret, 2005
	<i>Bembidion mathani</i> Moret & Toledano, 2002	Moret, 2005
	<i>Bembidion onorei</i> Moret & Toledano, 2002	Moret, 2005
	<i>Bembidion paulinae</i> Moret & Toledano, 2002	Moret, 2005
	<i>Bembidion perraulti</i> Moret & Toledano, 2002	Moret, 2005
	<i>Bembidion pyxidum</i> Moret & Toledano, 2002	Moret, 2005
	<i>Bembidion rawlinsi</i> Moret & Toledano, 2002	Moret, 2005
	<i>Bembidion saragurense</i> Moret & Toledano, 2002	Moret, 2005
	<i>Bembidion sirinae</i> Moret & Toledano, 2002	Moret, 2005
	<i>Bembidion sulfurarium</i> Moret & Toledano, 2002	Moret, 2005
	<i>Bembidion vignai</i> Moret & Toledano, 2002	Moret, 2005
	<i>Bembidion villagomesi</i> Moret & Toledano, 2002	Moret, 2005
	<i>Bembidion whymeri</i> Moret & Toledano, 2002	Moret, 2005
<i>Bembidion youngi</i> Moret & Toledano, 2002	Moret, 2005	
<i>Trechisibus</i> Motschulsky 1862	<i>Trechisibus jasinskii</i> Deuve, 2001	Moret, 2005
	<i>Trechisibus moreti</i> Deuve, 2002	Moret, 2005
	<i>Trechisibus tapiai</i> Deuve, 2002	Moret, 2005
<i>Oxytrechus</i> Jeannel, 1927	<i>Oxytrechus globosus</i> Mateu, 1991	Moret, 2005
	<i>Oxytrechus guaguanus</i> Mateu, 1991	Moret, 2005
	<i>Oxytrechus lallemandi</i> Jeannel, 1927	Moret, 2005
	<i>Oxytrechus pichinchanus</i> Mateu, 1988	Moret, 2005
	<i>Oxytrechus equatorianus</i> Mateu, 1988	Moret, 2005
	<i>Oxytrechus llanganatisianus</i> Mateu, 1988	Moret, 2005
	<i>Oxytrechus moreti</i> Mateu, 1988	Moret, 2005
	<i>Oxytrechus ramsayi</i> Moret, 2001	Moret, 2005
	<i>Oxytrechus reventador</i> Moret, 2005	Moret, 2005
	<i>Oxytrechus vulcanus</i> Mateu, 1988	Moret, 2005
	<i>Oxytrechus zoiai</i> Casale & Sciaky, 1986	Moret, 2005

Género	Especie	Referencia
<i>Paratrechus</i> Jeannel, 1920	<i>Paratrechus alaoensis</i> Mateu, 1998	Moret, 1998; Moret 2005
	<i>Paratrechus austrinus</i> Moret, 2005	Moret, 2005
	<i>Paratrechus barri</i> Mateu, 1998	Moret, 1998; Moret 2005
	<i>Paratrechus boussingaulti</i> Mateu & Moret, 2001	Moret, 2005
	<i>Paratrechus collanensis</i> Mateu, 1998	Moret, 1998; Moret 2005
	<i>Paratrechus cubillini</i> Mateu & Moret, 2001	Moret, 2005
	<i>Paratrechus grandiceps</i> Ueno, 1968	Moret, 2005
	<i>Paratrechus gressitti</i> Ueno, 1968	Moret, 2005
	<i>Paratrechus mandurensis</i> Mateu, 1998	Moret, 1998; Moret 2005
	<i>Paratrechus matilei</i> Mateu & Moret, 2001	Moret, 2005
	<i>Paratrechus moreti</i> Mateu, 1998	Moret, 1998; Moret 2005
	<i>Paratrechus nigrilacus</i> Mateu & Moret, 2001	Moret, 2005
	<i>Paratrechus unisetosus</i> Mateu, 1998	Moret, 1998; Moret 2005
	<i>Paratrechus versutus</i> Mateu, 1998	Moret, 1998; Moret 2005
<i>Sericoda</i> Kirby, 1837	<i>Sericoda bembidioides</i> Kirby: Liebherr, 1991	Moret, 2005
	<i>Dromius decempunctatus</i> Reiche, 1842 (sinonimia)	
	<i>Sericoda decempunctata</i> (Reiche): Kirsch, 1889	Moret, 2005
<i>Incagonum</i> Liebherr, 1994	<i>Incagonum aeneum</i> Reiche: Liebherr 1994	Moret, 2005
	<i>Anchomenus fallax</i> Putzeys, 1878 (sinonimia)	
	<i>Anchomenus fallax</i> Putzeys, 1878 (sinonimia)	
	<i>Incagonum andicola</i> (Bates): Liebherr, 1994	Moret, 2005
	<i>Anchomenus (Agonum) andicola</i> Bates, 1891	Moret, 2005
<i>Agonum andicola</i> Moret, 1989	Moret, 2005	
<i>Glyptolenoides</i> Perrault, 1991	<i>Glyptolenoides azureus</i> Chaudoir, 1859	Moret, 2005
	<i>Colpodes azureus</i> Chaudoir, 1859	
	<i>Ophryodactylus purpureovarius</i> Motschulsky, 1864 (sinonimia)	
	<i>Glyptolenus azureus</i> (Chaudoir): Whitehead, 1974	
<i>Glyptolenoides balli</i> Moret, 2005	Moret, 2005	
<i>Dyscolus</i> Dejean 1831.	<i>Dyscolus algidus</i> Moret, 2005	Moret, 2005
	<i>Dyscolus alpinus</i> (Chaudoir): Moret, 1996	Moret, 2005
	<i>Colpodes alpinus</i> Chaudoir, 1878 (sinonimia)	
	<i>Colpodes alticola</i> Bates, 1891 (sinonimia)	
	<i>Dyscolus alticola</i> (Bates): Moret, 1990	Moret, 2005
	<i>Dyscolus altarensis</i> (Bates): Perrault, 1993	Moret, 2005
	<i>Dyscolus aquator</i> Moret, 2020	Moret, 2005; Moret, 2020
	<i>Dyscolus araneus</i> Moret, 2005	Moret, 2005
<i>Dyscolus arauzae</i> Moret, 2020	Moret, 2005; Moret, 2020	

Género	Especie	Referencia
	<i>Dyscolus arborarius</i> Moret, 2020	Moret, 2005; Moret, 2020
	<i>Dyscolus arcanus</i> Moret, 2005	Moret, 2005
	<i>Dyscolus arvalis</i> Moret, 2005	Moret, 2005
	<i>Dyscolus atkinsi</i> Moret, 2001	Moret, 2005
	<i>Dyscolus austerus</i> Moret, 2005	Moret, 2005
	<i>Dyscolus barragani</i> Moret, 2020	Moret, 2005; Moret, 2020
	<i>Dyscolus batesi</i> Moret, 2005	Moret, 2005
	<i>Dyscolus bliteus</i> Moret, 2005	Moret, 2005
	<i>Dyscolus bordoni</i> Moret, 1993	Moret, 2005
	<i>Dyscolus breviculus</i> Moret, 2001	Moret, 2005
	<i>Dyscolus bucculentus</i> Moret, 1990	Moret, 2005
	<i>Dyscolus cachectes</i> Moret, 2001	Moret, 2005
	<i>Dyscolus capsarius</i> Moret, 2005	Moret, 2005
	<i>Dyscolus carbonescens</i> Moret, 2005	Moret, 2005
	<i>Dyscolus cephalotes</i> (Chaudoir): Perrault, 1993 <i>Colpodes cephalotes</i> Chaudoir, 1878	Moret, 2005
	<i>Dyscolus cephalotes cephalotes</i> Chaudoir, 1878	Moret, 2005
	<i>Dyscolus cephalotes sirinae</i> Moret, 2005	Moret, 2005
	<i>Dyscolus crabbei</i> Moret, 1993	Moret, 2005
	<i>Dyscolus crassus</i> Moret, 1990	Moret, 2005
	<i>Dyscolus crassus andersoni</i> Moret, 2005	Moret, 2005
	<i>Dyscolus cursor</i> Moret, 2005	Moret, 2005
	<i>Dyscolus danglesi</i> Moret, 2020	Moret, 2005; Moret, 2020
	<i>Dyscolus defrictus</i> Moret, 1993	Moret, 2005
	<i>Dyscolus deuvei</i> Moret, 2005	Moret, 2005
	<i>Dyscolus diopsis</i> (Bates): Moret, 1990 <i>Colpodes diopsis</i> Bates, 1891 (sinonimia) <i>Colpodes steno</i> Bates, 1891 (sinonimia) <i>Colpodes steno var. retentus</i> Bates, 1891 (sinonimia)	Moret, 2005
	<i>Dyscolus desultor</i> Moret, 2005	Moret, 2005
	<i>Dyscolus desultor desultor</i> Moret, 2005	Moret, 2005
	<i>Dyscolus desultor vignai</i> Moret, 2005	Moret, 2005
	<i>Dyscolus denigratus</i> (Bates): Moret, 1990 <i>Colpodes denigratus</i> Bates, 1891 (sinonimia) <i>Dyscolus palatus</i> Moret, 1998 (sinonimia)	Moret, 2005
	<i>Dyscolus dupuisi</i> Moret, 2005	Moret, 2005
	<i>Dyscolus exsul</i> Moret, 2005	Moret, 2005
	<i>Dyscolus fertilis</i> Moret, 2005	Moret, 2005
	<i>Dyscolus famelicus</i> Moret, 2020	Moret, 2005; Moret, 2020
	<i>Dyscolus fronto</i> Moret, 1998	Moret, 1998; Moret 2005
	<i>Dyscolus fucatus</i> Moret, 2005	Moret, 2005
	<i>Dyscolus fucatus fucatus</i> Moret, 2005	Moret, 2005

Género	Especie	Referencia
	<i>Dyscolus fucatus defloccatus</i> Moret, 2005	Moret, 2005
	<i>Dyscolus funereus</i> Moret, 1990	Moret, 2005
	<i>Dyscolus furvus</i> Moret, 2005	Moret, 2005
	<i>Dyscolus fusipalpis</i> (Bates): Perrault, 1993 <i>Colpodes fusipalpis</i> Bates, 1891 (sinonimia)	Moret, 2005
	<i>Dyscolus gobbii</i> Moret, 2020	Moret, 2005; Moret, 2020
	<i>Dyscolus hapax</i> Moret, 2005	Moret, 2005
	<i>Dyscolus hebeculus</i> (Bates): Moret, 1990 <i>Colpodes hebeculus</i> Bates, 1891	Moret, 2005
	<i>Dyscolus hirsutus</i> Moret, 2005	Moret, 2005
	<i>Dyscolus immodicus</i> Moret, 2005	Moret, 2005
	<i>Dyscolus impiger</i> Moret, 2005	Moret, 2005
	<i>Dyscolus lacertosus</i> Moret, 1998	Moret, 1998; Moret 2005
	<i>Dyscolus involucer</i> Moret, 1994	Moret, 2005
	<i>Dyscolus involucer geodesicus</i> Moret, 1994	Moret, 2005
	<i>Dyscolus lignicola</i> Moret, 1994	Moret, 2005
	<i>Dyscolus lubricus</i> Moret, 2001	Moret, 2005
	<i>Dyscolus lucifuga</i> Moret, 1990	Moret, 2005
	<i>Dyscolus macerrimus</i> Moret, 2005	Moret, 2005
	<i>Dyscolus maleodoratus</i> Moret, 2005	Moret, 2005
	<i>Dyscolus marini</i> Moret, 2020	Moret, 2005; Moret, 2020
	<i>Dyscolus megacephalus</i> (Bates): Moret, 1989	Moret, 2005
	<i>Dyscolus mongusi</i> Moret, 2005	Moret, 2005
	<i>Dyscolus montivagus</i> Moret, 1998	Moret, 1998; Moret 2005
	<i>Dyscolus montufari</i> Moret, 2005	Moret, 2005
	<i>Dyscolus noctuabundus</i> Moret, 2020	Moret, 2005
	<i>Dyscolus nubilus</i> Moret, 2001	Moret, 2005
	<i>Dyscolus onorei</i> Moret, 1993	Moret, 2005
	<i>Dyscolus oopterooides</i> Chaudoir, 1878 <i>Colpodes oopterooides</i> Chaudoir, 1878 <i>Colpodes pustulosus</i> Bates, 1891 (sinonimia) <i>Colpodes pichincha</i> Bates, 1891 (sinonimia)	Moret, 2005
	<i>Dyscolus oreas</i> (Bates): Perrault, 1990 <i>Colpodes oreas</i> Bates, 1891	Moret, 2005
	<i>Dyscolus orthomus</i> (Chaudoir): Moret, 1989 <i>Colpodes orthomus</i> Chaudoir, 1878 (sinonimia)	Moret, 2005
	<i>Dyscolus otavaloensis</i> Perrault, 1993	Moret, 2005
	<i>Dyscolus patocochae</i> Moret, 2005	Moret, 2005
	<i>Dyscolus patroboides</i> (Bates): Perrault, 1990 <i>Colpodes patroboides</i> Bates, 1891 (sinonimia)	Moret, 2005
	<i>Dyscolus piscator</i> Moret, 2020	Moret, 2005; Moret, 2020
	<i>Dyscolus placitus</i> Moret, 2020	Moret, 2005; Moret, 2020

Género	Especie	Referencia
v	<i>Dyscolus pollens</i> Moret, 1990	Moret, 2005
	<i>Dyscolus portentosus</i> Moret, 2005	Moret, 2005
	<i>Dyscolus pullatus</i> Moret, 2005	Moret, 2005
	<i>Dyscolus pyrophilus</i> Moret, 2005	Moret, 2005
	<i>Dyscolus ravidus</i> Moret, 2020	Moret, 2005; Moret, 2020
	<i>Dyscolus robiginosus</i> Moret, 2005	Moret, 2005
	<i>Dyscolus rotundiceps</i> (Bates): Moret, 1990	
	<i>Colpodes rotundiceps</i> Bates, 1891 (sinonimia)	Moret, 2005
	<i>Colpodes piceolus</i> Bates, 1891 (sinonimia)	
	<i>Dyscolus riveti</i> Moret, 2001	Moret, 2005
	<i>Dyscolus rubellus</i> Moret, 1990	Moret, 2005
	<i>Dyscolus rugitarsis</i> Moret, 2020	Moret, 2005; Moret, 2020
	<i>Dyscolus ruminahui</i> Moret, 2005	Moret, 2005
	<i>Dyscolus salazarae</i> Moret, 2020	Moret, 2005; Moret, 2020
	<i>Dyscolus saxatilis</i> Moret, 1993	Moret, 2005
	<i>Dyscolus segnipes</i> Moret, 1990	Moret, 2005
	<i>Dyscolus sellularius</i> Moret, 2005	Moret, 2005
	<i>Dyscolus silvestris</i> Moret, 2020	Moret, 2005; Moret, 2020
	<i>Dyscolus sulcipedis</i> Moret, 2020	Moret, 2005; Moret, 2020
	<i>Dyscolus tapiarius</i> Moret, 2005	Moret, 2005
	<i>Dyscolus thecarum</i> Moret, 1998	Moret, 2005
	<i>Dyscolus trossulus</i> Moret, 2005	Moret, 2005
	<i>Dyscolus tuberosus</i> Moret, 2005	Moret, 2005
	<i>Dyscolus yanacocha</i> Moret, 2005	Moret, 2005
	<i>Dyscolus velox</i> Moret, 2005	Moret, 2005
	<i>Dyscolus verecundus</i> Moret, 1998	Moret, 2005
	<i>Dyscolus verecundior</i> Moret, 2020	Moret, 2005; Moret, 2020
	<i>Dyscolus verecundissimus</i> Moret, 2020	Moret, 2005; Moret, 2020
	<i>Dyscolus whymperi</i> Moret, 1998	
	<i>Colpodes seriepunctatus sensu</i> Bates, 1891	Moret, 2005
	<i>Dyscolus (Hydrodyscolus) brocchus</i> Moret, 1996	Moret, 2005
	<i>Dyscolus (Hydrodyscolus) capito</i> (Bates): Perrault, 1993	
	<i>Colpodes capito</i> Bates, 1891 (sinonimia)	Moret, 2005
	<i>Dyscolus (Hydrodyscolus) festinus</i> Moret, 2005	Moret, 2005
	<i>Dyscolus (Hydrodyscolus) hirsutus</i> Moret, 2005	Moret, 2005
	<i>Dyscolus (Hydrodyscolus) imbaburae</i> Moret, 2005	Moret, 2005
	<i>Dyscolus (Hydrodyscolus) irriguus</i> Moret, 2005	Moret, 2005
	<i>Dyscolus (Hydrodyscolus) laevilateris</i> (Bates): Perrault, 1990	
	<i>Colpodes laevilateris</i> Bates, 1891 (sinonimia)	Moret, 2005
	<i>Dyscolus (Hydrodyscolus) lutarius</i> Moret, 2005	Moret, 2005

Género	Especie	Referencia
	<i>Dyscolus (Hydrodyscolus) nocticolor</i> Moret, 2005	Moret, 2005
	<i>Dyscolus (Hydrodyscolus) sciakyi</i> Moret, 1996	Moret, 2005
	<i>Dyscolus (Hydrodyscolus) smithersi</i> Moret, 2001	Moret, 2005
	<i>Dyscolus (Hydrodyscolus) smithersi smithersi</i> Moret, 2005	Moret, 2005
	<i>Dyscolus (Hydrodyscolus) smithersi serotinus</i> Moret, 2005	Moret, 2005
	<i>Dyscolus (Hydrodyscolus) tiguensis</i> Moret, 2005	Moret, 2005
<i>Blennidus</i> Motschulsky, 1865	<i>Blennidus (Jasinskiellus) bellator</i> Moret, 2005	Moret, 2005
	<i>Blennidus (Sierrobium) amaluzanus</i> Moret, 2005	Moret, 2005
	<i>Blennidus (Sierrobium) casalei</i> Moret, 2005	Moret, 2005
	<i>Blennidus (Sierrobium) thoracatus</i> Moret, 2005	Moret, 2005
	<i>Blennidus (Sierrobium) viridans</i> Moret, 1995	Moret, 2005
	<i>Blennidus (Agraphoderus) andinus (Straneo)</i> : Moret, 1996	Moret, 2005
	<i>Ogmopleura (Agraphoderus) andinus</i> Straneo, 1991 (sinonimia)	
	<i>Blennidus (Agraphoderus) antisanae</i> (Bates): Moret, 1996	Moret, 2005
	<i>Pterostichus (Agraphoderus) antisanae</i> Bates, 1891 (sinonimia)	
	<i>Ogmopleura (Agraphoderus) antisanae</i> Bates: Straneo, 1991 (sinonimia)	
	<i>Pterostichus (Agraphoderus) machaicus</i> Straneo, 1971 (sinonimia)	
	<i>Ogmopleura (Agraphoderus) machaica quitana</i> Straneo, 1991 (sinonimia)	
	<i>Ogmopleura (Agraphoderus) colomai</i> Straneo, 1991 (sinonimia)	
	<i>Blennidus (Agraphoderus) atahualpa</i> Moret, 1996	Moret, 2005
	<i>Blennidus (Agraphoderus) balli (Straneo)</i> : Moret, 1996	Moret, 2005
	<i>Ogmopleura balli</i> Straneo, 1991 (sinonimia)	
	<i>Blennidus (Agraphoderus) chinchillanus</i> Moret, 2005	Moret, 2005
	<i>Blennidus (Agraphoderus) davidsonianus (Straneo)</i> : Moret, 1996	Moret, 2005
	<i>Ogmopleura (Agraphoderus) davidsoni</i> Straneo, 1991 (sinonimia)	
	<i>Blennidus (Sierrobium) davidsoni</i> Straneo, 1985 (Homónimo Secundario)	
	<i>Blennidus (Agraphoderus) ecuadorianus</i> Straneo, 1991	Moret, 2005
	<i>Ogmopleura ecuadoriana</i> Straneo, 1991 (sinonimia)	
	<i>Blennidus (Agraphoderus) ecuadorianus ecuadorianus</i> (Straneo): Moret, 1996	Moret, 2005
	<i>Blennidus (Agraphoderus) ecuadorianus altarensis</i> Moret, 1996	Moret, 2005
	<i>Blennidus (Agraphoderus) ecuadorianus viduus</i> Moret, 1996	Moret, 2005
	<i>Blennidus (Agraphoderus) gregarius</i> Moret, 1996	Moret, 2005
	<i>Blennidus (Agraphoderus) gregarius gregarius</i> Moret, 2016	Moret, 2005
	<i>Blennidus (Agraphoderus) gregarius pabulator</i> Moret, 1996	Moret, 2005
	<i>Blennidus (Agraphoderus) gregarius montivagus</i> Moret, 1996	Moret, 2005
	<i>Blennidus (Agraphoderus) andinus (Straneo)</i> : Moret, 1996	Moret, 2005
	<i>Ogmopleura (Agraphoderus) andinus</i> Straneo, 1991 (sinonimia)	
	<i>Blennidus (Agraphoderus) antisanae</i> (Bates): Moret, 1996	Moret, 2005
	<i>Pterostichus (Agraphoderus) antisanae</i> Bates, 1891 (sinonimia)	
	<i>Pterostichus (Agraphoderus) antisanae</i> Bates, 1891 (sinonimia)	
	<i>Pterostichus (Agraphoderus) machaicus</i> Straneo, 1971 (sinonimia)	
	<i>Ogmopleura (Agraphoderus) antisanae</i> Bates: Straneo, 1991 (sinonimia)	
	<i>Ogmopleura (Agraphoderus) machaica quitana</i> Straneo, 1991 (sinonimia)	
	<i>Ogmopleura (Agraphoderus) colomai</i> Straneo, 1991 (sinonimia)	
	<i>Blennidus (Agraphoderus) atahualpa</i> Moret, 1996	Moret, 2005
	<i>Blennidus (Agraphoderus) balli (Straneo)</i> : Moret, 1996	Moret, 2005
	<i>Ogmopleura balli</i> Straneo, 1991 (sinonimia)	
	<i>Blennidus (Agraphoderus) chinchillanus</i> Moret, 2005	Moret, 2005

Género	Especie	Referencia
	<i>Blennidus (Agraphoderus) davidsonianus (Straneo)</i> : Moret, 1996	
	<i>Blennidus (Sierrobius) davidsoni</i> Straneo, 1985 (Homónimo Secundario)	Moret, 2005
	<i>Ogmopleura (Agraphoderus) davidsoni</i> Straneo, 1991 (sinonimia)	
	<i>Blennidus (Agraphoderus) ecuadorianus</i> Straneo, 1991	Moret, 2005
	<i>Ogmopleura ecuadoriana</i> Straneo, 1991 (sinonimia)	
	<i>Blennidus (Agraphoderus) ecuadorianus ecuadorianus (Straneo)</i> : Moret, 1996	Moret, 2005
	<i>Blennidus (Agraphoderus) ecuadorianus altarensis</i> Moret, 1996	Moret, 2005
	<i>Blennidus (Agraphoderus) ecuadorianus viduus</i> Moret, 1996	Moret, 2005
	<i>Blennidus (Agraphoderus) gregarius</i> Moret, 1996	Moret, 2005
	<i>Blennidus (Agraphoderus) gregarius gregarius</i> Moret, 1996	Moret, 2005
	<i>Blennidus (Agraphoderus) gregarius pabulator</i> Moret, 1996	Moret, 2005
	<i>Blennidus (Agraphoderus) gregarius montivagus</i> Moret, 1996	Moret, 2005
	<i>Blennidus (Agraphoderus) integer (Bates)</i> : Moret, 1996	
	<i>Pterostichus (Agraphoderus) integer</i> Bates, 1891 (sinonimia)	
	<i>Ogmopleura (Agraphoderus) integra (Bates)</i> : Straneo, 1991 (sinonimia)	Moret, 2005
	<i>Ogmopleura (Agraphoderus) integra (Bates)</i> : Straneo, 1991 (sinonimia)	
	<i>Agraphoderus integer (Bates)</i> : Somme, Davidson, Onore, 1996 (sinonimia)	
	<i>Blennidus (Agraphoderus) liodes (Bates)</i> : Moret, 1996	
	<i>Pterostichus (Agraphoderus) liodes</i> Bates, 1891 (sinonimia)	Moret, 2005
	<i>Ogmopleura (Agraphoderus) liodes (Bates)</i> : Straneo, 1991 (sinonimia)	
	<i>Ogmopleura (Agraphoderus) liodes planoculis</i> Straneo, 1991 (sinonimia)	
	<i>Blennidus ohausi (Straneo)</i> : Moret, 1996	Moret, 2005
	<i>Ogmopleura (Agraphoderus) ohausi</i> Straneo, 1991 (sinonimia)	
	<i>Blennidus marlenae</i> Moret, 1995	Moret, 2005
	<i>Blennidus (Agraphoderus) mucronatus</i> Moret, 1996	Moret, 2005
	<i>Blennidus (Agraphoderus) parmatus</i> Moret, 1996	Moret, 2005
	<i>Blennidus (Agraphoderus) pichincae (Bates)</i> : Moret, 1996	
	<i>Pterostichus (Agraphoderus) pichincae</i> Bates, 1891 (sinonimia)	Moret, 2005
	<i>Ogmopleura (Agraphoderus) pichincae (Bates)</i> : Straneo, 1991 (sinonimia)	
	<i>Ogmopleura (Agraphoderus) venustula</i> Straneo, 1991 (sinonimia)	
	<i>Blennidus (Agraphoderus) sanchezi</i> Moret, 2005	Moret, 2005
	<i>Blennidus (Agraphoderus) sciakyi (Straneo)</i> : Moret, 1996	Moret, 2005
	<i>Ogmopleura (Agraphoderus) sciakyi</i> Straneo, 1991	
	<i>Blennidus (Agraphoderus) solivagus</i> Moret, 2005	Moret, 2005
	<i>Blennidus (Agraphoderus) strictibasis (Straneo)</i> : Moret, 1996	Moret, 2005
	<i>Ogmopleura (Agraphoderus) strictibasis</i> Straneo, 1991	
	<i>Blennidus (Agraphoderus) touzeti</i> Moret, 1996	Moret, 2005
	<i>Blennidus (Agraphoderus) vignai</i> Moret, 2005	Moret, 2005
<i>Dercylus</i> Castelnau, 1832	<i>Dercylus (Licinodercylus) cordicollis (Chaudoir)</i> : Moret & Bousquet, 1995	Moret, 2005
	<i>Physomerus cordicollis</i> Chaudoir, 1883	
	<i>Dercylus (Licinodercylus) gibber</i> Moret, 2005	Moret, 2005
	<i>Dercylus (Licinodercylus) granifer</i> Moret: Moret & Bousquet, 1995	Moret, 2005
	<i>Dercylus (Licinodercylus) onorei</i> Moret: Moret & Bousquet, 1995	Moret, 2005
	<i>Dercylus (Licinodercylus) orbiculatus</i> Moret: Moret & Bousquet, 1995	Moret, 2005
	<i>Dercylus (Licinodercylus) screator</i> Moret: Moret & Bousquet, 1995	Moret, 2005
	<i>Dercylus (Licinodercylus) praepilatus</i> Moret: Moret & Bousquet, 1995	Moret, 2005

Género	Especie	Referencia
Notiobia Perty, 1830	<i>Notiobia (Anisotarsus) bradyoides</i> (Bates): Noonan, 1981	Moret, 2005
	<i>Anisotarsus bradyoides</i> Bates, 1891	
	<i>Notiobia (Anisotarsus) peruviana</i> Dejean: Noonan, 1981	Moret, 2005
	<i>Harpalus peruvianus</i> Dejean, 1829	
	<i>Anisotarsus peruvianus</i> (Dejean): Bates 1891 (sinonimia)	
	<i>Anisotarsus stubeli</i> Van Emden, 1953	Moret, 2005
Pematellus Bates, 1882	<i>Pematellus andium</i> Bates, 1891	Moret, 2005
	<i>Pematellus caeruleus</i> Moret, 2005	Moret, 2005
	<i>Pematellus columbianus</i> (Reiche): Moret, 2000	Moret, 2005
	<i>Pematellus cuencanus</i> Moret, 2000	Moret, 2005
	<i>Pematellus espeletiarum</i> Moret, 2000	Moret, 2005
	<i>Pematellus gracilis</i> Moret, 2000	Moret, 2005
	<i>Pematellus inca</i> Moret, 2000	Moret, 2005
	<i>Pematellus laticlavus</i> Moret, 2000	Moret, 2005
	<i>Pematellus martinezi</i> Moret, 2000	Moret, 2005
	<i>Pematellus obesus</i> Moret, 2000	Moret, 2005
	<i>Pematellus polylepis</i> Moret, 2000	Moret, 2005
	<i>Pematellus variipes</i> Bates, 1891	Moret, 2005
	<i>Pematellus guachalensis</i> Bates 1891 (sinonimia)	
Bradycellus Erichson, 1837	<i>Bradycellus aequatorius</i> Moret, 2001	Moret, 2005
	<i>Bradycellus martinezi</i> Moret, 2001	Moret, 2005
	<i>Bradycellus youngi</i> Moret, 2001	Moret, 2005
<i>Lebia</i> Latreille, 1802	<i>Lebia paramicola</i> Moret, 2005	Moret, 2005
Mimodromius Chaudoir, 1873	<i>Mimodromius equatorianus</i> Mateu, 1970	Moret, 2005
	<i>Mimodromius leleupi</i> Mateu, 1972	Moret, 2005
	<i>Mimodromius leleupi</i> Mateu, 1970	Moret, 2005
	<i>Mimodromius equatorianus</i> Mateu, 1970	Moret, 2005

Dada su incapacidad de volar hace que su rango de distribución sea reducido, propiciando al endemismo, rasgo por el cual, cualquier cambio ambiental, altera la dinámica de sus comunidades, lo cual los convierte en indicadores biológicos muy valiosos para los entomólogos y ecólogos (Moret 2009). Sin embargo, siendo Ecuador un país con una amplia diversidad, todavía se sabe bastante poco sobre ciertos temas que, en otras latitudes se tiene investigaciones sobre los mismos. Mencionaré algunos temas en particular: asociaciones con arañas (Gobbi y Brambilla 2016, Gobbi et al. 2017); asociaciones con quironómidos (Lencioni y Gobbi 2018); asociaciones con plantas (da Matta et al. 2017); bioindicadores (Rainio y Niemelä 2003); contenidos estomacales (Hatteland et al. 2011, Jelaska et al. 2014); contaminación con metales (Pizzolotto et al. 2013); ensamblaje de comunidades (Negro et al. 2007); ecología y conservación (Pizzolotto et al. 2003, Lövei 2008); filogenias (Ober 2002, Maddison et al. 2019); interacción con el ambiente (Wikars 1997, Butterfield 1997, Wikars y Schimmel 2001, Gongalsky et al. 2003, Gongalsky et al. 2006, Gobbi et al. 2007); patrones de diversidad (Brandmayr et al. 2003); rangos altitudinales (Maveety et al. 2011, Pizzolotto et al. 2016); revisiones (Kotze et al. 2011).

Comentario final

Los Carabidae tienen importancia histórica dentro del orden por su abundancia, diversidad y adaptaciones. El avance de los estudios taxonómicos de los Carabidae desde Humboldt hasta Pierre Moret, han proporcionado un robusto inventario de biodiversidad y ecología de la PUCE, (más de 204 especies, en especial con Carabidae de páramos), además de las ventajas que presenta como bioindicador, hacen de los Carabidae de los páramos y superpáramos de los Andes, un grupo de insectos propicios para poder estudiar los efectos del Cambio Climático,

la contaminación ambiental, efectos de turismo, incendios, sobrepastoreo y también estudios básicos sobre biogeografía, ecología, fisiología. La información presentada en esta revisión es una lista de especies descritas, así como registradas en Ecuador hasta 2023, con base en estudios publicados. Se espera en el futuro poder abordar otros aspectos que aún permanecen ocultos en la biología de estos organismos, por ende, se estima que el número de especies actualmente mencionadas es muy inferior a la diversidad real.

Referencias Bibliográficas

- Acosta-Solís M. 1968. Divisiones fitogeográficas y formaciones geobotánicas de Ecuador. Quito: Casa de la Cultura Ecuatoriana.
- Aráuz M de los Á. 2013. Cambio climático e insectos: Elaboración de una línea base con Carabidae de altura. Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Arndt E, Kirmse S. 2002. Adaptation to seed-feeding in ground beetles (Coleoptera: Carabidae: Harpalini) of south Venezuela. *Stud Neotrop Fauna Environ.* 37(2):151–157. doi:10.1076/snfe.37.2.151.8581.
- Barber HS. 1931. Traps for cave inhabiting insects. *J Elisha Mitchell Sci Soc.* 46:259–266.
- Barragán AR, Dangles O, Cardenas RE, Onore G. 2009. The History of Entomology in Ecuador. *Ann la Soc Entomol Fr.* 45(4):410–423. doi:10.1080/00379271.2009.10697626.
- Bates HW. 1892. Coleoptera. In: Whymper, E. Supplementary appendix to travels amongst the great Andes of the Equator. London Uk: John Murray.
- Bell RT. 1999. Rhysodini. [accessed 2020 Feb 25]. <http://tolweb.org/Rhysodini/67/1999.12.14>.
- Beutel RG. 1998. Trachypachidae and the phylogeny of Adephaga (Coleoptera). In: Ball GE, Casale A, Vigna Taglianti, A, editores. *Phylogeny and classification of Caraboidea (Coleoptera: Adephaga)*. Proceedings of a Symposium XX International congress of entomology. Florencia: Museo Regionale de Scienze Naturali (ATTI). p. 543.
- Beutel RG, Kristensen N. 2005. *Handbook of Zoology: Morphology and Systematics (Archostemata, Adephaga, Myxophaga)*. Berín: Walter de Gruyter.
- Beutel RG, Ribera I, Fikáček M, Vasilikopoulos A, Misof B, Balke M. 2019. The morphological evolution of the Adephaga (Coleoptera). *Syst Entomol.* 45(2):378–395. doi:10.1111/syen.12403.
- Beutel RG, Yan E, Richter A, Büsse S, Miller KB, Yavorskaya M, Wipfler B. 2017. The head of *Heterogyrus milloti* (Coleoptera: Gyrinidae) and its phylogenetic implications. *Arthropod Syst Phylogeny.* 75(2):261–280.
- Borror DJ, Triplehorn CH JN. 1989. *An introduction to the study of Insects*. 6ta Edició. Philadelphia: Saunders College Publishing.
- Bousquet Y. 2012. Catalogue of Geadephaga (Coleoptera, Adephaga) of America, North of Mexico. *Zookeys.* 245:1–1722. doi:10.3897/zookeys.245.3416.
- Brambilla M, Gobbi M. 2014. A century of chasing the ice: Delayed colonisation of ice-free sites by ground beetles along glacier forelands in the Alps. *Ecography (Cop).* 37(1):33–42. doi:10.1111/j.1600-0587.2013.00263.x.
- Brandmayr P, Pizzolotto R, Scalercio S, Algieri MC, Zetto T. 2003. Diversity Patterns of Carabids in the Alps and the Apennines. :307–317. doi:10.1007/978-3-642-18967-8_17.

- Buchholz S, Jess AM, Hertenstein F, Schirmel J. 2010. Effect of the colour of pitfall traps on their capture efficiency of carabid beetles (Coleoptera: Carabidae), spiders (Araneae) and other arthropods. *Eur J Entomol.* 107:277–280. doi:10.14411/eje.2010.036.
- Butterfield J. 1997. Carabid community succession during the forestry cycle in conifer plantations. *Ecography (Cop).* 20(6):614–625. doi:10.1111/j.1600-0587.1997.tb00430.x.
- Campos Ribadeneira F. 1926. Contribución al estudio de los Insectos del Callejón interandino. *Rev del Col Nac Vicente Rocafuerte, Guayaquil.* 8:1–40.
- Cañadas L. 1983. El mapa bioclimático y ecológico del Ecuador. Quito: Banco Central del Ecuador.
- Casale A, Sciaky R. 1986. Un nuovo *Oxytrechus* dell'Ecuador (Coleoptera, Carabidae). *Boll del Mus Reg di Sci Nat - Torino.* 4(2):483–488.
- Chaudoir M. 1878. Révision des genres *Onychopterygia*, *Dicranoncus* et *Colpodes*. *Ann la Société Entomol Fr.* 8(5):275–382.
- Choate P. 1999. Introduction to the Identification of Beetles (Coleoptera). *Dichotomous Keys to Some Fam Florida Coleopt.*:23–33.
- Costa C, Vanin S, Casari-Chen S. 1988. Larvas de Coleoptera do Brasil. Brasil: Museu de Zoologia, Universidade de São Paulo.
- Cuatrecasas J. 1958. Aspectos de la vegetación natural de Colombia. *Rev la Acad Colomb Ciencias Exactas.* 10:221–264.
- Davies KF, Margules CR. 1998. Effects of habitat fragmentation on carabid beetles: Experimental evidence. *J Anim Ecol.* 67(3):460–471. doi:10.1046/j.1365-2656.1998.00210.x.
- Deuve T. 2001. Nouveaux Trechinae des Philippines, du Sikkim, du Népal, de la Chine et de l'Equateur (Coleoptera, Trechidae). *Bull la Société Entomol Fr.* 106(1):43–50.
- Deuve T. 2002. Nouveaux Trechinae et Bembidiinae de l'Equateur, de la Chine et du Laos [Coleoptera, Trechidae]. *Rev française d'Entomologie.* 24(3):151–160.
- Donoso DA, Salazar F, Maza F, Cárdenas RE, Dangles O. 2009. Diversity and distribution of type specimens deposited in the Invertebrate section of the Museum of Zoology QCAZ, Quito, Ecuador. *Ann la Société Entomol Fr.* 45(4):437–454. doi:10.1080/00379271.2009.10697628.
- Erwin TL. 1979. Review of the natural history and evolution of ectoparasitoid relationships in carabid beetles. In: Erwin TL, Ball GE, Whitehead DR, Halpern AL, editores. *Carabid Beetles: Their Evolution, Natural History, and classification.* Dr W Junk Publisher. p. 479–484.
- Erwin TL. 1991. Natural history of the carabid beetles at the BIOLAT Biological Station, Rio Manu, Pakitza, Peru. *Rev Peru Entomol.* 33:1–85.
- Erwin TL, Ball GE, Whitehead DR, Halpern AL. 1979. Carabid beetles: their evolution, natural history, and classification *Proceedings of the first International Symposium of Carabidology.* The Hague: Dr. W. Junk.
- Erwin TL, Zamorano LS. 2014. A synopsis of the tribe Iachnophorini, with a new genus of neotropical distribution and a revision of the neotropical genus *Asklepia* Liebke, 1938 (Insecta, Coleoptera, Carabidae). *Zookeys.* 108:1–108. doi:10.3897/zookeys.430.8094.
- Forsythe TG. 1982. The Coleopterists Society. *Coleopt Bull.* 36(1):26–73. doi:10.1649/0010-065x-72.1.215.

- Giglio A, Brandmayr P, Talarico F, Brandmayr TZ. 2011. Current knowledge on exocrine glands in carabid beetles: Structure, function and chemical compounds. *Zookeys*. 100:193–201. doi:10.3897/zookeys.100.1527.
- Gobbi M, Ballarin F, Brambilla M, Compostella C, Isaia M, Losapio G, Maffioletti C, Seppi R, Tampucci D, Caccianiga M. 2017. Life in harsh environments: carabid and spider trait types and functional diversity on a debris-covered glacier and along its foreland. *Ecol Entomol*. 42(6): 838–848. doi:10.1111/een.12456.
- Gobbi M, Barragán Á, Brambilla M, Moreno E, Pruna W, Moret P. 2018. Hand searching versus pitfall trapping: how to assess biodiversity of ground beetles (Coleoptera: Carabidae) in high altitude equatorial Andes? *J Insect Conserv*. 22(3–4):533–543. doi:10.1007/s10841-018-0082-8. <http://dx.doi.org/10.1007/s10841-018-0082-8>.
- Gobbi M, Brambilla M. 2016. Patterns of spatial autocorrelation in the distribution and diversity of carabid beetles and spiders along Alpine glacier forelands. *Ital J Zool*. 83(4):600–605. doi:10.1080/11250003.2016.1223186.
- Gobbi M, Rossaro B, Vater A, De Bernardi F, Pelfini M, Brandmayr P. 2007. Environmental features influencing Carabid beetle (Coleoptera) assemblages along a recently deglaciated area in the Alpine region. *Ecol Entomol*. 32(6):682–689. doi:10.1111/j.1365-2311.2007.00912.x.
- Gongalsky KB, Midtgaard F, Overgaard HJ. 2006. Effects of prescribed forest burning on carabid beetles (Coleoptera : Carabidae): a case study in south-eastern Norway. *Entomol Fenn*. 17(3): 325–333. doi:10.1109/TIFS.2015.2512559.
- Gongalsky KB, Wikars LO, Persson T. 2003. Dynamics of pyrophilous carabids in a burned pine forest in Central Sweden. *Balt J Coleopterol*. 3(2):107–111.
- Gustafson GT, Prokin AA, Bukontaite R, Bergsten J, Miller KB. 2017. Tip-dated phylogeny of whirligig beetles reveals ancient lineage surviving on Madagascar. *Sci Rep*. 7(1):8619. doi:10.1038/s41598-017-08403-1. <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-017-08403-1>.
- Harling G. 1979. The vegetation types of Ecuador: A brief survey. In: Larsen K. y Holm-Nielsen L. *Tropical Botany*. Londres: Academic Press.
- Hatteland BA, Symondson WOC, King RA, Skage M, Schander C, Solhøy T. 2011. Molecular analysis of predation by carabid beetles (Carabidae) on the invasive Iberian slug *Arion lusitanicus*. *Bull Entomol Res*. 101(6):675–686. doi:10.1017/S0007485311000034.
- Holland JM, Luff ML. 2000. The effects of agricultural practices on Carabidae in temperate agroecosystems. *Integr Pest Manag Rev*. 5(2):109–129. doi:10.1023/A:1009619309424.
- Honek A, Martinkova Z, Jarosik V. 2003. Ground beetles (Carabidae) as seed predators. *Eur J Entomol*. 100(4):531–544. doi:10.14411/eje.2003.081.
- Jeannel R. 1927. Monographie des Trechinae (deu-xième livraison). *L´Abeille*. 33:1–592.
- Jelaska LŠ, Franjević D, Jelaska SD, Symondson WOC. 2014. Prey detection in carabid beetles (Coleoptera: Carabidae) in woodland ecosystems by PCR analysis of gut contents. *Eur J Entomol*. 111(5):631–638. doi:10.14411/eje.2014.079.
- Kipling W, Maddison DR. Harpalinae. [accessed 2020 Feb 25]. <http://tolweb.org/Harpalinae/100/2006.07.07>.
- Kotze JD, Brandmayr P, Casale A, Dauffy-Richard E, Dekoninck W, Koivula MJ, Lövei GL, Mossakowski D, Noordijk J, Paarmann W, et al. 2011. Forty years of carabid beetle research in Europe - from

taxonomy, biology, ecology and population studies to bioindication, habitat assessment and conservation. *Zookeys*. 100:55–148. doi:10.3897/zookeys.100.1523.

Lancaster J, Downes BJ. 2013. *Aquatic Entomology*. 1era Edici. United Kingdom: Oxford University Press.

Leleup N. 1968. *Mission Zoologique Belge aux Îles Galápagos et en Ecuador, 1964-1965: Résultats scientifiques*, I, Fondation Charles Darwin pour les Galapagos. Bruxelles.

Lencioni V, Gobbi M. 2018. Do carabids (Coleoptera: Carabidae) and chironomids (Diptera: Chironomidae) exhibit similar diversity and distributional patterns along a spatio-temporal gradient on a glacier foreland? *J Limnol*. 77:187–195. doi:10.4081/jlimnol.2018.1794.

León-Yáñez S. 1993. *Estudio ecológico y fitogeográfico de la vegetación del páramo de Guamaní, Pichincha-Napo, Ecuador*. Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

Lietti M, Montero G, Faccini D, Nisensohn L. 2000. Evaluación del consumo de semillas de malezas por *Notiobia (Anisotarsus) cupripennis* (Germ.) (Coleoptera: Carabidae). *Pesqui Agropecu Bras*. 35(2):331–340. doi:10.1590/s0100-204x2000000200012.

Lindroth CH. 1954. Die larve von *Lebia chlorocephala* Hoffm. (Coleoptera: Carabidae). *Opusc Entomol*. 19:29–33.

Lorenz W. 1998. Systematic list of extant ground beetles of the world (insecta, Coleoptera "Geodephaga": Trachypachidae and Carabidae incl. Paussinae, Cicindelinae, Rhysidinae). Germany: Privately published, Tutzing.

Lövei G. L. 2008. Ecology and conservation biology of ground beetles (Coleoptera: Carabidae) in an age of increasing human dominance.

Lövei G. L, Sunderland KD. 1996. Ecology and behavior of ground beetles. *Annu Rev Entomol*. 41(1):231–256. doi:10.1146/annurev.en.41.010196.001311.

Maddison DR. 1995. Adepaga. [accessed 2020 Feb 25]. <http://tolweb.org/Adepaga/8875/1995.01.01>.

Maddison DR, Toledano L. 2012. A new species of *Bembidion* (Ecuadorian) from Ecuador (Coleoptera, Carabidae, Bembidiini), with a key to members of the georgeballi species group. *ZooKeys* 249: 51–60. doi: 10.3897/zookeys.249.4149

Maddison DR, Kanda K, Boyd OF, Faille A, Porch N, Erwin TL, Roig-Juñent S. 2019. Phylogeny of the beetle supertribe Trechitae (Coleoptera: Carabidae): Unexpected clades, isolated lineages, and morphological convergence. *Mol Phylogenet Evol*. 132:151–176. doi:10.1016/j.ympev.2018.11.006.

Martínez C. 2005. *Introducción a los escarabajos Carabidae (Coleoptera) de Colombia*. Bogotá D. C., Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt.

Martínez C, Ball GE. 2003. Los Platynini (Coleoptera: Carabidae) de Colombia. *Biota Colomb*. 4(2):175–186.

Mateu J. 1970. Sur un nouveau *Mimodromius* (Col. Carabidae Lebiinae) des montagnes de l'Ecuador. *Mission Zoologique Belge aux Îles Galápagos et en Ecuador*. Bruxelles. 2:173–179.

Mateu J. 1988. Nouvelles espèces du genre *Oxytrechus* Jeannel récoltées en Equateur (Coleoptera, Carabidae). *Nouv Rev d'Entomologie*. 5(4):305–313.

- Mateu J. 1991. Sur le genre *Oxytrechus* Jeannel, 1927, avec la description de nouvelles espèces de l'Équateur et de la Colombie (Coleoptera, Carabidae, Trechinae). *Eos* (Washington DC). 67:71–83.
- Mateu J. 1998. Contribution à la connaissance du genre *Paratrechus* Jeannel (Coleoptera, Carabidae, Trechini). *Nouv Rev d'Entomologie*. 15(4):371–390.
- Mateu J, Moret P. 2001. Cinq nouveaux *Paratrechus* de l'Équateur [Coleoptera, Carabidae, Trechini]. *Rev française d'Entomologie*. 23(1):93–100.
- da Matta DH, Cividanes FJ, Silva RJ, Batista MN, Otuka AK, Correia ET, de Matos STS. 2017. Hábito alimentar de Carabidae (Coleoptera) associado com plantas herbáceas e fenologia de algodão colorido. *Acta Sci - Agron*. 39(2):135–142. doi:10.4025/actasciagron.v39i2.32593.
- Maveety SA, Browne RA, Erwin TL. 2011. Carabidae diversity along an altitudinal gradient in a Peruvian cloud forest (Coleoptera). *Zookeys*. 147:651–666. doi:10.3897/zookeys.147.2047.
- McKenna DD, Shin S, Ahrens D, Balke M, Beza-Beza C, Clarke DJ, Donath A, Escalona HE, Friedrich F, Letsch H, et al. 2019. The evolution and genomic basis of beetle diversity. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 116(49):24729–24737. doi:10.1073/pnas.1909655116.
- Mckenna DD, Wild AL, Kanda K, Bellamy CL, Beutel RG, Caterino MS, Farnum CW, Hawks DC, Ivie MA, Jameson ML, et al. 2015. The beetle tree of life reveals that Coleoptera survived end-Permian mass extinction to diversify during the Cretaceous terrestrial revolution. *Syst Entomol*. 40(4):835–880. doi:10.1111/syen.12132.
- Meijer J. 1975. Carabid (Coleoptera, Carabidae) migration studied with Laboulbeniales (Ascomycetes) as biological tags. *Oecologia*. 19(2):99–103. doi:10.1007/BF00369094.
- Menéndez R, González-Megías A, Jay-Robert P, Marquéz-Ferrando R. 2014. Climate change and elevational range shifts: Evidence from dung beetles in two European mountain ranges. *Glob Ecol Biogeogr*. 23(6):646–657. doi:10.1111/geb.12142.
- Moret P. 1989a. Un Migadopidae sans strie surnuméraire des Andes de l'Équateur: *Aquilex diabolicola* gen. nov., sp. nov. (Coleoptera, Caraboidea). *Nouv Rev d'Entomologie*. 6(3):245–257.
- Moret P. 1989b. Le genre *Agonum* Bonelli en Equateur (Coleoptera, Carabidae). *Elytron*. 3:69–77.
- Moret P. 1990a. Les *Dyscolus* de l'Équateur: nouvelles espèces et nouvelles données faunistiques (Coleoptera, Caraboidea, Platyninae). *Boll del Mus Reg di Sci Nat - Torino*. 8(1):197–213.
- Moret P. 1990b. Les *Dyscolus* équatoriens du groupe *bucculentus* sp. nov. (Coleoptera, Harpalidae). *Nouv Rev d'Entomologie*. 7(3):271–281.
- Moret P. 1990c. Volcanisme et spéciation dans les Andes: à propos de deux nouveaux *Dyscolus* orophiles [Col. Caraboidea Platyninae]. *Bull la Société Entomol Fr*. 95(5–6):169–174.
- Moret P. 1993. Les *Dyscolus* de l'Équateur: révision des espèces à élytres achètes (1ère partie) [Coleoptera, Harpalidae, Platyninae]. *Rev française d'Entomologie*. 15(1):1–13.
- Moret P. 1995. Contribution à la connaissance du genre néotropical *Blennidus* Motschulsky, 1865. 1ère partie (Coleoptera, Harpalidae, Pterostichinae). *Bull la Société Entomol Fr*. 100(5):489–500.
- Moret P. 1996a. Mise au point taxinomique sur le genre *Dyscolus* Dejean et description de cinq espèces nouvelles (Caraboidea, Harpalidae, Platynini). *Boll del Mus Reg di Sci Nat - Torino*. 14(1):491–503.
- Moret P. 1996b. Trois nouvelles synonymies dans le genre *Dyscolus* (Col. Caraboidea). *Nouv Rev d'Entomologie*. 13(3):282.

- Moret P. 1996c. Contribution à la connaissance du genre néotropical *Blennidus* Motschulsky, 1865. 2ème partie (Coleoptera, Harpalidae, Pterostichinae). Rev française d'Entomologie. 18(1):1–10.
- Moret P. 1998. Les *Dyscolus* de la zone périglaciaire des Andes équatoriennes (Coleoptera, Harpalidae, Platyninae). Bull la Société Entomol Fr. 103(1):11–28.
- Moret P. 2000. Le genre *Pelmatellus* Bates dans l'étage montagnard des Andes équatoriales (Coleoptera, Carabidae, Harpalini). Nouv Rev d'Entomologie. 17(1):215–232.
- Moret P. 2001. El género *Bradycellus* Erichson, 1837 en los Andes de Ecuador (Coleoptera: Carabidae: Harpalini). Zapateri - Rev Aragon Entomol. 9:25–29.
- Moret P. 2005. Los coleópteros Carabidae del páramo en los Andes del Ecuador. Sistemática, ecología y biogeografía. Pontif Univ Católica del Ecuador.
- Moret P. 2009. Altitudinal distribution, diversity and endemism of carabidae (coleoptera) in the páramos of ecuadorian andes. Ann la Soc Entomol Fr. 45(4):500–510. doi:10.1080/00379271.2009.10697632.
- Moret P, Aráuz M de los Á, Gobbi M, Barragán Á. 2016. Climate warming effects in the tropical Andes: first evidence for upslope shifts of Carabidae (Coleoptera) in Ecuador. Insect Conserv Divers. 9(4):342–350. doi:10.1111/icad.12173.
- Moret P, Barragán, Moreno E, Cauvy-Fraunié S, Gobbi M. 2020. When the Ice Has Gone: Colonisation of Equatorial Glacier Forelands by Ground Beetles (Coleoptera: Carabidae). Neotrop Entomol. 49(2):213–226. doi:10.1007/s13744-019-00753-x.
- Moret P, Bousquet Y. 1995. Le sous-genre *Dercylus* (*Licinodercylus*) Kuntzen, 1912: position systématique, révision des espèces et description de la larve (Carabidae, Dercylini). Can Entomol. 127:753–798.
- Moret P, Murielle J. 2020. Integrative taxonomy of the genus *dyscolus* (Coleoptera, carabidae, platynini) in ecuadorian andes. Eur J Taxon. 2020(646):1–55. doi:10.5852/ejt.2020.646.
- Moret P, Toledano L. 2002. Ecuadion, nouveau sous-genre de *Bembidion* Latreille du páramo équatorien (Coleoptera, Carabidae, Bembidiini). Boll del Mus Civ di Stor Nat di Venezia. 53:155–205.
- Negro M, Casale A, Migliore L, Palestrini C, Rolando A. 2007. The effect of local anthropogenic habitat heterogeneity on assemblages of carabids (Coleoptera, Caraboidea) endemic to the Alps. Biodivers Conserv. 16(13):3919–3932. doi:10.1007/s10531-007-9199-x.
- Noonan GR. 1981a. South American species of the subgenus *Anisotarsus* Chaudoir (genus *Notiobia* Perty: Carabidae: Coleoptera). Part I: Taxonomy and Natural History. Milwaukee Public Museum, Contrib Biol Geol. 44:1–84.
- Noonan GR. 1981b. South American species of the subgenus *Anisotarsus* Chaudoir (genus *Notiobia* Perty: Carabidae: Coleoptera). Part II: Evolution and biogeography. Milwaukee Public Museum, Contrib Biol Geol. 45:1–117.
- Ober KA. 2002. Phylogenetic relationships of the carabid subfamily Harpalinae (Coleoptera) based on molecular sequence data. Mol Phylogenet Evol. 24(2):228–248. doi:10.1016/S1055-7903(02)00251-8.
- Ober KA, Heider TN. 2010. Phylogenetic diversification patterns and divergence times in ground beetles (Coleoptera: Carabidae: Harpalinae). BMC Evol Biol. 10(1):262. doi:10.1186/1471-2148-10-262.

- Papavero N, Llorente-Bousquets J, Schrocchi G, Espinosa Organist D. 1995. Historia de la biología comparada desde el génesis hasta el siglo de las luces. UNAM.
- Perrault G-G. 1991. Etudes sur les Carabidae des Andes septentrionales. VIII. Démembrement du genre *Glyptolenus* Bates et description d'un genre voisin (Coleoptera). *Nouv Rev d'Entomologie*. 8(1):43–59.
- Pizzolotto R, Albertini A, Gobbi M, Brandmayr P. 2016. Habitat diversity analysis along an altitudinal sequence of alpine habitats: The carabid beetle assemblages as a study model. *Period Biol*. 118(3):241–254. doi:10.18054/pb.2016.118.3.3924.
- Pizzolotto R, Brandmayr P, Mazzei A. 2003. Carabid beetles in a Mediterranean Region: biogeographical and ecological features. *Eur Carabidology 2003 Proc 11th Eur Carabidologist Meet*. 114:243–254.
- Pizzolotto R, Cairns W, Barbante C. 2013. Pilot research on testing the reliability of studies on carabid heavy metals contamination. *Balt J Coleopterol*. 13(1):1–13.
- Pizzolotto R, Gobbi M, Brandmayr P. 2014. Changes in ground beetle assemblages above and below the treeline of the Dolomites after almost 30 years (1980/2009). *Ecol Evol*. 4(8):1284–1294. doi:10.1002/ece3.927.
- Ponomarenko AG. 1977. Suborder Adephaga. In: Arnoldi LV, Zherikin VV, Nikritin LM, Ponomarenko AG, editores. Moscow: Trudy paleontologicheskogo Instituta Akademii Nauk SSSR. p. 1–204.
- Rainio J, Niemelä J. 2003. Ground beetles (Coleoptera: Carabidae) as bioindicators. *Biodivers Conserv*. 12, 487–506. *Biodivers Conserv*. 12(3):487–506.
- Ramsay PM, Oxley ERB. 1997. The growth form composition of plant communities in the Ecuadorian paramos. *Plant Ecol*. 131(2):173–192. doi:10.1023/A:1009796224479.
- Régnière J. 2009. Predicción de la distribución continental de insectos a partir de la fisiología de las especies. *Unasylla*. 60:37–42.
- Ross H, Arnet R. 2000. *American Insects: A Handbook of the Insects of America North of Mexico*. 2da Edició. United States: CRC Press.
- Rossi W, Santamaria S. 2008. New Laboulbeniales parasitic on endogean ground beetles. *Mycologia*. 100(4):636–641. doi:10.3852/07-081R.
- Scampini E, Cichino A, Centeno N. 2002. Especies de Carabidae (Coleoptera) Asociadas a Cadáveres de Cerdo (*Sus scrofa*) en Santa Catalina (Buenos Aires, Argentina). *Rev la Soc Entomológica Argentina*. 61(3–4):85–88.
- Schlötterer C. 2004. The evolution of molecular markers — just a matter of fashion? *Nat Rev*. 5(2):63–69. doi:10.1016/j.actao.2011.01.003.
- Sciaky R. 1994. *Zoianillus acutipennis* n. gen. n. sp. from Ecuador (Coleoptera, Carabidae, Bembidiinae). *Nouv Rev d'Entomologie*. 11:91–298.
- Søome L, Davidson R, Onore G. 1996. Adaptations of insects at high altitudes of Chimborazo, Ecuador. *Eur J Entomol*. 93:313–318.
- Straneo S. 1971. Sul grupo degli *Agrophoderus* Bates (Coleoptera, Carabidae). *Boll della Soc Entomol Ital*. 103:137–142.
- Sunderland KD. 2002. Invertebrate Pest Control by Carabids. In: Holland JM. *The Agroecology of Carabid Beetles*. Andover: Hampshire. p. 165–214.

- Thacker JRM. 1996. Carabidologist and fragmented hábitats. *Tree*. 11(3):103–104.
- Thompson RG. 1979. Larvae of North American Carabidae with a key to the tribes. In: Erwin TL, Ball GE, Whitehead DR, Halpern AL, editores. *Carabid beetles: their evolution, natural history, and classification* (Proceedings of the First International Symposium of Carabidology, Smithsonian Institution. Washington D.C.: The Hague: Dr. W. Junk Publishers. p. 634.
- Toledano L. 2008. Systematic notes on the Bembidiina of the northern Andes with particular reference to the fauna of Ecuador (Coleoptera, Carabidae). *Memoirs on Biodiversity* 1: 81–130.
- Uéno S. 1968. Ocurrance of two new *Paratrechus* (Coleoptera, Trechinae) in Ecuador. *Bull Natl Sci Museum Tokyo*. 11:341–349.
- Vigna Taglianti A, Toledano L (2008) *Bembidion* (*Ecuadorion*) *agonoides* n. sp. from Ecuador (Coleoptera, Carabidae, Bembidiina). *Memoirs on Biodiversity*. 1: 77–80.
- White WH, Erwin TL, Viator BJ. 2012. *Leptotrachelus dorsalis* (Coleoptera: Carabidae): A Candidate Biological Control Agent of the Sugarcane Borer in Louisiana . *Florida Entomol*. 95(2):261–267. doi:10.1653/024.095.0203.
- Whympers E. 1892. *Travels amongst the great Andes of the Equator*. London Uk: John Murray.
- Wikars L-O. 1997. Effects of forest fire and the ecology of fire-adapted insects. *Comprehensive Summaries of Uppsala Dissertations from the Faculty of Science and Technology*.
- Wikars L-O, Schimmel J. 2001. Immediate effects of fire-severity on soil invertebrates in cut and uncut pine forests. *For Ecol Manage*. 141(3):189–200. doi:10.1016/S0378-1127(00)00328-5.
- Yábar E, Castro E, Meló L, Gianoli E. 2006. Predación de *Bembidion* sp., *Notiobia peruviana* (Dejean) y *Metius* (Coleoptera: Carabidae) sobre huevos de *Premnotrypes latithorax* (Pierce) (Coleoptera: Curculionidae) en condiciones de laboratorio. *Rev Peru Entomol*. 45:91–94.
- Zapata G. 1997. *Carabidae* (Insecta: Coleoptera) del Ecuador: Catálogo, notas biogeográficas y ecológicas. Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

Importancia de los genes HOX en enfermedades humanas

Importance of HOX genes in human diseases

 Clara Yamilet Serrano Delgado¹

¹ Universidad de Cuenca. Facultad de Ciencias Médicas, Av. 12 de Abril y El Paraíso 3-52, Cuenca, Ecuador. yamilet.serrano@ucuenca.edu.ec, <https://orcid.org/0000-0001-9869-4247>

*Autor de correspondencia:
yamilet.serrano@ucuenca.edu.ec

Recibido: 25-10-2023
 Aceptado: 22-11-2023
 Publicado: 27-11-2023

DOI: 10.26807/remcb.v44i2.968

eISSN 2477-9148



Como citar este artículo:
 Serrano C. 2023. Importancia de los genes HOX en enfermedades humanas. Revista Ecuatoriana de Medicina y Ciencias Biológicas 44 (2): 33-45. doi: 10.26807/remcb.v44i2.968

Resumen.- Los genes Homeobox, reguladores maestros que participan en la formación del plan corporal y dirigen el desarrollo de estructuras o segmentos corporales particulares, codifican proteínas homeóticas que actúan como factores de transcripción específicos, tienen en común una secuencia de nucleótidos conservada de 180 pb llamada caja homeótica, traducida en 61 aminoácidos, conocida como homeodominio, implicado en la unión al ADN. En el ser humano el ordenamiento de los genes dentro de cada complejo HOX, es igual al complejo HOM que se encuentra en *Drosophila melanogaster*, lo que indica que se originaron por duplicaciones de un solo complejo primordial, el mismo que ha conservado su organización básica. Los genes HOX, pertenecen a la categoría de genes rectores, ya que controlan la expresión de genes subordinados, desempeñando un papel importante en la morfogénesis y diferenciación celular durante el desarrollo embrionario; además participan en procesos de control de la proliferación celular y muerte celular programada. Numerosos estudios clínicos y moleculares han demostrado que mutaciones derivadas en alteraciones de su expresión, estarían relacionadas en la génesis del cáncer, invasión y metástasis.

Palabras clave: genes Hox, proteínas homeóticas, factores de transcripción, *Drosophila melanogaster*. **Cáncer.**

Abstract.- Homeobox genes, master regulators that participate in the formation of the body plan and direct the development of particular body structures or segments, encode homeotic proteins that act as specific transcription factors, have in common a conserved nucleotide sequence of 180 bp called the homeotic box, translated into 61 amino acids, known as homeodomain, involved in DNA binding. In humans, the arrangement of genes within each HOX complex is the same as the HOM complex found in *Drosophila melanogaster*, which indicates that they originated from duplications of a single primordial complex, the same one that has conserved its basic organization. HOX genes belong to the category of governing genes, since they control the expression of subordinate genes, playing an important role in morphogenesis and cellular differentiation during embryonic development; They also participate in processes of control of cell proliferation and programmed cell death. Numerous clinical and molecular studies have shown that mutations resulting from alterations in its expression would be related to the genesis of cancer, invasion and metastasis.

Keywords: Hox genes, homeotic proteins, transcription factors, *Drosophila melanogaster*. **Cancer.**

Introducción

La Biología del desarrollo estudia los mecanismos que median la formación de un nuevo organismo, desde que una célula es indiferenciada hasta que alcanza la forma adulta y definitiva, lo que permite comprender la embriogénesis normal y las anomalías congénitas en estos procesos de formación (Caro 2017). *Drosophila melanogaster*, es el organismo modelo más estudiado dentro de la Biología del desarrollo, siendo adoptada como animal de experimentación genética, por Thomas Morgan, a principios del siglo XX (Cortés-López et al. 2020).

Durante los últimos años, se ha descrito la existencia de numerosos genes que realizan funciones paralelas comunes en la mosca y en el ser humano, lo que ha permitido identificar genes responsables de rutas metabólicas comunes del desarrollo o genes importantes para la diferenciación celular (Yamamoto et al. 2014). Entre los genes del desarrollo altamente conservados en humanos se encuentran los genes HOX, que forman parte de una familia de genes conocidos por su función en el control del establecimiento del plan corporal, muerte celular programada, diferenciación celular y control de la proliferación celular anormal (De Robertis 2014).

Drosophila melanogaster, constituye un organismo con el que se ha llevado a cabo rastreos in vivo a gran escala, por ello la combinación del análisis del genoma de *Drosophila* con la información del genoma humano constituye una herramienta de gran potencial, con la cual se podrían identificar mutaciones en genes asociados con patologías en el sistema modelo de la mosca y posteriormente observar la existencia de genes homólogos en el ser humano y lo que es más importante si son responsables de causar patologías **similares** en humanos (Yamamoto et al. 2014). Los genes homeóticos de *Drosophila*, tienen su contraparte en los mamíferos, y son conocidos como genes HOX, e intervienen directamente en el desarrollo embrionario, participando en procesos de proliferación celular, diferenciación celular, y son capaces de unirse a secuencias específicas de ADN en genes blanco y regular su expresión (Parra-Soto et al. 2020).

Se han descubierto genes con caja homeótica en todas las especies estudiadas incluida la especie humana, éstos genes están ordenados en los cromosomas de modo semejante a los genes de *Drosophila* lo cual supone que los mecanismos genéticos responsables del desarrollo del plan corporal son similares en los organismos multicelulares; en los embriones de los vertebrados se expresan varios genes con caja homeótica, que presentan una organización metamérica análoga a la de los segmentos de *Drosophila* (De, Robertis, Eduardo 2014).

Los genes HOX han sido analizados en escenarios genéticos diferentes, tanto en la embriogénesis como en el individuo adulto, lo que contribuye a pensar que continúan desempeñando un papel en la identidad celular; además alteraciones derivadas de mutaciones en estos genes se han relacionado con diversas patologías como la sinpolidactilia (HOXD13) y algunos tipos de tumores como el rhabdomyosarcoma alveolar o tumores intestinales (Perera et al. 2006). El gen HOXD13 es un importante regulador del desarrollo de las extremidades, en pacientes con sinpolidactilia se presenta condensación de la proteína HOXD13, debido a expansiones repetidas de alanina (Gottschalk et al. 2023).

Se han identificado también genes HOX que se activan o reprimen en el desarrollo de los diferentes mecanismos moleculares del cáncer, de igual manera su expresión anormal es crucial en una variedad de procesos celulares malignos, como el cáncer colorrectal, cáncer de mama, próstata, glioblastoma, cáncer de pulmón, nasofaríngeo, gástrico y ovárico (Tang et al. 2019). Las células normales proliferan en respuesta a inductores endócrinos o parácrinos necesarios para su crecimiento, sin embargo, las células neoplásicas reflejan una menor necesidad de factores de crecimiento. Las bajas señales de proliferación exógena y varios genes HOX están desregulados en varios tipos de cáncer lo que provoca un rol crítico en la proliferación tumoral. Los genes HOXC4, HOXB2, HOXB3, HOXC6 y HOXA13, tienen propiedades supresoras de tumores o promotoras de tumores, según el tipo de tumor en el que se expresen, por ejemplo, en condiciones normales el gen HOXC6 se expresa en líneas celulares de cáncer de próstata reduciendo considerablemente el crecimiento de células tumorales (Paço et al. 2020).

Estudios actuales revelan que HOXC6 podría funcionar como un oncogen, debido a que sus versiones HOXC6-1 y HOXC6-2 se sobreexpresan en tejidos cancerosos gástricos, promoviendo la migración, invasión y proliferación celular anormal. De igual forma se detectó una expresión disminuida del gen HOXC6-2 en tipos bien diferenciados de cáncer gástrico, concluyendo que HOXC6 funcionaría como un oncogén tumoral. Los oncogenes constituyen la versión mutada o alterada de los protooncogenes y actúan por dos mecanismos básicos: producción de proteínas anormales, o producción de cantidades mayores de proteínas, es decir actúan por incremento de función (Lin et al. 2020).

La sobreexpresión del gen HOXC6 en el carcinoma hepático, determinó su proliferación celular descontrolada, en tanto que la expresión negativa o disminuida de HOXC6 mediada por piARN, que utiliza ARN pequeño de interferencia (siARN) para un potente silenciamiento de genes, además de inhibir la proliferación celular y la migración, también aumentó la quimiosensibilidad al 5-FU, (fluorouracilo) medicamento de quimioterapia citotóxico usado para tratar el cáncer, lo cual sería de gran beneficio en tratamientos de pacientes oncológicos (Tang et al. 2019). Estas investigaciones han sugerido que HOXC6 podría estar implicado en la iniciación y progresión de procesos neoplásicos.

De igual manera el gen HOXC6 está altamente expresado en células no pequeñas de cáncer pulmonar (NSCLC), promueve la proliferación, migración e invasión de células tumorales. La expresión fenotípica de HOXC6 podría estar relacionada con genes involucrados en los mecanismos moleculares de progresión de tumores, por ello, se convertiría en un marcador biomolecular de interés potencial para el diagnóstico y tratamiento del NSCLC (Yan et al. 2016).

El glioblastoma (GBM) ocupa alrededor del 30 % de todos los tumores del cerebro y del sistema nervioso central (SNC) y casi el 80 % de los tumores malignos del cerebro y del SNC; se encontró que HOXC6 se sobreexpresaba en tejidos y líneas celulares de GBM, y una expresión alta de HOXC6 predecía un mal pronóstico en pacientes con esta enfermedad. Además, el uso de modelos de células GBM de agotamiento y sobreexpresión de HOXC6, demostró que HOXC6 promovió la proliferación y migración de células tumorales, principalmente a través de la vía de la proteína quinasa activada por mitógeno (MAPK), constituyéndose en un biomarcador pronóstico y un objetivo molecular prometedor para GBM (Shenoy et al. 2022).

El gen HOXC6 regula la expresión del gen antiapoptótico BCL2, inhibiendo la vía apoptótica normal, es decir sus niveles elevados de expresión determinarían un mecanismo positivo de antiapoptosis. Sin embargo, la caída de HOXC6 da como resultado la regulación negativa de BCL2 y por consiguiente la activación de la vía de apoptosis intrínseca (Moon et al. 2012). Numerosos estudios moleculares y clínicos han demostrado que cualquier desregulación en los genes del grupo HOX ocasionaría un desequilibrio en las vías celulares, lo que favorecería a las células cancerosas hacia su progresión metastásica. Los resultados de estas investigaciones han revelado que la mutación sin sentido HOXD4 se observó en pacientes con leucemia linfoblástica aguda (Quinonez and Innis 2014); mientras que, mutaciones hereditarias en el gen HOXB13 contribuyen significativamente al aumento del riesgo de cáncer de próstata. De igual manera el gen HOXA9 es un oncogen implicado en el desarrollo de la leucemia, sin embargo, inhibe el crecimiento tumoral y la metástasis en la glándula mamaria (Gilbert et al. 2010).

Si es que las modificaciones genéticas y epigenéticas en los genes HOX son determinantes en el desarrollo de metástasis, investigaciones posteriores deberían tratar de identificar características moleculares de los genes HOX en su nivel transcripcional (Shenoy et al. 2022). El conocimiento y análisis del perfil genético de los grupos de genes HOX permitiría que estos sean utilizados como un biomarcador molecular en la temprana detección de procesos tumorales, determinando que las técnicas moleculares de detección temprana del cáncer sean ventajosas sobre métodos convencionales de detección de tumores (Shenoy et al. 2022).

Antecedentes

El estudio de la Biología del Desarrollo utiliza organismos modelo por su fácil manipulación, homología filogenética con el organismo humano y el gran conocimiento acumulado durante

años de estudio. *Drosophila melanogaster* conocida como la “mosca del vinagre” es el modelo animal que marcó áreas de la biología evolutiva contemporánea descrita en el año 1830 por Johann Wilhelm Meigen: su muy breve descripción de la especie fue traducida como: “Cabeza, tórax y patas amarillas; vientre negro, halterios blancos, alas incoloras.” (Keller 2007), esta mosca fue escogida como el modelo experimental ideal para el estudio genético y molecular de una gran variedad de procesos biológicos, por su fácil manejo, un genoma con pocas secuencias repetidas, 4 pares de cromosomas, bajo costo de mantenimiento y un ciclo de vida rápido si se compara con otros organismos pluricelulares usados en investigación. Se determinó que, *Drosophila melanogaster* en la etapa larvaria presenta estructuras que darán origen a las patas o tienen capacidad regenerativa, pero en la etapa adulta, las patas ya no pueden regenerar (Uribe 2019).

En 1974 Richard Lewontin, utilizó “moscas del vinagre” con el objeto de determinar la variabilidad genética presente en diferentes poblaciones, para ello utilizó una técnica de separación de proteínas a partir de su tamaño y carga eléctrica, (electroforesis de enzimas), demostró que hay más variación genética de lo que teóricamente se podría esperar (González-Astorga, 2021).

La primera mutación homeótica en *Drosophila* fue descrita por Bridges a principios del siglo pasado, Thomas Morgan encontró mutaciones en la parte anterior del tercer segmento torácico, que había sido reemplazada por la parte anterior del segundo segmento torácico. Así también Lewis, a finales del año 70 encontró el gen responsable del fenotipo bithorax, a partir de lo cual se aislaron proteínas con el homeodominio en su estructura, algunas de las cuales se encuentran relacionadas con mutaciones en los genes homeóticos (Perera et al. 2006).

Por otra parte, el grupo de Hogness en Stanford marcó la nueva era en la Biología al lograr la clonación del primer gen homeótico, el gen Ultrabithorax, posteriormente se clonaron otros genes homeóticos como Antennapedia, abdominal-A, abdominal-B y posteriormente el resto, logrando identificar la naturaleza de los productos génicos de los genes HOX (Morata 2001). En el 2016, se logró determinar que los genes y proteínas de *Drosophila melanogaster* comparten homología con genes y proteínas de los vertebrados, lo que permitió a la biología del desarrollo identificar procesos que se desarrollan en la mosca, y que están conservados en el desarrollo de organismos superiores, permitiendo el estudio de genes involucrados en enfermedades humanas (Betti 2016).

Complementariamente, las bases de datos de información genómica, revelaron que la mosca *Drosophila* y el ser humano comparten más del 60% de los genes, y de este porcentaje un 75% causan enfermedades en los humanos, adicionalmente poseen más del 90% de genes relacionados con la génesis del cáncer en los seres humanos (Yamamoto et al. 2014).

Genes Hox

Los genes HOX forman parte de la familia de genes homeobox, que poseen una secuencia de 180 pb llamada caja homeótica; esta secuencia fue descubierta y descrita por primera vez en el genoma de *Drosophila melanogaster*, a partir de ello también se identificó en organismos pluricelulares, como plantas, hongos, esponjas, al igual que en los vertebrados, incluido el ser humano (Verena 2017). Las secuencias homeobox descubiertas y posteriormente analizadas fueron muy parecidas a las de *Drosophila*, determinándose que el “homeobox” codifica una secuencia de 60-aminoácidos de largo, segmento polipeptídico que fue denominado como “homeodominio” (Figura 1) (Gehring et al. 1994).

Los genes HOX son pequeños, están formados de dos exones separados por un intrón, tienen una longitud genómica de 5-10 kb en comparación con la media para genes codificadores de proteínas de 27 kb; el exón está localizado cerca del extremo 3' y contiene el homeobox de 180 pb que codifica el homeodominio de la proteína HOX. Estas proteínas homeobox actuarían como factores de transcripción específicos con el homeodominio como motivo de unión al ADN (Grier et al. 2005). El homeodominio posee un motivo de unión al ADN de tipo hélice-giro-hélice, además la mayor parte de las proteínas HOX, contienen una secuencia de seis aminoácidos cerca del homeodominio, que funciona como sitio de unión para cofactores que incluyen proteínas TALE como PBX y MEIS. Sin embargo, algunas proteínas HOX carecen de este hexapéptido (Erselius et al. 1990).

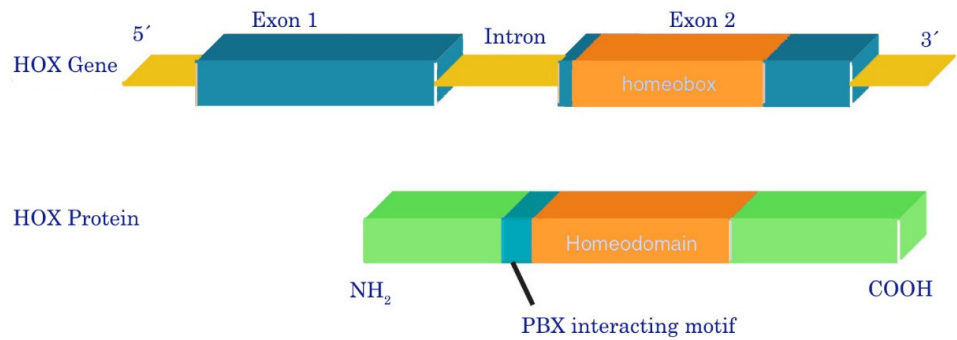


Figura 1. Estructura del gen HOX y la proteína codificada en los genomas eucariotas. Se observa el gen HOX con sus dos exones, separados por un intrón; además se representa la proteína HOX con el homeodominio. (modificado de Grier et al. 2005).

Genes Hox en *Drosophila*

El modelo tridimensional que marca el establecimiento del plan corporal de *Drosophila*, comprende la expresión génica jerárquica, mediante la cual grupos genéticos rectores controlan la expresión de genes subordinados siguiendo una secuencia escalonada de eventos.

La mosca *Drosophila* se desarrolla, a partir de una larva, como producto de la fecundación, luego de formarse la célula huevo y atravesar el período embrionario; la larva está formada por la sucesión de segmentos: uno cefálico, tres torácicos y ocho abdominales, que le otorgan una marcada polaridad espacial, ya que tan pronto como aparecen se configuran los ejes cefalocaudal, dorsoventral y medio lateral del cuerpo larvario. Posteriormente la larva se convierte en mosca a partir de grupos celulares llamados discos imaginales, los que dan origen a las estructuras externas de la mosca, por ejemplo, de un par de discos surgen las antenas y los ojos, de otro las alas y parte del tórax, de otros las estructuras que originan el abdomen; las partes mencionadas correctamente ensambladas, forman el cuerpo adulto llamado imago. El plan corporal está regulado por una compleja red de genes reguladores, que ejercen sus funciones apenas se forma la célula huevo, primero actúan los genes de la polaridad de la célula huevo, luego actúan los genes segmentarios que son de tres clases: genes de hendidura, genes de la regla par y genes de la polaridad de los segmentos, estos se expresan, en el orden mencionado, activados por señales posicionales previamente establecidas (De Robertis 2014).

Los genes de hendidura dividen al embrión en grandes regiones, vistas como bandas transversales en el eje anteroposterior, y estos activan a su vez la expresión de los siguientes genes en cascada, los genes de la regla par y los genes de la polaridad de los segmentos. Los genes de la regla par se expresan de manera alterna, y controlan segmentos pares es decir uno de cada dos, determinando la naturaleza de éstos, la acción de los genes "gap" y de la regla par activa la expresión de los genes de polaridad de segmento, que definen los límites y la polaridad de los mismos (Uribe 2019). Finalmente se expresan los genes homeóticos, activados por productos de genes que actuaron anteriormente, originando los discos imaginales y las estructuras externas de la mosca adulta.

Gracias a importantes investigaciones realizadas sobre la familia de genes HOX, se han definido varios hallazgos sobre las características, funciones y los mecanismos de regulación de esta familia de genes conservados en el desarrollo, la enfermedad y la evolución (Gaunt and Gaunt 2016). Se ha descubierto que en *Drosophila melanogaster*, el conjunto de genes homeóticos primarios, llamado complejo HOX, consta de ocho genes relacionados con el desarrollo de los segmentos cefálicos, torácicos y abdominales (Morata 2001). Estos genes no están distribuidos al azar en los cromosomas, se encuentran agrupados en el cromosoma 3 en dos complejos génicos: el primero Complejo Antennapedia (C-ANT), que incluye desde la región proximal a distal, y consta de 5 genes; el segundo Complejo Bithorax (C-BX), que consta de 3 genes, incluye a Ultrabithorax (Ubx), abdominal-A (abd-A) y abdominal-B (Del Saz Soler 2018).

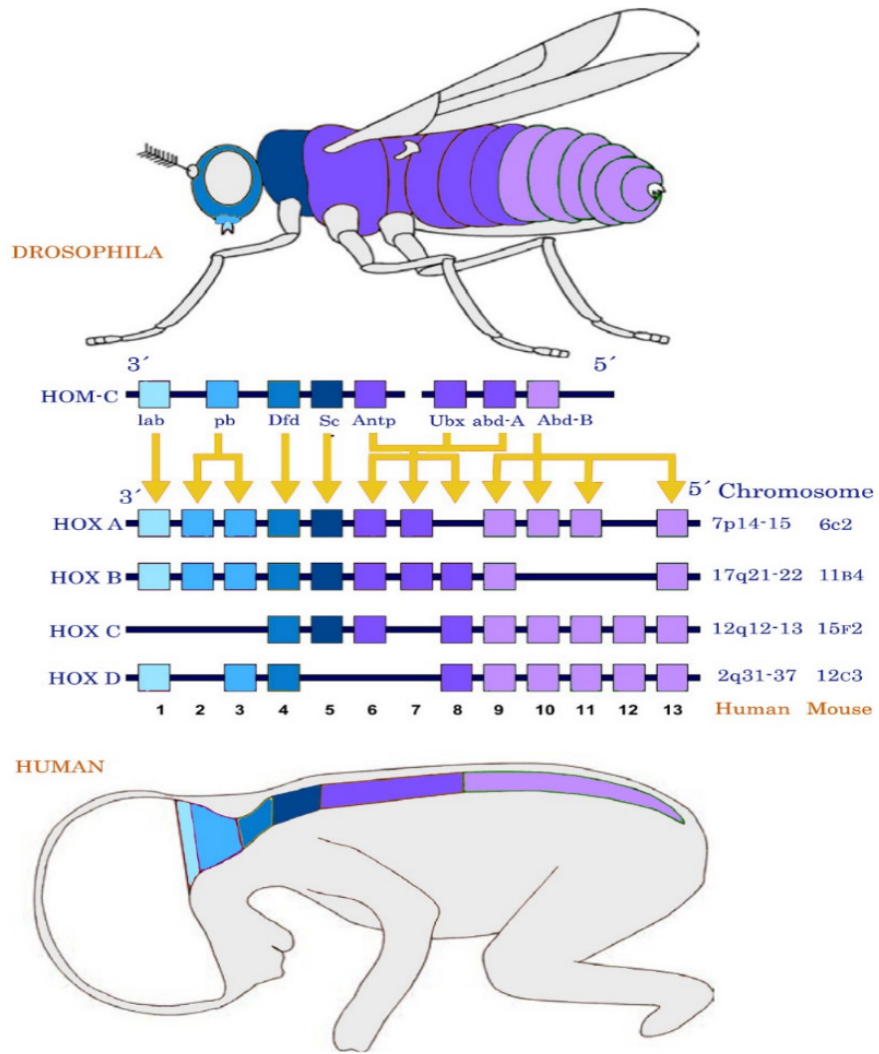


Figura 2. Genes HOX en la mosca *Drosophila melanogaster* y en el ser humano. Posición de los genes HOX a lo largo del cromosoma y la correspondiente zona del cuerpo donde se expresan. (Modificado de Grier et al. 2005).

El complejo bitórax (BX-C) marca la identidad de la porción del cuerpo de *Drosophila melanogaster*, mientras que los genes *abd-A* son responsables de la identidad específica de los parasegmentos 7 a 9 y también son necesarios para el correcto desarrollo de los parasegmentos 10 a 13. Los parasegmentos son surcos que marcan las áreas corporales mediante la acción de genes de la regla par (Busturia et al. 1989). Si se considera que los genes homeóticos son responsables de otorgar la identidad de segmentos o determinar el desarrollo del plan corporal, es indudable que cuando en estos genes ocurren mutaciones, se inactivan o se expresan en lugares inusuales causando que segmentos del cuerpo adquieran nuevas o distintas identidades. Por ejemplo, la mutación del gen *Ultrabithorax* determinará que pequeñas estructuras llamadas halterios que son las responsables de ayudar a mantener el equilibrio de la mosca, se conviertan en un segundo conjunto de alas ubicadas detrás del par normal (Del Saz Soler 2018).

Genes Hox en el ser humano

Se ha confirmado que un gen HOX humano puede sustituir a su equivalente de la mosca, sin embargo, es importante recordar que el desarrollo de un órgano es mucho más complejo y es el resultado de muchas interacciones entre genes (Castagnino 2004). La superfamilia de genes HOX, codifican para una gran variedad de homeoproteínas que actúan como factores de transcripción. El homeodominio de los genes HOX puede unirse a secuencias específicas

de ADN en sus genes blanco y regular su expresión (López-Romero et al. 2015). Estas proteínas, se originan o están codificadas por una secuencia génica común de 180 pares de bases que presentan un dominio de unión de tipo hélice-vuelta-hélice, conformado por 61 aminoácidos que permite su unión al ADN; determinando la activación o represión de genes (Saha et al. 2017).

En el genoma humano, de acuerdo a la semejanza de secuencia y la similitud de ubicación en el cromosoma, los 39 genes pertenecientes a la familia HOX están distribuidos en cuatro grupos: HOXA, HOXB, HOXC y HOXD, ubicados en distintos cromosomas: 7p15, 17q21.2, 12q13, 2q31, respectivamente (Paco 2020), tal como se puede observar en la figura 2. Cada grupo presenta de 9 a 11 genes que se alinean en 13 grupos parálogos, (HOX1 a HOX13) según la similitud de secuencia y la posición dentro del grupo (Rux and Wellik 2017).

Además de activarse durante el desarrollo embrionario, los genes HOX se expresan en diversos tejidos adultos, implicados en una variedad de rutas biológicas que incluye la homeostasis, diferenciación celular y el mantenimiento de la función orgánica; sin embargo, sus funciones no han sido totalmente definidas y aún queda mucho por investigar; en relación a los estudios realizados en estos genes, se ha determinado que existen diferencias en los patrones de expresión en cáncer de mama, próstata, hígado, cabeza y cuello, leucemia, y otros. Sin embargo, el mecanismo molecular exacto por el cual estos cambios ocurren, no se conocen con precisión (Platais et al. 2018). En un estudio de cáncer de cuello uterino se determinó la expresión alterada de 4 grupos HOX en comparación con muestras histopatológicamente normales (Saha et al. 2017).

Desregulación de genes Hox y cáncer

El cáncer se caracteriza por un crecimiento celular incontrolado, cuya base es genética, las células se multiplican, aunque el organismo no precise de ellas, surge luego de sucesivos estados precancerosos por los cuales atraviesan generaciones de células (Soliz 2011). La prevalencia de cáncer se incrementa constantemente, según la NCI (National Cancer Institute) alrededor del 39.5% de habitantes recibirán un diagnóstico de cáncer en algún momento de su vida (2020) y según la OMS (2020) una de cada 12 mujeres enfermará de cáncer de mama a lo largo de su vida. Es así que el cáncer constituye la segunda causa de muerte en el mundo, después de las enfermedades cardiovasculares; las principales razones de muerte por cáncer corresponden a la invasión y metástasis (Paco et al. 2020).

Los genes HOX son responsables de la diferenciación celular normal y el mantenimiento de células diferenciadas, por ello, su desregulación permite la transformación celular o la progresión tumoral (López-Romero et al. 2015). Se ha identificado también que todo el locus HOXC está asociado a una gran cantidad de tipos de cáncer tales como sarcoma, glioblastomas, pulmón, vejiga, melanomas y carcinomas transicionales (Cantile et al. 2009) es así que la expresión anormal de los genes HOX está típicamente asociada con oncogénesis y puede variar de acuerdo con el tipo histológico y la etapa de progresión del cáncer, incluida la metástasis (López-Romero et al. 2015).

La desregulación de los genes HOX en procesos tumorales ocurre debido a múltiples factores: la dominancia genética, la desregulación epigenética y la desregulación espacio temporal diferente al de los tejidos y órganos normales (Hu et al. 2023). Su expresión anormal puede afectar la proliferación celular, la diferenciación, la apoptosis, la motilidad, la angiogénesis, la autofagia y la señalización del receptor celular; en general la alteración del nivel de expresión relacionado con la región cromosómica puede conducir a enfermedades y defectos del desarrollo, especialmente cáncer humano (Feng et al. 2021).

Mutaciones de los genes HOX, pueden activar o inhibir diferentes procesos celulares: alterando su expresión normal, comprometiendo mecanismos reguladores relacionados con la homeostasis del tejido adulto normal, el mantenimiento y la activación del proceso de autorrenovación de células madre, ocasionando la transformación celular maligna, por lo tanto, se asocia con diferentes tipos de cáncer incluidos: pulmón, próstata, mama, colon, vejiga y tiroides (Paco et al. 2020).

Existe evidencia científica que demuestra su participación en procesos neoplásicos: estudios realizados por Saha y colaboradores, determinaron la expresión desregulada de genes pertenecientes a la familia HOXC, particularmente HOXC4 a HOXC9, HOXC11 y HOXC13, presentándose un incremento en el tamaño de los tumores sólidos, excepto en cánceres de ovario (Saha et al. 2017). Por el contrario, en el cáncer de ovario, las mutaciones expresas de los genes HOX, determinaron un incremento de la expresión del gen cuando comúnmente ésta es baja en los tejidos normales, o como una expresión *de novo* cuando comúnmente no se expresa en los tejidos sanos. Una característica distintiva del cáncer influenciado por los genes HOX, es la inflamación, debido a que las células cancerosas estimulan la proliferación celular anormal, este movimiento celular promueve los procesos de migración e invasión que dependen del suministro de enzimas que degradan la matriz, como las metaloproteinasas, grupo de enzimas que pueden descomponer proteínas, como el colágeno, que normalmente se encuentran en los espacios intercelulares. Es así que, la división celular descontrolada que marca el inicio del cáncer implica no solo la alteración de la proliferación celular y la resistencia a la apoptosis, sino también cambios en el metabolismo energético para impulsar el crecimiento y la división celular (Paco et al. 2020).

Específicamente mutaciones en el gen HOXC6 inactivaría sus funciones como supresor tumoral; la metilación del promotor y/o una mutación somática, serían la causa principal de la inactivación del gen y la desregulación de sus funciones. afectando las vías de diferenciación, proliferación, crecimiento y renovación celular normal (Guerrero-Preston et al. 2014). El gen HOXC6, estaría involucrado en varios tipos de cáncer, incluidos el cáncer de pulmón, osteosarcoma y el cáncer de mama; además el silenciamiento del gen HOXC6 llevaría a la inhibición de la proliferación celular anormal y la promoción de la apoptosis en células malignas (Zhang et al. 2018).

En relación con lo anterior, el gen HOXC6 interviene en el desarrollo del linfoma, estimula la proliferación de células de cáncer gástrico al actuar como un oncogén; sin embargo, la disminución de su expresión llevaría a una menor proliferación de ciertas células cancerosas, un estudio determinó que con la isoforma HOXC6-1, no existieron efectos estadísticamente significativos en la migración, la invasión, la apoptosis o la proliferación cuando se reguló a la baja (Lin et al. 2020).

En el adenocarcinoma ductal de páncreas (PDAC), se demostró que el factor de transcripción, homeobox C6 (HOXC6), estaba sobreexpresado siendo esencial para el crecimiento tumoral y la metástasis; por el contrario, su inhibición bloqueaba el crecimiento y la metástasis del tumor PDAC. El mecanismo responsable incluyó la activación transcripcional de la quinasa MSK1 (serina/treonina) promotora de tumores y la inhibición de la subunidad B reguladora de la proteína inhibidora de tumores PPP2R2B (Malvi et al. 2023).

La familia de genes HOXA participan en la regulación de la transcripción y la iniciación y progresión del cáncer, se ha demostrado que el gen HOXA1 presentaba niveles altos de expresión en el cáncer de mama y además se relacionó con un mal pronóstico y progresión tumoral descontrolada. HOXA5 inhibe la vía Wnt/ β -catenina y suprime la invasión, proliferación y neoplasia de las células de cáncer de cuello uterino. El gen HOXA7 aumentó en el carcinoma hepato celular (CHC), mientras que su disminución inhibió la proliferación celular del CHC (Xiulin et al. 2022). Estudios realizados por Dang y colaboradores determinaron, la expresión elevada del gen HOXA7 en metástasis de ganglios linfáticos, metástasis a distancia, mala diferenciación tumoral, estadio TNM alto y mal pronóstico en pacientes con cáncer colorrectal (CCR), adicionalmente se demostró que la sobreexpresión del gen HOXA7 estaba asociada con mutación KRAS, promoviendo invasión y metástasis en pacientes con CRC al regular positivamente la expresión de CXCL1 (ligando 1 de quimiocina) (Dang et al. 2022).

De igual manera, la expresión del gen HOXA9 era responsable de promover o inhibir la progresión de tumores a través de diferentes mecanismos, según el momento del ciclo celular y el tipo de tumor. Se determinó la metilación del promotor de HOXA9 en tumores de células renales (RCT), y una mayor expresión de HOXB9 se asoció con un peor pronóstico en el carcinoma suprarrenal. En el cáncer gástrico, el HOXA10 regulado positivamente promovió la

transcripción de TGFB2, lo que desencadenó la activación de la señalización de TGFβ/SMAD y condujo a una metástasis pulmonar acelerada (Zheng et al. 2022).

El control epigenético de los genes HOX mediante la metilación del ADN constituye un componente importante en la regulación de su expresión, los mecanismos principales incluyen la regulación mediada por la ADN metiltransferasa (DNMT); la metilación de histonas, que median la metilación del ADN responsable de regular los genes HOX; y los lncRNA (ARN no codificantes de cadena larga) que median la metilación del ADN responsable de regular los genes HOX (Hu et al. 2023).

Las DNMT de citosina-5 pueden catalizan la adición de un grupo metilo al ADN del genoma completo, además algunas macromoléculas biológicas, como las proteínas y el ARN, pueden interactuar con las DNMT en sitios específicos y mediar en la metilación del ADN. La metilación del ADN mediada por lncRNA permite que las ADN metiltransferasas interactúen entre sí y cooperen en la represión de los genes HOX al facilitar la unión de las DNMT a promotores específicos (Hu et al. 2023).

La metilación de los genes HOX está relacionada con la activación del oncogén HOX y el silenciamiento de los objetivos del gen HOX que actúan como supresores de tumores. En investigaciones realizadas, en términos de desarrollo del cáncer se encontró que el gen HOXA1 hipermetilado facilitó la progresión temprana del cáncer de mama (Hu et al. 2023); la región CpG de los genes HOX hipermetilada promovió el desarrollo del linfoma no Hodgkin (Espín-Pérez et al. 2022), mientras que los promotores de HOXB5 y HOXB7 hipometilados debido a la deficiencia de la enzima ADN metiltransferasa, incrementó el riesgo de metástasis del cáncer de pulmón de células pequeñas (Na et al., 2022).

La metilación del ADN es esencial para mantener el nivel de expresión del gen HOXA5 durante todo el desarrollo embrionario, la hipermetilación de la isla CpG en la región HOXA5, produce su expresión negativa lo que produce la expansión clonal de células cada vez más aberrantes durante la tumorigénesis en una variedad de procesos malignos; por ejemplo se asocia con etapas tempranas del cáncer colorrectal y con tejidos menos invasivos, lo cual refleja una correlación negativa o positiva entre el grado de metilación del gen HOXA5 y la malignidad del tumor (Fan et al. 2022).

Investigaciones recientes han destacado la importancia de los lncRNA en el desarrollo y la progresión del cáncer ya que sus expresiones aberrantes, niveles elevados y funciones de supresor y promotor de tumores se reflejan en varios carcinomas (Zhang et al. 2022). HOXB-AS1 un lncRNA importante ha sido evaluado por su papel oncogénico en el mieloma múltiple, el cáncer de endometrio y el glioma. Se encontraron niveles elevados de expresión de HOXB-AS1 en mieloma y cáncer de endometrio, de igual manera, niveles regulados positivamente de HOXB-AS1 en células de glioblastoma estaban directamente relacionados con la supervivencia del paciente, ya que su silenciamiento permitió la inhibición de la proliferación celular y la estimulación de la apoptosis del glioblastoma (Chen et al. 2022).

Genes Hox como objetivos terapéuticos

Es indiscutible la función de los genes HOX en el desarrollo del cáncer, ya que alteraciones de su expresión permite la proliferación celular descontrolada, esta desregulación está asociada con numerosas neoplasias malignas humanas, adicionalmente, permite la invasión y metástasis tumoral, lo que provoca un cáncer mortal; si se logra descifrar la estructura y composición a profundidad de estos genes, el mecanismo de activación como oncogenes o supresores de tumores contribuiría a dilucidar la función de los genes HOX en el desarrollo de procesos neoplásicos.

Controlar la expresión de los genes HOX, podrían representar una estrategia prometedora para prevenir la invasión y la metástasis y disminuir el número de muertes relacionadas con el cáncer. La detección temprana de mutaciones en los genes HOX. podrían ayudar a prevenir el

desarrollo del cáncer, de igual manera, un diagnóstico precoz de procesos tumorales disminuiría la mortalidad por esta enfermedad.

Conclusiones

Los genes HOX, codifican proteínas que actúan como factores de transcripción específicos, que regulan importantes procesos biológicos en etapas tempranas del desarrollo embrionario, y son necesarios para el control de la proliferación celular descontrolada, apoptosis y diferenciación celular.

La desregulación de la expresión de genes HOX, está estrechamente relacionada con la aparición de diversas enfermedades humanas y se destaca su participación en la génesis del cáncer mortal. La metilación anormal del ADN está asociada en gran medida con la expresión aberrante de los genes HOX, implicados en una amplia gama de enfermedades humanas, incluido el cáncer.

El conocimiento de la estructura de los genes HOX, predecir las proteínas resultantes y analizar alteraciones en su expresión, permitirá abrir las puertas a la búsqueda de nuevos marcadores moleculares en procesos neoplásicos y el desarrollo de nuevas estrategias terapéuticas para tratar procesos malignos.

Silenciar o inactivar los genes HOX del desarrollo, que se activan de manera anormal en células tumorales, representaría una importante estrategia para prevenir que los tumores malignos crezcan y se conviertan en una amenaza para la vida.

Conflicto de intereses y contribución de autores

La autora declara que no existe ningún conflicto de intereses.

CP: concepción y diseño del estudio, revisión, análisis e interpretación de datos, redacción del manuscrito.

Referencias:

Betti MIL. 2016. Genómica poblacional del comportamiento de oviposición en *Drosophila melanogaster*. [Argentina]: Universidad de Buenos Aires. Facultad de ciencias exactas.

Busturia A, Casanova J, Sanchez-Herrero E, Gonzalez R, Morata G. 1989. Genetic structure of the abd-A gene of *Drosophila*. *The company of Biologists Limited*.(107):575–583.

Cantile M, Franco R, Tschan A, Baumhoer D, Zlobec I, Schiavo G, Forte I, Bihl M, Liguori G, Botti G, et al. 2009. HOX D13 expression across 79 tumor tissue types. *Int J Cancer*. 125(7):1532–1541. doi:10.1002/ijc.24438.

Caro LA. 2017. *Biología del Desarrollo Humano*. Fondo Editor Areandino.

Castagnino, J. 2004. *La Drosophila melanogaster, el genoma y el cáncer*. *Acta Bioquímica Clínica Latinoam*. 38(2):147–150.

Chen Y, Wang N, Cao L, Zhang D, Peng H, Xue P. 2022. Long non-coding RNA HOXB-AS1 is a prognostic marker and promotes hepatocellular carcinoma cells' proliferation and invasion. *Open Life Sci*. 17(1):944–951. doi:10.1515/biol-2022-0040.

Cortés-López NG, Ordóñez-Baquera PL, Domínguez-Viveros J. 2020. Herramientas moleculares utilizadas para el análisis metagenómico. Revisión. *Rev Mex Cienc Pecu*. 11(4):1150–1173. doi:10.22319/rmcp.v11i4.5202.

Dang Y, Yu J, Zhao S, Cao X, Wang Q. 2022. HOXA7 promotes the metastasis of KRAS mutant colorectal cancer by regulating myeloid-derived suppressor cells. *Cancer Cell Int*. 22(1):88. doi:10.1186/s12935-022-02519-9.

- De, Robertis, Eduardo. 2014. *Biología Celular y Molecular de Robertis* 1. XVII. Buenos Aires: Promed.
- Del Saz Soler D. 2018. Estudio de la regulación de la proliferación y la formación de patrón en el desarrollo del abdomen por los genes Hox Ultrabithorax y abdominal_A de *Drosophila Melanogaster*. [Madrid]: Autónoma de Madrid.
- Erselius JR, Goulding MD, Gruss P. Structure and expression pattern of the murine Hox-3.2 gene. :16.
- Espín-Pérez A, Brennan K, Ediriwickrema AS, Gevaert O, Lossos IS, Gentles AJ. 2022. Peripheral blood DNA methylation profiles predict future development of B-cell Non-Hodgkin Lymphoma. *Npj Precis Oncol*. 6(1):53. doi:10.1038/s41698-022-00295-3.
- Fan F, Mo H, Zhang H, Dai Z, Wang Z, Qu C, Liu F, Zhang L, Luo P, Zhang J, et al. 2022. HOXA5: A crucial transcriptional factor in cancer and a potential therapeutic target. *Biomed Pharmacother*. 155:113800. doi:10.1016/j.biopha.2022.113800.
- Feng Y, Zhang T, Wang Y, Xie M, Ji X, Luo X, Huang W, Xia L. 2021. Homeobox Genes in Cancers: From Carcinogenesis to Recent Therapeutic Intervention. *Front Oncol*. 11:770428. doi:10.3389/fonc.2021.770428.
- Gilbert PM, Mouw JK, Unger MA, Lakins JN, Gbegnon MK, Clemmer VB, Benezra M, Licht JD, Boudreau NJ, Tsai KKC, et al. 2010. HOXA9 regulates BRCA1 expression to modulate human breast tumor phenotype. *J Clin Invest*. 120(5):1535–1550. doi:10.1172/JCI39534.
- González-Astorga, J. 2021. *Drosophila melanogaster*: la mosca del vinagre. <https://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/2013-06-05-10-34-10/17-ciencia-hoy/1291-drosophila-melanogaster-la-mosca-del-vinagre>.
- Gottschalk A, Sczakiel HL, Hülsemann W, Schwartzmann S, Abad-Perez AT, Grünhagen J, Ott C-E, Spielmann M, Horn D, Mundlos S, et al. 2023. HOXD13-associated synpolydactyly: Extending and validating the genotypic and phenotypic spectrum with 38 new and 49 published families. *Genet Med Off J Am Coll Med Genet*. 25(11):100928. doi:10.1016/j.gim.2023.100928.
- Grier D, Thompson A, Kwasniewska A, McGonigle G, Halliday H, Lappin T. 2005. The pathophysiology of HOX genes and their role in cancer. *J Pathol*. 205(2):154–171. doi:10.1002/path.1710.
- Guerrero-Preston R, Michailidi C, Marchionni L, Pickering CR, Frederick MJ, Myers JN, Yegnasubramanian S, Hadar T, Noordhuis MG, Zizkova V, et al. 2014. Key tumor suppressor genes inactivated by “greater promoter” methylation and somatic mutations in head and neck cancer. *Epigenetics*. 9(7):1031–1046. doi:10.4161/epi.29025.
- Hu X, Wang Y, Zhang Xiaoyu, Li C, Zhang Xikun, Yang D, Liu Y, Li L. 2023. DNA methylation of HOX genes and its clinical implications in cancer. *Exp Mol Pathol*. 134:104871. doi:10.1016/j.yexmp.2023.104871.
- Keller A. 2007. *Drosophila melanogaster*'s history as a human commensal. *Curr Biol*. 17(3):R77–R81. doi:https://doi.org/10.1016/j.cub.2006.12.031.
- Lin J, He J, He X, Wang L, Xue M, Zhuo W, Si J, Wang K, Chen S. 2020. HoxC6 Functions as an Oncogene and Isoform HoxC6-2 May Play the Primary Role in Gastric Carcinogenesis. *Dig Dis Sci*. 65(10):2896–2906. doi:10.1007/s10620-019-06013-7.

- López-Romero R, Marrero-Rodríguez D, Romero-Morelos P, Villegas V, Valdivia A, Arreola H, Huerta-Padilla V, Salcedo M. 2015. El papel de los genes del desarrollo tipo HOX en el cáncer cervicouterino. *Rev Med Inst Mex Seguro Soc.* 53(2):188–193.
- Malvi P, Chava S, Cai G, Hu K, Zhu LJ, Edwards YJK, Green MR, Gupta R, Wajapeyee N. 2023. HOXC6 drives a therapeutically targetable pancreatic cancer growth and metastasis pathway by regulating MSK1 and PPP2R2B. *Cell Rep Med.* 4(11):101285. doi:10.1016/j.xcrm.2023.101285.
- Moon S-M, Kim S-A, Yoon J-H, Ahn S-G. 2012. HOXC6 Is Deregulated in Human Head and Neck Squamous Cell Carcinoma and Modulates Bcl-2 Expression. *J Biol Chem.* 287(42):35678–35688. doi:10.1074/jbc.M112.361675.
- Morata G. 2001. La historia de los genes homeóticos. *Cons Super Investig Científicos.*:229–246.
- Na F, Pan X., Chen J. *et al.* La deficiencia de KMT2C promueve la metástasis del cáncer de pulmón de células pequeñas a través de la reprogramación epigenética mediada por DNMT3A. *Nat Cáncer* 3 , 753–767 (2022). <https://doi.org/10.1038/s43018-022-00361-6>
- Nationan Cancer Institute. 2021. <https://www.cancer.gov>
- Organización Mundial de la Salud. 2021. El cáncer de mama es la principal causa de mortalidad en las mujeres.
- Paço A, Aparecida de Bessa Garcia S, Leitão Castro J, Costa-Pinto AR, Freitas R. 2020. Roles of the HOX Proteins in Cancer Invasion and Metastasis. *Cancers.* 13(1):10. doi:10.3390/cancers13010010.
- Parra-Soto S, Petermann-Rocha F, Martínez-Sanguinetti MA, Leiva-Ordeñez AM, Troncoso-Pantoja C, Ulloa N, Díaz-Martínez X, Celis-Morales C. 2020. Cáncer en Chile y en el mundo: una mirada actual y su futuro escenario epidemiológico. *Rev Médica Chile.* 148(10):1489–1495. doi:10.4067/S0034-98872020001001489.
- Perera, OH, Callicó, AM, & Pérez, JCR. 2006. ¿Qué son los genes Hox? Su importancia en la enfermedad vascular y renal. *Revista de nefrología.* 25(2).
- Quinonez SC, Innis JW. 2014. Human HOX gene disorders. *Mol Genet Metab.* 111(1):4–15. doi:10.1016/j.ymgme.2013.10.012.
- Rux DR, Wellik DM. 2017. *Hox* genes in the adult skeleton: Novel functions beyond embryonic development: *Hox* Genes in the Adult Skeleton. *Dev Dyn.* 246(4):310–317. doi:10.1002/dvdy.24482.
- Saha SS, Chowdhury RR, Mondal NR, Roy S, Sengupta S. 2017. Expression signatures of HOX cluster genes in cervical cancer pathogenesis: Impact of human papillomavirus type 16 oncoprotein E7. *Oncotarget.* 8(22):36591–36602. doi:10.18632/oncotarget.16619.
- Shenoy US, Adiga D, Kabekkodu SP, Hunter KD, Radhakrishnan R. 2022. Molecular implications of HOX genes targeting multiple signaling pathways in cancer. *Cell Biol Toxicol.* 38(1):1–30. doi:10.1007/s10565-021-09657-2.
- Uribe RAJ. 2019. Estudio de la expresión de genes Hox y de la función de la proteína “Homeodomain interacting protein kinase” en procesos de regeneración en *Drosophila melanogaster*.
- Verena M. 2017. HOX genes in pathogenesis of Ewing sarcoma.
- Xiulin J, Wang Chunyan, Guo J, Wang Chenyang, Pan C, Nie Z. 2022. Next-generation sequencing identifies HOXA6 as a novel oncogenic gene in low grade glioma. *Aging.* 14(6):2819–2854. doi:10.18632/aging.203977.

Yamamoto S, Jaiswal M, Charng W-L, Gambin T, Karaca E, Mirzaa G, Wiszniewski W, Sandoval H, Haelterman NA, Xiong B, et al. 2014. A *Drosophila* Genetic Resource of Mutants to Study Mechanisms Underlying Human Genetic Diseases. *Cell*. 159(1):200–214. doi:10.1016/j.cell.2014.09.002.

Yan Y, Han J, Li Z, Yang H, Sui Y, Wang M. 2016. Elevated RNA expression of long non-coding HOTAIR promotes cell proliferation and predicts a poor prognosis in patients with diffuse large B cell lymphoma. *Mol Med Rep*. 13(6):5125–5131. doi:10.3892/mmr.2016.5190.

Zhang F, Ren C-C, Liu L, Chen Y-N, Yang L, Zhang X-A. 2018. HOXC6 gene silencing inhibits epithelial-mesenchymal transition and cell viability through the TGF- β /smad signaling pathway in cervical carcinoma cells. *Cancer Cell Int*. 18(1):204. doi:10.1186/s12935-018-0680-2.

Zhang H, Ma R-R, Zhang G, Dong Y, Duan M, Sun Y, Tian Y, Gao J-W, Chen X, Liu H-T, et al. 2022. Long noncoding RNA Inc-LEMGC combines with DNA-PKcs to suppress gastric cancer metastasis. *Cancer Lett*. 524:82–90. doi:10.1016/j.canlet.2021.09.042.

Zheng D, Ning J, Xia Y, Ruan Y, Cheng F. 2022. Comprehensive analysis of a homeobox family gene signature in clear cell renal cell carcinoma with regard to prognosis and immune significance. *Front Oncol*. 12:1008714. doi:10.3389/fonc.2022.1008714.

ARTÍCULOS
CIENTÍFICOS

Novedades taxonómicas en *Magnolia* (Magnoliaceae, sect. *Talauma*) de Guatemala

Taxonomic novelties in *Magnolia* (Magnoliaceae, sect. *Talauma*) for Guatemala

 Fredy Archila^{1, 2, *}, Erick Tribouillier Navas¹, J. Antonio Vázquez-García³, Otto Alvarado¹, Álvaro J. Pérez⁴

¹ Estación Experimental de Orquídeas de la Familia Archila, 1 avenida 5-28 Zona 1, Cobán, Alta Verapaz 16001, Guatemala C. A. archilae@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-7849-4114>; foretribouillier@hotmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-5052-0106>; ottoalva420@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0004-0178-2347>.

² Herbario BIGU, Escuela de Biología, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala, Zona 12, Guatemala City, Guatemala.

³ Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Herbario IBUG, Instituto de Botánica, Departamento de Botánica y Zoología, Camino Ing. Ramón Padilla Sánchez 2100, Nextipac, Zapopan, 45200, Jalisco, México. talaumaofeliae@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-8393-5906>.

⁴ Herbario QCA, Escuela de Ciencias Biológicas, Pontificia Universidad Católica de Ecuador, Av. 12 de octubre 1076 y Roca, Apartado 17-01-2184, Quito, Ecuador. ajperez@puce.edu.ec, <https://orcid.org/0000-0002-0644-9111>

*Autor de correspondencia:
archilae@gmail.com

Recibido: 31-10-2023
 Aceptado: 22-11-2023
 Publicado: 27-11-2023

DOI: 10.26807/remcb.v44i2.971

eISSN 2477-9148



Como citar este artículo:
 Fredy Archila F, Tribouillier Navas E, Vázquez-García JA, Alvarado O, Pérez AJ. 2023. Novedades taxonómicas en *Magnolia* (Magnoliaceae, sect. *Talauma*) de Guatemala. Revista Ecuatoriana de Medicina y Ciencias Biológicas 44 (2): 49-59.
 doi: 10.26807/remcb.v44i2.971

Resumen.- Tres nuevas especies de *Magnolia* sect. *Talauma* para Guatemala son descritas: *Magnolia alfredo-mironii* y *Magnolia stefaniana* de los bosques nublados del departamento de Alta Verapaz, mientras que *Magnolia izabalensis* se registró en el bosque húmedo tropical del departamento de Izabal. Para cada especie se presenta una descripción taxonómica detallada, fotografías de sus estructuras y un mapa de distribución. Adicionalmente, se discuten las diferencias con su especie morfológicamente más cercana y se analiza su estado de conservación.

Palabras clave: Alta Verapaz, Amenazas, Diversidad, Endemismo, Estado de Conservación, Izabal, Remanentes de vegetación, Taxonomía.

Abstract.- Three new species of *Magnolia* sect. *Talauma* for Guatemala are described: *Magnolia alfredo-mironii* and *Magnolia stefaniana* from the cloud forest of the department of Alta Verapaz, while *Magnolia izabalensis* was recorded in the tropical rain forest of the department of Izabal. For each species, a taxonomic description, photographs, and a distribution map are presented. Additionally, the differences with its morphologically closest species are discussed, and their conservation status is analyzed.

Keywords: Alta Verapaz, Conservation status, Diversity, Endemism, Forest fragments, Izabal, Taxonomy, Threatens.

Introducción

La historia del género *Magnolia* Plum. ex L. está marcada por la polémica. En primera instancia fue descrito en 1703 por el religioso y botánico de origen Francés Charles Plumier en su libro *Nova Plantarum Americanum Genera* (Plumier 1703), con base a un espécimen recolectado en la isla de Martinica, y dedicado en honor al gran botánico francés Pierre Magnol, el holotipo fue *Magnolia dodecapetala* (Lam.) Govaerts. En 1735 el naturalista sueco Carlos Linneo aceptó el nombre bajo la autoría de Plumier y lo citó en su *Systema Naturae* (Linneo 1735), pero cuando se instituye el sistema binomial en 1753 con la publicación de *Species Plantarum* (Linneo 1753), Linneo decide reutilizar el nombre proponiendo el género *Magnolia* L. y utilizando otra especie como holotipo, en este caso *Magnolia virginiana* L., encontrada por unos misioneros enviados a Norteamérica en la década de 1680. Actualmente, algunas bases de datos reconocen ambos trabajos y la nomenclatura genérica es *Magnolia* Plum. ex L. (POWO 2023).

En Guatemala, el registro más antiguo de la presencia e importancia de las especies de *Magnolia* data de 1530, y corresponde a una imagen de un árbol de magnolia en el famoso Lienzo de Quauhquechollan (Figura 1), que es un códice náhuatl dibujado por los indígenas quauhquecholtecas, que se unieron a la conquista española para derrotar y someter a los habitantes de Guatemala y así culminar la conquista (UFM 2007; Archila & Torres 2023).

En la Flora de Guatemala de Standley & Steyermark (1946), se reportó la presencia de *Magnolia guatemalensis* Donn. Sm. y *Magnolia mexicana* D.C. [como *Talauma mexicana* (D.C.) G. Don.]. Posteriormente, después de 66 años se determinó que *M. mexicana* no está presente en el país, y

que en realidad el material recolectado en Guatemala representaba una especie no descrita, que más tarde fue nombrada como *Magnolia steyermarkii* A.Vázquez. (Vázquez-García et al. 2012).

En la actualidad se registran 16 especies en la sect. *Magnolia* y 6 especies en la sect. *Talauma* para Guatemala (Archila et al. 2022; Serrano et al. 2020; Vázquez-García et al. 2012, 2013, 2017, 2019, 2020, 2021, 2022). En el presente trabajo se describen y se suman tres nuevas especies para la sect. *Talauma* en Guatemala, para cada una de ellas se provee imágenes de sus estructuras, se analiza su estado de conservación y se discute sus relaciones con las especies más cercanas. Con estas adiciones se confirma que la sección Neotropical *Talauma* Baillon, es reconocida como uno de los clados más diverso del género (Vázquez-García et al. 2015; Wang et al. 2020).

Materiales y Métodos

Durante las exploraciones florísticas en los bosques nublados del departamento de Alta Verapaz se recolectó y fotografió material fértil de dos especies nuevas de *Magnolia* sect. *Talauma*. Además, otra especie de esta misma sección se describe a partir de un espécimen de herbario recolectado en el departamento de Izabal. A cada una de ellas se le realizó un análisis morfológico detallado para presentar su descripción taxonómica y discutir sus afinidades con otras especies; cabe mencionar que a pesar de que estas nuevas especies son conocidas solo de su localidad tipo no se descarta la posibilidad de que exista una mayor variación morfológica para estas especies a medida que se registren más individuos. Adicionalmente, se provee un mapa de su distribución, y se analiza su estado de conservación de acuerdo con los lineamientos de la IUCN 2022. Las especies nuevas se describen en apego al concepto morfológico de especies (Cronquist 1978). Para confirmar la identidad de estas nuevas especies se revisó literatura pertinente, se examinaron especímenes en BIGU e IBUG, los acrónimos de los herbarios siguen el catálogo de Thiers (2017), y los tipos disponibles de especies Neotropicales en las bases de datos (Trópicos database, <https://www.tropicos.org/> and the JSTOR Global Plants website <http://plants.jstor.org>).

Tratamiento taxonómico

Magnolia alfredo-mironii Archila, Tribouillier & A. Vázquez, *sp. nov.* (Figuras 2, 3).

Tipo:—GUATEMALA. Departamento de Alta Verapaz, Rubel Chaim, bosque nublado, 1400 m, 15°22'23" N, 90°21'06", 4 Jun 2023 (fl), *Fredy Archila, Javier Archila, Daniel Barillas, Stefania Archila, Claudia de Archila, Oscar Archila y Otto Alvarado*. Registrado por *Archila & Tribouillier MG-118* (holotipo: BIGU-85630!; isotipos: BIGU!, IBUG!).

Magnolia alfredo-mironii is similar to *Magnolia ottoii*, but it differs in having biggest oblong leaves, 50–55 × 24.5–28 cm, with obtuse apex (vs. elliptical, 40–42 × 18–23 cm, with retuse apex); floral bract 1 (vs. 2); white flowers, 23–25.2 cm in diam (vs. cream-colored, 20.2–22.2 cm in diam); petals 7 (vs. 6); and stamens 165–170 (vs. 102–108).

Árbol de 8–9 m de alto, ramas apicales con entrenudos largos de 5.0–12.0 × 1–1.5 cm, glabras, lenticelas color crema. Hojas oblongas o raramente elíptico-oblongas, 50–55 × 24.5–28 cm, glabras en ambos lados, ápice obtuso, base cuneada; pecíolo verrucoso en hojas maduras, alargado de 11.5–13.5 cm, con la base engrosada, 0.5–0.6 × 0.4–0.5 cm, plano en la parte dorsal debido a la cicatriz estipular que ocupa toda su extensión y curvo en la parte ventral; 8–10 nervaduras secundarias por lado, la vena media ligeramente impresa en el haz, prominente en el envés, las venas laterales ligeramente prominentes en el haz, prominentes en el envés, venación reticulada ligeramente prominente en ambos lados. Pedúnculo floral 1.2–1.4 × 3.2–3.4 cm, glabro. Bráctea floral 1, 8–8.2 × 10.4 cm. Flores solitarias, terminales, blancas, 23–25.2 cm de diámetro; sépalos 3, oblongos, ápice redondeado, coriáceos, con 5 venas evidentes en la parte abaxial, 11–12 × 9.5–10 cm; pétalos 7, en dos series de 3 y uno adicional, la serie externa son anchamente elípticos, 10–10.2 × 6–6.4 cm, ápice obtuso-agudo, la serie interna son elípticos, 9–9.4 × 4.8–5 cm, ápice agudo, el pétalo solitario es elíptico, 7.8–8 × 3.4–3.8 cm, ápice agudo; estaminóforo blanco, 1–1.2 × 1.2–1.4 cm; estambres 165–170, 1.2–1.3 × 0.2–0.3 cm; gineceo romboide, blanco con amarillo, 6.6–7 × 4.8–5 cm, estigmas persistentes, carpelos 35–39. Fruto no visto.

Etimología.—Dedicada en honor al Sr. Alfredo Mirón, como un reconocimiento a su labor y esfuerzo por el desarrollo del país.

Distribución, hábitat y fenología.- Endémica del departamento de Alta Verapaz, crece en un bosque nublado a 1400 m, la zona de vida reconocida es el Bosque Muy Húmedo Subtropical frío, con un patrón de lluvia que promedia los 2284 mm anuales, y una temperatura que oscila entre 16° a 23°C. (De la Cruz, 1982). Se la localizó en un cauce rocoso kárstico junto a *Ostrya virginiana* (Mill.) K. Koch (Betulaceae). Florece en junio (Figuras 4, 5).

Estado de conservación.- Esta especie se la conoce únicamente del individuo tipo, que se encuentra en un remanente de bosque nublado. Además, se evidencia que los bosques de la región están amenazados por el establecimiento de plantaciones de aguacate, pino y hortalizas de exportación, sin embargo, no se tiene estimaciones de estas afectaciones sobre la cobertura boscosa de la región. En consecuencia, de acuerdo con los lineamientos de la IUCN 2019 la especie es considerada como Vulnerable (VU) D2. Es urgente realizar exploraciones en esta área para determinar la distribución real y tamaño de la población.

Discusión.- *Magnolia alfredo-mironii* pertenece a *M.* sect. *Talauma* y presenta las hojas más grandes (50–55 × 24.5–28 cm) de entre todas las especies de *Magnolia* de Guatemala (Figura 4), al parecer es una adaptación que hace más eficiente la competencia por la luz en la sucesión temprana durante la regeneración de claros. Morfológicamente es similar a *M. ottoi*, pero se diferencia porque esta es una especie del dosel (35–40 m) que crece en bosques maduros; mientras que, la nueva especie es un árbol pequeño (8 m) que se encuentra creciendo en un área abierta de un cauce de río (Tabla 1).

Paratipos.—GUATEMALA. Departamento de Alta Verapaz, Rubel Chaim, 1400 m, 2 Abr 2023, F. Archila, J. Archila, D. Barillas, S. Archila, C. de Archila, O. Archila y O. Alvarado. Registrado por Archila & Tribouillier MG-119 (BIGU!).

Magnolia izabalensis Archila, Tribouillier & A. Vázquez, *sp. nov.* (Figura 6)

Tipo.—GUATEMALA. Departamento de Izabal, Municipio de Quiriguá, Corozal entre Cienaga y Seja, en el camino que conduce a ciudad de Guatemala, 6 May 1971, Elías Contreras 10735 (holotipo: US-2795131! (fl)).

Magnolia izabalensis grows around the sea level in the tropical rain forest, while *M. ottoi* grows at 1600 m in the cloud forest. Morphologically *M. izabalensis* has smaller leaves, 20–21 × 7–8 cm, with acute apex (vs. leaves 40–42 × 18–23 cm, with retuse apex); shorter petioles, 1.8–2.5 cm (vs. 11–13 cm); stamens 72–75 (vs. 102–108); and carpels 30–31 (vs. 38–50).

Árbol 36.6 m de alto, 76.2 cm de DAP. Ramas apicales con entrenudos cortos de 0.4–0.5 × 0.4–0.5 cm, glabras. Hojas juveniles anchamente elípticas, 16–16.5 × 9–9.5 cm, ápice obtuso, peciolo 2.5 cm, plano en la parte dorsal debido a la cicatriz estipular que ocupa toda su extensión y curvo en la parte ventral, nervadura central pubescente, 11–12 nervaduras secundarias por lado, la vena media plana en el haz, prominente en el envés, las venas laterales ligeramente prominentes en el haz, prominentes en el envés, venación reticulada ligeramente prominente en ambos lados; hojas maduras elípticas, 20–21 × 7–8 cm, ápice agudo, peciolo 1.8 cm, plano en la parte dorsal y curvo en la parte ventral, nervios terciarios paralelos entre sí. Pedúnculo floral 0.3–0.4 × 0.8–0.9 cm, glabro. Bráctea floral no vista. Flores solitarias, terminales; sépalos 3, oblongos, ápice agudo, 5.3–5.5 × 2.5–3 cm; pétalos al parecer 6, en dos series de 3, 4–4.2 × 2–2.2 cm, ápice cóncavo aristado; estaminóforo 0.55–0.6 × 0.8–1 cm; estambres 72–75, 0.8–1.2 × 0.2–0.3 cm; gineceo romboide, 3–3.3 × 1.5 cm, estigmas persistentes, carpelos 30–31. Fruto no visto.

Etimología.- El epíteto hace referencia a la región donde fue recolectado el holotipo, el Departamento de Izabal, localizado al nororiente del país.

Distribución, hábitat y fenología.- Endémica del Departamento de Izabal, se encuentra creciendo en la zona de vida denominada Bosque Muy Húmedo Tropical, con una precipitación promedio anual de 3583 mm, y temperatura promedio de 25.3°C (De la Cruz, 1982). Actualmente la región ha sido deforestada en su totalidad para la siembra de palma africana y ganadería extensiva. Las flores se han registrado en mayo, no se conoce el fruto (Figura 5).

Estado de conservación.- Esta especie se conoce únicamente del espécimen tipo que fue recolectado hace 52 años, actualmente toda la región se encuentra deforestada y en su lugar se han establecido sembríos extensos de palma africana y pastizales para ganado vacuno. Por lo que de acuerdo con los lineamientos de la IUCN 2019 la especie es considerada En Peligro Crítico (CR A4ace); sin embargo, con base a la observación directa se considera que la especie pudiera estar Extinta (EX). En consecuencia, urge la necesidad de realizar exploraciones en el área para tratar de localizar individuos y empezar con planes de conservación *in situ* y *ex situ*.

Discusión.- *Magnolia izabalensis* pertenece a *M. sect. Talauma* y es morfológicamente similar a *M. otto* (Tabla 1). Difiere por sus hojas de menor tamaño, 20–21 × 7–8 cm (vs. 40–42 × 18–23 cm), peciolo cortos de 1.8–2.5 cm (vs. 11–13 cm), menos estambres, 72–75 (vs. 102–108), y menos carpelos, 30–31 (vs. 38–50).

Magnolia stefaniana Archila, Á.J. Pérez & A. Vázquez, *sp. nov.* (Figuras 7, 8)

Tipo:—GUATEMALA. Departamento de Alta Verapaz, Carchá, a la orilla del río, 1350 m, 20 May 2023, recolectada por *Fredy Archila, Claudia de Archila, Oscar Archila, Javier Archila*. Registrado por *Archila & Tribouillier MG-120* (holotipo: BIGU-85629! (fl, fr); isotipo: BIGU!, IBUG! (fl, fr)).

Magnolia stefaniana is similar to *M. otto*, but can be recognized by its smaller leaves, 13.5–18.3 × 6.5–8.3 cm, with obtuse apex (vs. leaves 40–42 × 18–23 cm, with retuse apex); shorter petioles, 6–8 cm (vs. 11–13 cm); and more stamens, 150–155 (vs. 102–108).

Árbol de hasta 20 metros de alto, 40 cm de DAP. Ramas apicales con entrenudos cortos de 0.9 × 0.9 cm, glabras, lenticelas cremosas. Hojas elípticas, 13.5–18.3 × 6.5–8.3 cm, glabras en ambos lados, ápice obtuso, base cuneada; peciolo alargado de 6–8 × 0.2–0.3 cm, con la base levemente engrosada, 0.4–0.55 × 0.45–0.5 cm, plano en la parte dorsal debido a la cicatriz estipular que ocupa toda su extensión y curvo en la parte ventral; 9–11 nervaduras secundarias por lado, la nervadura plana en el haz, prominente en el envés. Pedúnculo floral 1.8–1.9 × 1–1.1 cm, glabro. Bráctea floral 2, la externa de textura leñosa, globosa a sacciforme, con su parte distal apiculada, 3.8–4 × 4.2–4.4 cm, la interna globosa, con su parte distal apiculada, 5.5–5.7 × 8.5–8.6 cm. Flores solitarias, terminales, cremosas con manchas café en su interior, las manchas presentan secreciones pegajosas, 18–19.2 cm de diámetro; sépalos 3, sin manchas ni secreciones, anchamente obovados, ápice redondeado, coriáceos, 7–7.2 × 4.3–4.5 cm; pétalos 6, en dos series de 3, la serie externa son espatulados, 5.5–5.7 × 3.1–3.3 cm, ápice redondeado, la serie interna son subespatulados, naviculares, 5.5–5.8 × 2.7–2.8 cm, ápice acuminado; estaminóforo blanco, 0.5–0.6 × 0.7–0.9 cm; estambres 150–155, 1.5–1.6 × 0.15–0.2 cm; gineceo romboide, amarillento, 3.3–3.5 × 2–2.2 cm, estigmas blancos, deciduos, carpelos 45–50. Fruto oblongo-romboide, 10.4–11.4 × 5.3–5.9 cm.

Etimología.- Dedicada en honor a Stefania Archila Morales, compañera en varias exploraciones florísticas y co-colectora del holotipo.

Distribución, hábitat y fenología.- Endémica del Departamento de Alta Verapaz, en un bosque nublado a 1350 m. La zona de vida reconocida es el Bosque Muy Húmedo Subtropical frío, con un patrón de lluvia que promedia los 2284 mm anuales, y una temperatura que oscila entre los 16° a 23°C (De la Cruz, 1982). Se la encuentra creciendo al borde del río, lo que sugiere que necesita de alta humedad para su desarrollo; otros géneros representativos en el hábitat son *Ficus*, *Amphitecna*, *Liquidambar*, *Ostrya*, *Pouteria*, *Mortoniendron*. Las flores y los frutos fueron recolectados en mayo; al parecer esta especie florece y fructifica a lo largo del año (Figura 5).

Estado de conservación.- La zona donde se encuentra creciendo *M. stefaniana* ha sido afectada por el cambio de uso de suelo para el desarrollo y crecimiento urbano, provocando la destrucción de los bosques nublados de la región y una erosión significativa del suelo. El único individuo conocido de esta especie crece en un pequeño remanente de bosque que se encuentra en constante amenaza, por lo que a esta especie se la considera Vulnerable (VU) D2 según los lineamientos de la IUCN 2019. Este dato se considera provisional, debido a que se

necesita seguir explorando la región para conocer el tamaño real de la población y empezar planes de conservación *in situ* y *ex situ*.

Discusión.—*Magnolia stefaniana* pertenece a *M.* sect. *Talauma* y es morfológicamente similar a *M. ottoii* (Tabla 1). Difiere por ser un árbol de menor tamaño 20 m (vs. 35–40 m). Las hojas son de menor tamaño 13.5–18.3 × 6.5–8.3 cm (vs. 40–42 × 18–23 cm) y los peciolos cortos de 6–8 cm (vs. 11–13 cm). Estambres 150–155 (vs. 102–108). Los estigmas son deciduos (vs. persistentes). Fruto oblongo-romboide de 10.4–11.4 × 5.3–5.9 cm (vs. ovoide de 13.0–15.0 × 7.5–8.5).

Paratipos:—GUATEMALA. Departamento de Alta Verapaz, Carchá, a la orilla del río, 1350 m, 6 Jun 2023, recolectado por F. Archila, C. Cortez de Archila, O. R. Archila, J. Archila, R. Aguilar Jr., S. Archila, D. Ordoñez. Registrado por Archila & Tribouillier MG-121 (BIGU!(fl, fr)).

Agradecimientos

A todo el personal del herbario BIGU por las facilidades brindadas para el procesamiento de los especímenes, y al Ing. Juan Manuel Cano por diseñar la figura 5. A los revisores, cuyas ediciones y sugerencias dieron realce al presente trabajo.

Declaración de interés y contribución de los autores

Todos los autores declaran que no existe conflicto de intereses. FA, ET, OA monitorearon, recolectaron y fotografiaron las especies aquí descritas. Todos los autores contribuyeron equitativamente en la redacción del texto.

Referencias

Archila F, Tribouillier-Navas E & Aguilar RE. 2022. Una nueva especie de *Magnolia* de los bosques tropicales lluviosos. *Guatemalensis* 25: 122-128.

Archila F, Torres M. 2023. Historia del género *Magnolia* L. para Guatemala. *Guatemalensis* 26 (2): 1-16 pp.

Cronquist, A. 1968. The evolution and classification of flowering plants. Riverside Studies in Biology, Allen Press, New York.

De la Cruz, René. 1982. Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento. MAGA/INAFOR. Guatemala C.A, 36 pp.

IUCN Standards and Petitions Committee. 2019. Guidelines for using the IUCN Red List categories and criteria, version 15. Prepared by the Standards and Petitions Committee. Disponible en: <http://www.iucnredlist.org/documents/RedListGuidelines.pdf> (consultado 31 Oct 2023).

Linnaeus, C. 1735. *Systema Naturae*. Leiden. 11 pp

Linnaeus, C. 1753. *Species plantarum* 1. Salvius. Stockholm. 560 pp.

Plumier, C. 1703. *Nova Plantarum Americanum Genera*. Paris. 56 pp.

POWO. 2023. Plants of the World Online. Facilitated by the Royal Botanic Gardens, Kew. Published on the Internet; <http://www.plantsoftheworldonline.org/> (Revisado 16 Oct 2023).

Serrano MJ, Grajeda-Estrada R, Villalobos A, Álvarez-Ruano MR & Vázquez-García JA. 2020. *Magnolia poqomchi*, a new species of subsection *Magnolia* (Magnoliaceae) from San Cristóbal Verapaz, Alta Verapaz, Guatemala. *Phytotaxa* 454: 231-243. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.454.4.1>

Standley P, Steyermark J. 1946. *Flora of Guatemala* 24 (IV). Chicago. 493 pp.

Thiers B. (Ed). 2017. Index herbariorum: a global directory of public herbaria and associated staff. New York Botanical Garden's Virtual Herbarium. Disponible en: <http://sweetgum.nybg.org/science/ih/> (revisado 16 Oct 2023).

UFM. 2007. El Lienzo de la Conquista, QUAUHQUECHOLLAN, A Chronicle of Conquest. Universidad Francisco Marroquín. Exploraciones sobre la Historia. Explorations on History. UFM y Banco G & T Continental. 89 pp.

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

Vázquez-García JA, Pérez-Farrera MA, Gómez-Dominguez H, Muñiz-Castro MA & Sahagún-Godínez E. 2017. *Magnolia montebelloensis*, a new species in section *Magnolia* from Lagunas of Montebello National Park, Chiapas, with a key to Magnoliaceae of Chiapas. Phytotaxa 328: 101-114. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.328.2.1>

Vázquez-García JA, Tribouillier-Navas E, Archila F & Véliz-Pérez ME. 2019. A conspectus of *Magnolia* (Magnoliaceae) in Guatemala: novelties and conservation concern. Phytotaxa 427: 221-238. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.427.4.1>

Vázquez-García JA, Tribouillier-Navas E, Archila F & Véliz-Pérez ME. 2020. *Magnolia ottoi* (Magnoliaceae) a new species from Purulhá, Baja Verapaz, Guatemala: conservation and Mayan Q'eqchi' ethnotaxonomy. Phytotaxa 455: 187-195. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.455.3.1>

Vázquez-García JA, Tribouillier-Navas E, Archila F, Véliz-Pérez ME, Ortega Peña AS & Shalisko V. 2021. Three new species of *Magnolia* (Magnoliaceae) endemic to the north-wet-arc in the Maya Highlands of Guatemala. Phytotaxa 529(1): 57-70. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.529.1.4>

Vázquez-García JA, Tribouillier-Navas E, Archila F, Aguilar RE & Shalisko V. 2022. Two new species of *Magnolia* (Magnoliaceae) from Alta Verapaz and Quiché, Guatemala Phytotaxa 559 (1): 35-44. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.559.1.4>

Wang Y, Liu B, Nie Z, Chen H, Chen F, Figlar RB & Jun W. 2020. Major clades and a revised classification of *Magnolia* and Magnoliaceae based on whole plastid genome sequences via genome skimming. Journal of Systematics and Evolution 58: 673-695. DOI: <https://doi.org/10.1111/jse.12588>

Figuras

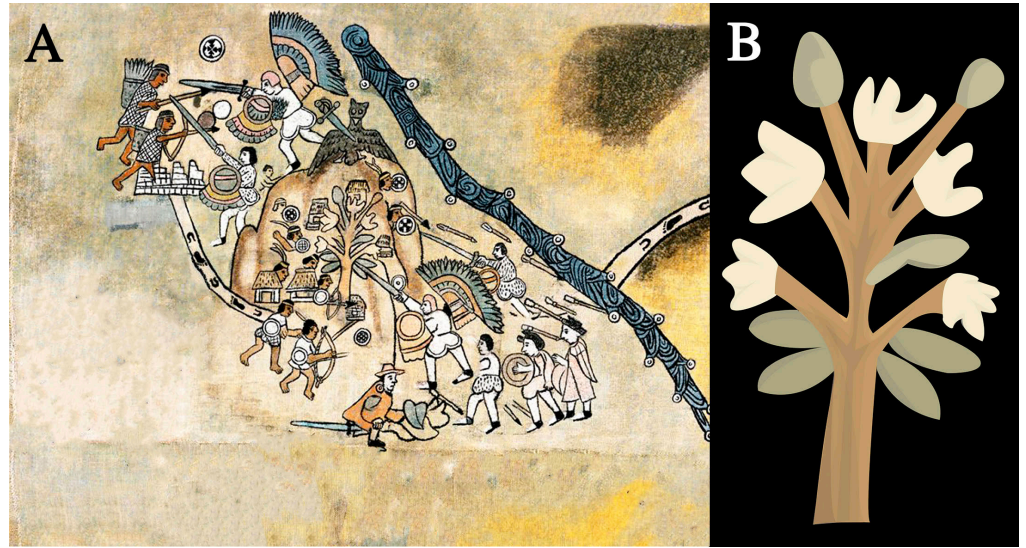


Figura 1. **A.** Fragmento del mapa de Quauquechollan con la representación de una *Magnolia* en el centro de la escena, reconstrucción digital (UFM 2007). **B.** Imagen de *Magnolia* extraída del lienzo de Quauquechollan y editada para su análisis (Archila & Torres 2023).



Figura 2. Holotipo de *Magnolia alfredo-mironii*.

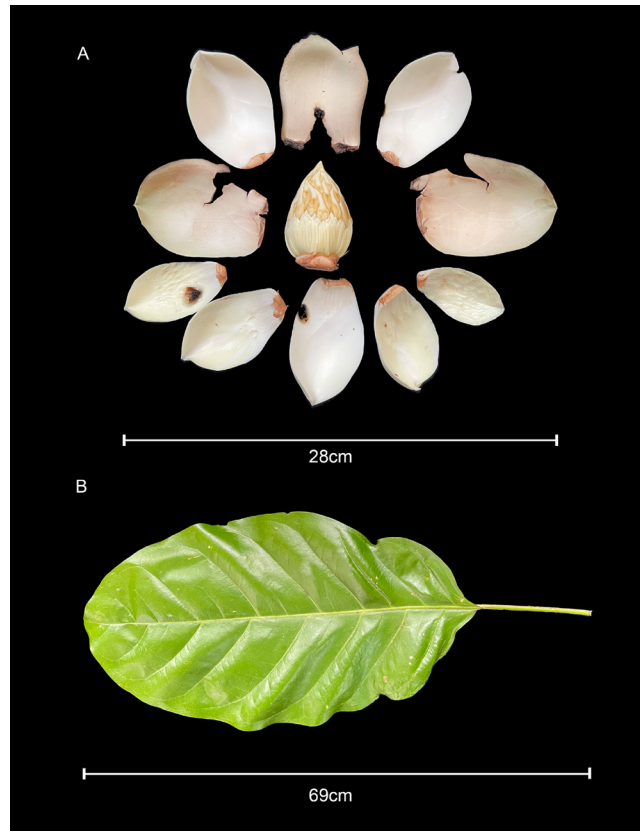


Figura 3. *Magnolia alfredo-mironii*. **A.** Detalle de las estructuras florales. **B.** Hoja madura. A, B de Archila & Tribouillier MG-118 (BIGU). Fotografías de Fredy Archila.



Figura 4. Hábitat de roca kárstica donde crece *Magnolia alfredo-mironii*. Rama con hojas. Fotografía de Javier Archila.

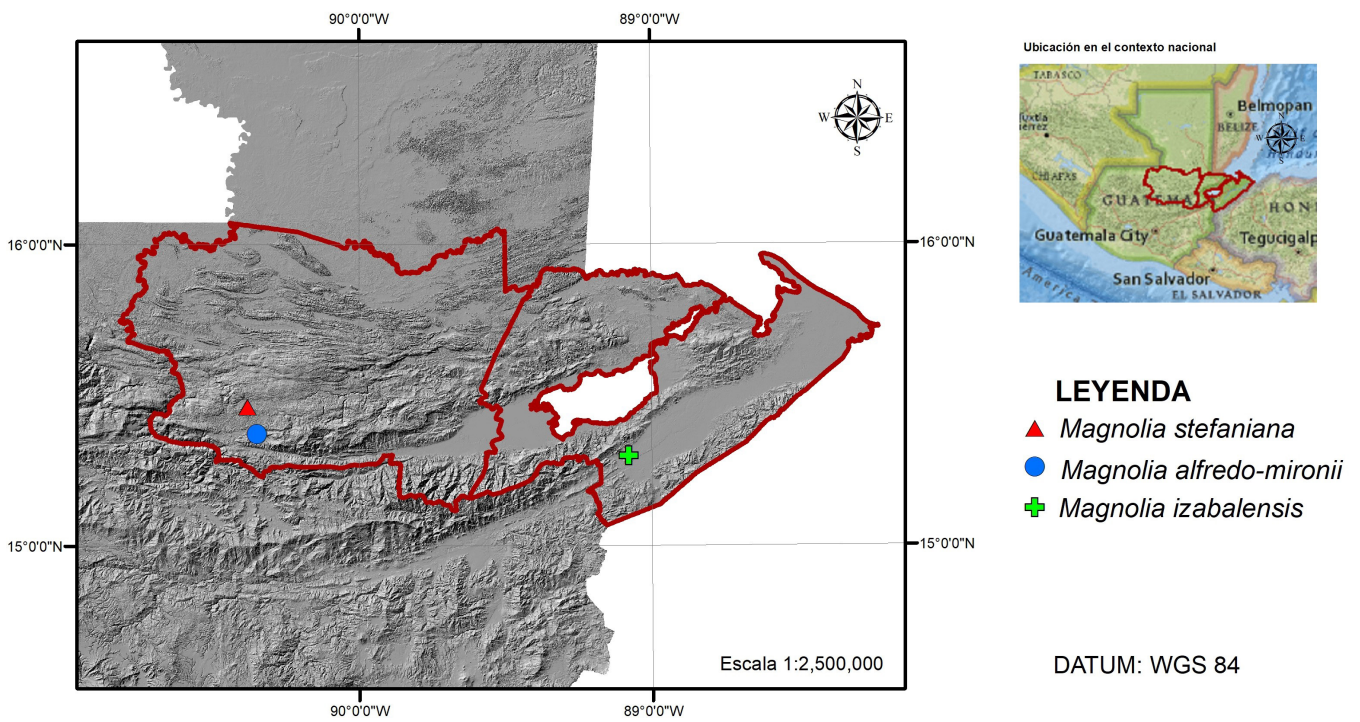


Figura 5. Mapa de ubicación de las localidades conocidas para las tres nuevas especies de *Magnolia* sect. *Talamia* de Guatemala. (Elaborado por el Ing. Juan Manuel Cano).



Figura 6. Holotipo de *Magnolia izabalensis*.



Figura 7. Holotipo de *Magnolia stefaniana*.

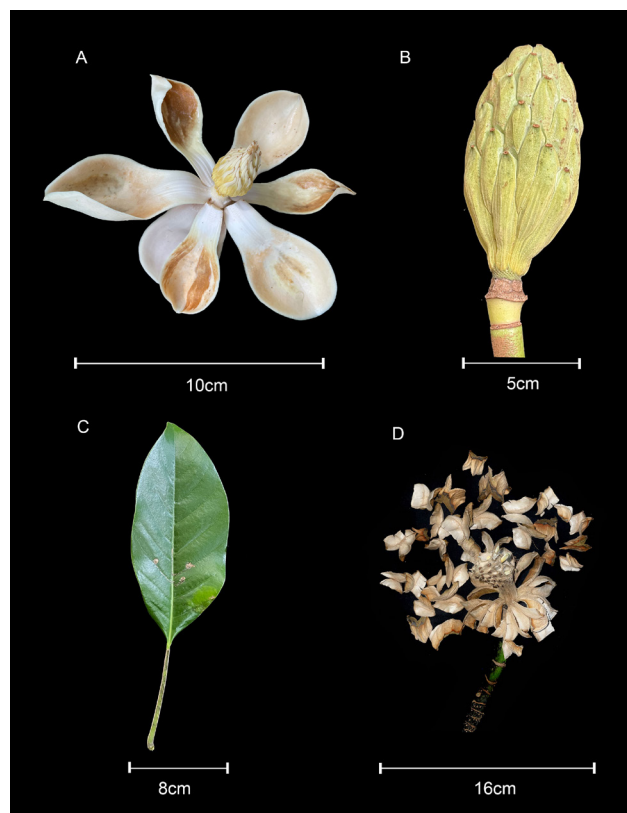


Figura 8. *Magnolia stefaniana*. **A.** Detalle de las estructuras florales. **B.** Fruto. **C.** Hoja mostrando la cicatriz estipular en el peciolo. **D.** Fruto maduro. A-D de Archila & Tribouillier MG-120. Fotografías de Fredy Archila.

Tabla 1. Diferencias morfológicas entre *Magnolia alfredo-mironii*, *M. izabalensis*, *M. stefaniana* con *M. ottoii*.

Característica	<i>M. alfredo-mironii</i>	<i>M. izabalensis</i>	<i>M. stefaniana</i>	<i>M. ottoii</i>
Tamaño árbol (m)	8	36.6	20	35–40
Tamaño lámina hoja (cm)	50–55 × 24.5–28	20–21 × 7–8	13.5–18.3 × 6.5–8.3	40–42 × 18–23
Forma de la hoja	Oblongas (-elíptico-oblongas)	Elíptica	Elíptica	Elíptica
Base hoja	Cuneada	Cuneada	Cuneada	Cuneada
Ápice hoja	Obtuso	Agudo	Obtuso	Retuso
Número de venas secundarias	8–10	11–12	9–11	10–13
Pecíolo, largo (cm)	11.5–13.5	1.8–2.5	6–8	11–13
Pecíolo, diámetro de la base (cm)	0.5–0.6		0.4–0.55	0.6–0.7
Pedúnculo floral (cm)	1.2–1.4 × 3.2–3.4	0.3–0.4 × 0.8–0.9	1.8–1.9 × 1–1.1	
Número de brácteas florales	1		2	2
Brácteas tamaño (cm)	8–8.2 × 10.4		3.8–5.7 × 4.2–8.6	5–6.5 × 7.5–8
Diámetro de la flor (cm)	23–25.2		18–19.2	20.2–22.2
Número de sépalos	3	3	3	3
Sépalos (cm)	11–12 × 9.5–10	5.3–5.5 × 2.5–3	7–7.2 × 4.3–4.5	7.5–10 × 6–8.5
Número de pétalos	7	6	6	6
Pétalos externos (cm)	10–10.2 × 6–6.4	4–4.2 × 2–2.2	5.5–5.7 × 3.1–3.3	8.0–9.0 × 4–5.7
Pétalos internos (cm)	9–9.4 × 4.8–5		5.5–5.8 × 2.7–2.8	
Estaminóforo tamaño (cm)	1–1.2 × 1.2–1.4	0.55–0.6 × 0.8–1	0.5–0.6 × 0.7–0.9	
Número de estambres	165–170	72–75	150–155	102–108
Estambres, tamaño (cm)	1.2–1.3 × 0.2–0.3	0.8–1.2 × 0.2–0.3	1.5–1.6 × 0.15–0.2	1 × 0.2
Número de carpelos	35–39	30–31	45–50	38–50
Gineceo (cm)	6.6–7 × 4.8–5	3–3.3 × 1.5	3.3–3.5 × 2–2.2	
Estigmas	Persistentes	Persistentes	Deciduos	Persistentes
Fruto forma			Oblongo-romboide	Ovoide
Fruto tamaño (cm)			10.4–11.4 × 5.3–5.9	13.0–15.0 × 7.5–8.5

NOTA CIENTÍFICA

Ensayos de sobrevivencia y crecimiento inicial con tres especies forestales en un matorral andino del sur del Ecuador

Survival and initial growth trials with three forest species in an andean shrubland in southern Ecuador

 Leonardo Paúl González Niveló^{1*}, Vanessa Alexandra Granda Moser², Ivett Carolina Pacheco Cueva² y Zhofre Huberto Aguirre Mendoza²

¹ Universidad Nacional de Loja, Parque Universitario "Francisco Vivar Castro", Km 5 vía a Vilcabamba, Loja, Ecuador. lpgonzalez@unl.edu.ec, <https://orcid.org/0000-0002-3820-4813>

² Universidad Nacional de Loja. Ciudadela Universitaria "Guillermo Falconí Espinosa", Loja, Ecuador. vanagranda78@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0005-4725-9460>; zhofre.aguirre@unl.edu.ec, <https://orcid.org/0000-0002-6829-3028>; ivett.pacheco@unl.edu.ec, <https://orcid.org/0009-0003-6242-3877>

*Autor para correspondencia:
lpgonzalez@unl.edu.ec

Recibido: 20-11-2023
Aceptado: 24-11-2023
Publicado: 27-11-2023

DOI: 10.26807/remcb.v44i2.972

eISSN 2477-9148



Como citar este artículo:
Gonzalez-Niveló L. 2023. Ensayos de sobrevivencia y crecimiento inicial con tres especies forestales en un matorral andino del sur del Ecuador. Revista Ecuatoriana de Medicina y Ciencias Biológicas 44 (2): 63-73. doi: 10.26807/remcb.v44i2.972

Resumen.- La vegetación nativa del matorral andino ha sido constantemente alterada por incendios, ampliación de la frontera agrícola y ganadería. Actualmente, se han convertido en un ecosistema frágil y poco resiliente. Este estudio busca aportar al conocimiento de la reforestación de estos ambientes y promover la recuperación de su vegetación y funcionalidad. Para esto se evaluó el crecimiento y sobrevivencia inicial en dos ensayos con tres especies nativas: *Lafoensia acuminata*, *Podocarpus sprucei* y *Handroanthus chrysanthus*. Las especies se plantaron en parcelas homogéneas, densidad de siembra de 3 x 3 m, 60 individuos por especie en cada ensayo. Se evaluaron crecimientos en diámetro basal, altura total, sobrevivencia y la relación del crecimiento con variables edáficas (textura, pendiente, densidad aparente, pH, materia orgánica y carbono) en un intervalo de 11 meses. Se encontró una sobrevivencia alta en *L. acuminata* (100 %), *H. chrysanthus* (≥ 93 %) y *P. sprucei* (≥ 85 %). Existe diferencias significativas ($< 0,0001$) en incremento del diámetro basal y altura total entre *L. acuminata* y *H. chrysanthus*. Las variables edáficas más correlacionadas con el crecimiento inicial fueron el pH, densidad aparente, materia orgánica y carbono. Preliminarmente, las tres especies tienen potencial para la reforestación de este matorral andino; *L. acuminata* fue la de mejor sobrevivencia inicial y mayor crecimiento.

Palabras clave: restauración ecológica, dinámica de crecimiento, especies forestales, monitoreo, factores edáficos.

Abstract.- The native vegetation of the Andean scrubland has been constantly altered by fires, expansion of the agricultural frontier and livestock farming. Currently, they have become a fragile and not very resilient ecosystem. This study seeks to contribute to the knowledge of the reforestation of these environments and promote the recovery of their vegetation and functionality. For this, initial growth and survival were evaluated in two trials with three native species: *Lafoensia acuminata*, *Podocarpus sprucei* and *Handroanthus chrysanthus*. The species were planted in homogeneous plots, planting density of 3 x 3 m, 60 individuals per species in each trial. Growth was evaluated in basal diameter, total height, survival and the relationship of growth with edaphic variables (texture, slope, apparent density, pH, organic matter and carbon) in an interval of 11 months. High survival was found in *L. acuminata* (100%), *H. chrysanthus* ($\geq 93\%$), and *P. sprucei* ($\geq 85\%$). There are significant differences (< 0.0001) in increase in basal diameter and total height between *L. acuminata* and *H. chrysanthus*. The edaphic variables most correlated with initial growth were pH, apparent density, organic matter and carbon. Preliminarily, the three species have potential for the reforestation of this Andean scrubland; *L. acuminata* had the best initial survival and greatest growth.

Key words: ecological restoration, growth dynamics, survival, monitoring, edaphic factors.

Introducción

La degradación de la tierra es un problema global que afecta a los recursos forestales y a su vez a la integridad y salud de los ecosistemas de los cuales dependen directamente las personas. El planeta ha perdido 178 millones de hectáreas de bosque hasta el año 2020, sin embargo, aún se conservan grandes extensiones como los bosques tropicales que representan el 40 % de la cobertura global (FAO, 2021). Por ello se promueve la evaluación de los recursos forestales mundiales con la participación de gobiernos internacionales, Organismos gubernamentales y no gubernamentales incluidos en la Agenda 2030.

Ecuador no es la excepción. Su territorio enfrenta la degradación de los ecosistemas, causada principalmente por la conversión de uso de suelo, aprovechamiento forestal no sostenido, deforestación y escasa gobernanza forestal (Torres et al., 2020). Estas actividades han contribuido a la reducción de los bosques en un 56 % desde 1990 hasta 2018 (Sierra et al., 2021). Sumado a esto, los matorrales interandinos representan 11 266 km² del Ecuador continental y son poco protegidos, viéndose afectados por la degradación (Ron, 2020). En el caso del cantón Loja alberga 21,33 % de matorral que tienen alta probabilidad de incendios (Reyes-Bueno y Balcazar-Gallegos, 2021). Por ejemplo, desde enero hasta octubre de 2023 se han quemado 354,59 ha de cobertura natural (Dirección de Monitoreo de Eventos Adversos, 2023) provocando la pérdida de biodiversidad incalculable.

La magnitud de esta degradación refuerza la necesidad imperiosa de desarrollar estrategias de reforestación, enriquecimiento y sistemas agroforestales que permitan restaurar los paisajes naturales. Ecuador se ha sumado a las iniciativas internacionales contra la degradación y el cambio climático adoptando como base la restauración. Inicialmente, la restauración se promovió en 1980 (Murcia et al., 2017) y actualmente consta con un Plan Nacional de Restauración Forestal 2019-2030. Este plan prioriza las áreas de restauración en sus tres regiones continentales (litoral, sierra y amazonia), (Ministerio del Ambiente, 2019). Se aspira que para el año 2030 se logren restaurar 30 000 ha mediante restauración activa y pasiva.

La restauración también conlleva un proceso de monitoreo que permite evaluar la eficacia de las estrategias utilizadas. Principalmente, se monitorean variables fáciles de medir y que permitan visualizar cambios, como la sobrevivencia de plántulas, condiciones físico-químicas del suelo, recurso hídrico, flora (Aguilar-Garavito y Ramírez, 2015; ECOPAR y GIZ, 2023). Por ejemplo, los suelos son la base para el desarrollo de las comunidades biológicas (Aguilar-Garavito y Ramírez, 2015) y por ende un factor influyente en el desarrollo de las especies forestales (De las Salas, 1987). Las perturbaciones modifican los suelos, por lo cual es relevante conocer su estado actual (Jiménez et al., 2007) y su relación con el desarrollo de las plantas.

La presente investigación se realizó en el ecosistema andino debido a que estos son ecosistemas de alta biodiversidad que han sido fragmentados por la deforestación y los cambios de uso de suelo (Bustamante y Salles, 2020). Un caso particular es el matorral andino del cantón Loja, que es susceptible y constantemente afectado por incendios, especialmente desde julio hasta diciembre (Reyes-Bueno y Balcazar-Gallegos, 2021). Como una alternativa para restaurar estos ambientes, se plantó y evaluó el crecimiento y sobrevivencia inicial de plántulas de tres especies forestales nativas consideradas de gran potencial para la restauración de estos paisajes.

Metodología

Área de estudio.- El ensayo se realizó en el Parque Universitario "Francisco Vivar Castro" de la Universidad Nacional de Loja, a 2 450 m s.n.m. (79° 11' 07" y 79° 12' 03" oeste; 04° 01' 37" y 04° 02' 02" sur; Figura 1). Los remanentes naturales corresponden a matorrales andinos y bosques siempreverdes montano del Sur de la Cordillera Oriental de los Andes. El matorral en estudio ha sido afectado periódicamente por incendios desde 1989. El último suceso se dio en 2017 y se afectaron ~7 ha entre matorral y páramo antrópico (Sarango-Cobos et al., 2019), lo cual ha contribuido a la degradación del ecosistema en su composición, estructura y funcionalidad. Actualmente el área se encuentra en recuperación y está dominada por arbustos y hierbas. Los árboles son escasos y poco desarrollados. Los ensayos se establecieron en dos matorrales.

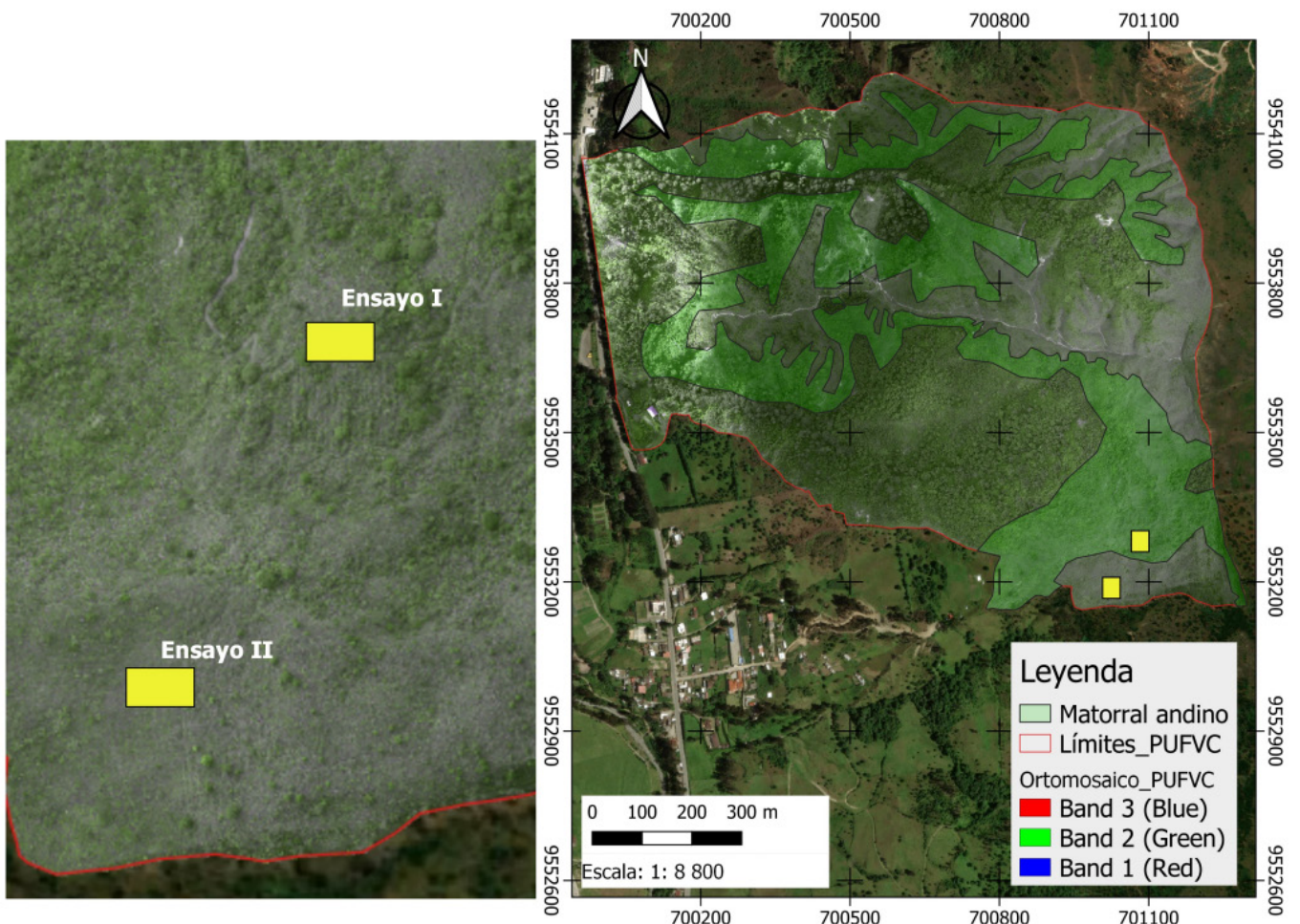


Figura 1. Mapa de ubicación de la cobertura vegetal de matorral andino en el Parque Universitario "Francisco Vivar Castro". Fuente: Ortomosaico proporcionado por el Centro de Investigaciones Territorial (CIT), Universidad Nacional de Loja.

Diseño y establecimiento de los ensayos de restauración.- Basado en el estudio de Aguirre et al. (2019) en un matorral andino, se establecieron dos ensayos homogéneos mediante un diseño sistemático en bloques. Se seleccionaron tres especies forestales nativas con un alto valor ecológico y económico: *Handroanthus chrysanthus*, *Lafoensia acuminata* y *Podocarpus sprucei*. Estas especies son fáciles de propagar por lo cual se logró conseguir plantas en vivero de aproximadamente un año de edad. La procedencia del material vegetal es de árboles semilleros manejados por el vivero.

Handroanthus chrysanthus es una especie heliófita (Aguirre y León, 2011) y presenta una distribución amplia sobre suelos levemente húmedos (Villacis et al., 2015), con pendientes escarpadas. *Lafoensia acuminata*, es una especie esciófita (Díaz y Velásquez, 2015) y heliófita que puede encontrarse cultivada en avenidas, parques o jardines, aunque estos sitios no presentan buenas características edafoclimáticas, la resiliencia ha contribuido a su adaptabilidad. Por otra parte, *Podocarpus sprucei* se observa en zonas abiertas menos intervenidas o en bosques naturales bien conservados. Según Hofstede et al. (1998) esta especie se distribuye en condiciones extremas hasta 3900 m s.n.m con precipitaciones > 1000 mm.

Las plantas (individuos) antes de plantarse presentaron alturas promedio de 25 cm. Se implementaron tres repeticiones para cada especie, con un total de nueve repeticiones por ensayo. Cada repetición contiene 20 individuos plantados a una densidad de 3 x 3 m, dando un total de 60 individuos por especie en cada ensayo (Figura 2).

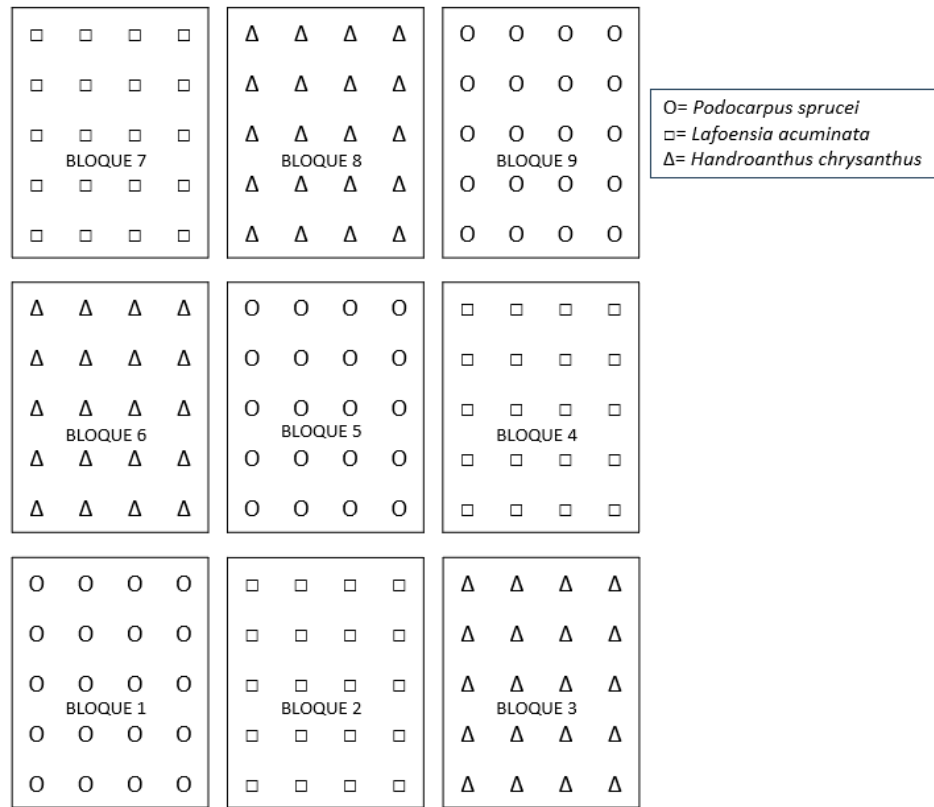


Figura 2. Diseño de los ensayos de restauración con tres especies forestales establecidas en el matorral andino.

Monitoreo de los dos ensayos de restauración con tres especies forestales.- Las especies fueron plantadas en enero de 2022 aprovechando la temporada de lluvias. El monitoreo consistió en evaluar el crecimiento y desarrollo de las plantas, a través de variables dasométricas como diámetro basal (medida a un centímetro sobre el nivel suelo) y altura total. Estas variables fueron medidas en dos fases: fase inicial en febrero de 2022 y fase dos en enero de 2023. En este periodo se evaluó la sobrevivencia y mortalidad de los individuos. Adicionalmente, en las dos fases también se evaluaron las condiciones físicas del sitio, tomando como referencia el suelo (características físicas y químicas).

Cálculo de la sobrevivencia.- La sobrevivencia se calculó para cada especie con base a la relación porcentual de los individuos vivos al final del monitoreo y los establecidos al inicio de la plantación, se aplicó la ecuación 1.

$$\text{Sobrevivencia (\%)} = \frac{\sum \text{N}^\circ \text{ individuos vivos}}{\text{N}^\circ \text{ total de individuos plantados}} * 100 \text{ (Ecuación 1)}$$

Cálculo del crecimiento de las tres especies forestales.- Se calculó el crecimiento de cada planta y por especie (promedio de todos los individuos) en cada ensayo, para lo cual se utilizó los datos iniciales y finales de las variables diámetro basal (Ecuación 2) y altura total (Ecuación 3), así como se detalló en el monitoreo. Se aplicó las siguientes ecuaciones empleadas por Aguirre et al. (2014):

- Crecimiento de diámetro basal

$$Cr.db (cm) = Cr.db_{final} - Cr.db_{inicial} \text{ (Ecuación 2)}$$

Cr.db= crecimiento del diámetro basal

- Crecimiento en altura

$$Cr.ht (cm) = Cr.ht_{final} - Cr.ht_{inicial} \quad (\text{Ecuación 3})$$

Cr.ht= crecimiento de altura total

Evaluación de variables físicas en los ensayos de restauración.- Se midió la pendiente usando un clinómetro Suunto. Se colectaron 24 muestras de suelo a 10 cm de profundidad para evaluar la textura (arena, limo y arcilla), densidad aparente (g/cm³), pH, materia orgánica (%) y carbono (%) (Aguilar-Garavito y Ramírez, 2015). Por cada ensayo se colectaron nueve muestras no disturbadas, una por cada bloque o especie en sentido horizontal utilizando cilindros de Copecky y, tres muestras disturbadas por cada ensayo (Mendoza y Espinoza, 2017). Los suelos pueden ser variables a cortas distancias en sus características físicas y químicas por lo que fue necesario coleccionar varias repeticiones en cada bloque. Las muestras fueron analizadas en el Laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional de Loja. Cada una de las variables permitió evaluar la correlación con el crecimiento inicial de las especies y a la par el estado actual y de conservación del suelo.

Análisis de datos.- Se realizó un Análisis de Varianza (ANOVA) y prueba de Fisher con 0,05 de probabilidad, utilizando las variables del crecimiento en diámetro basal y altura de las tres especies en cada ensayo. Adicionalmente, se realizó un Análisis de Componentes Principales (PCA) en el que las variables del crecimiento en diámetro basal y altura que fueron correlacionadas con la densidad aparente (g/cm³), pH, materia orgánica (%), carbono (%) y textura. Para los análisis se utilizó el Software Infostat/L versión 2020.

Resultados

Los resultados muestran la evaluación de la adaptabilidad y crecimiento inicial de especies plantadas en un matorral andino como parte del monitoreo en la restauración. Se destaca el buen desarrollo de las plantas y como estas se correlacionan con las variables del suelo en su proceso de adaptación y desarrollo inicial.

Sobrevivencia.- La sobrevivencia fue alta en las tres especies y en los dos ensayos (85-100%; Tabla 1).

Tabla 1. Sobrevivencia y mortalidad de las tres especies forestales establecidas en los dos ensayos de restauración del matorral andino.

Especie	Individuos plantados	Individuos vivos	Individuos muertos	Sobrevivencia (%)	Mortalidad (%)
Ensayo I					
<i>Handroanthus crisanthus</i>	60	59	1	98	2
<i>Lafoensia acuminata</i>	60	60	0	100	0
<i>Podocarpus sprucei</i>	60	56	4	93	7
Ensayo II					
<i>Handroanthus crisanthus</i>	60	56	4	93	7
<i>Lafoensia acuminata</i>	60	60	0	100	0
<i>Podocarpus sprucei</i>	60	51	9	85	15

Crecimiento en altura y diámetro basal.- El ensayo I presentó los mejores crecimientos en altura y diámetro basal. *Lafoensia acuminata* tuvo crecimientos en altura superiores a las otras especies, pero menor en área basal. *Podocarpus sprucei* presentó un crecimiento con valores intermedios en relación con las dos especies. Sin embargo, *Handroanthus chrysanthus* tuvo un crecimiento en diámetro mayor que las demás especies (Tabla 2).

Tabla 2. Crecimiento en altura y diámetro basal de tres especies forestales establecidas en dos ensayos de restauración del matorral andino.

Variable	Especies	Ensayos	Medias (cm)	E.E	p-valor	Significancia (0,05)
Altura	<i>Handroanthus chrysanthus</i>	E I	1,85	± 0,55	< 0,0001	B
		E II	1,05	± 0,19	< 0,0001	B
	<i>Lafoensia acuminata</i>	E I	4,10	± 0,54	< 0,0001	A
		E II	2,93	± 0,22	< 0,0001	A
	<i>Podocarpus sprucei</i>	E I	2,60	± 0,56	< 0,0001	AB
		E II	1,25	± 0,19	< 0,0001	B
Diámetro	<i>Handroanthus chrysanthus</i>	E I	0,17	± 0,01	< 0,0001	A
		E II	0,12	± 0,01	< 0,0001	A
	<i>Lafoensia acuminata</i>	E I	0,12	± 0,01	< 0,0001	B
		E II	0,09	± 0,01	< 0,0001	B
	<i>Podocarpus sprucei</i>	E I	0,14	± 0,01	< 0,0001	AB
		E II	0,10	± 0,01	< 0,0001	AB

Lafoensia acuminata creció en altura ~25% más en el ensayo I, contrario a *Podocarpus sprucei* y *Handroanthus chrysanthus* que no presentaron diferencias significativas (Figura 3A). Por otra parte, se observó que *Handroanthus chrysanthus* presentó diferencias significativas en crecimiento del diámetro basal en los dos ensayos (Figura 3B), mientras que en general *Podocarpus sprucei* no presentó diferencias significativas con respecto a *Handroanthus chrysanthus* y *Lafoensia acuminata* (Figura 3A y B).

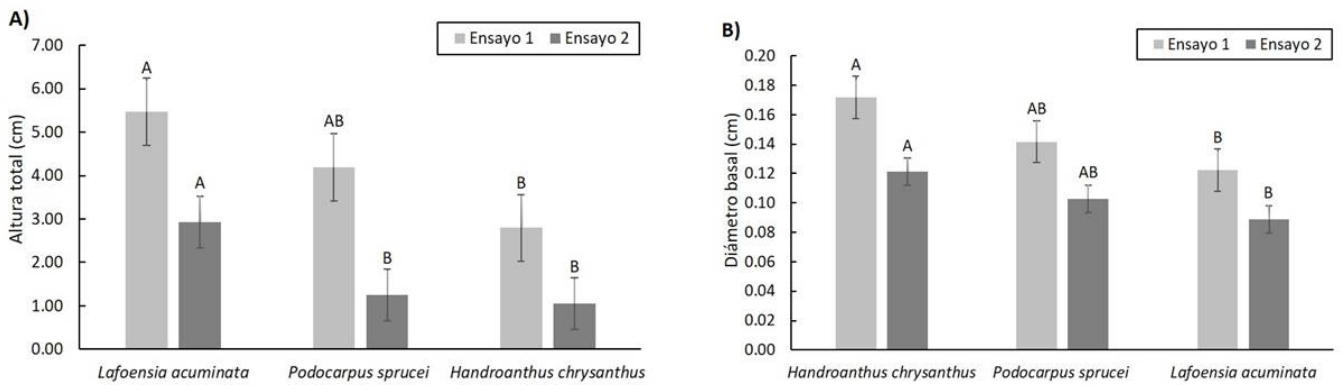


Figura 3. Crecimiento en altura (A) y diámetro basal (B) de tres especies forestales establecidas en dos ensayos de restauración en el matorral andino. Las diferencias corresponden a los análisis de ANOVA.

Variables físicas de los ensayos de restauración.– El suelo de los dos ensayos fue ligeramente diferente en textura, características químicas y pendiente (Tabla 3).

Tabla 3. Análisis de las características físicas y químicas del suelo en los ensayos de restauración del matorral andino.

Escenario	Textura			Descripción	DA (g/cm ³)	pH	Mo (%)	C (%)	Pen-diente (%)
	Ao (%)	Lo (%)	Ac (%)						
Ensayo 1	48,21	42,49	9,31	Franco-Arenoso	0,91	4,13	33,99	17,92	17,78
Ensayo 2	45,52	43,84	10,64	Franco-limoso	1,01	4,13	31,61	16,67	23,00

Nota: Ao= arena; Lo= Limo; Ac=arcilla; Mo= materia orgánica; C= carbono; DA= densidad aparente

Influencia de las variables físicas en el crecimiento de las especies.- Las variables físico-químicas del suelo se correlacionan con el crecimiento en altura y diámetro basal de las especies. Los análisis de PCA explican 82,8-72,3 % de la variación encontrada. Las especies se agrupan por bloques, debido a que estos se direccionan a donde hay mayores concentraciones en los valores de los atributos físicos y químicos (Figura 4).

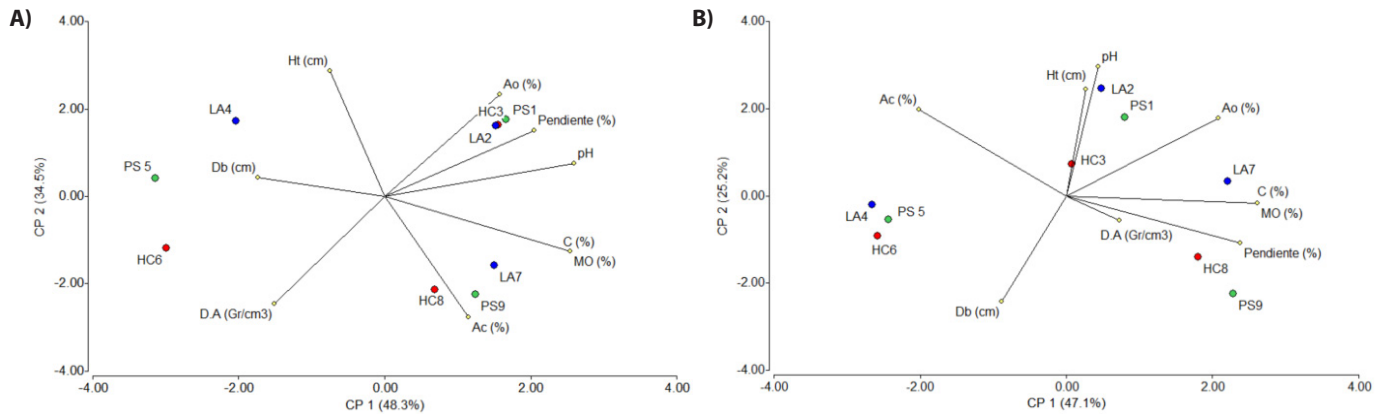


Figura 4. Análisis de componentes principales del crecimiento en altura y diámetro basal de tres especies forestales y su correlación con variables físicas. Ensayo I: A) y Ensayo II: B). LA= *Lafoensia acuminata*; HC: *Handroanthus chrysanthus*; PS= *Podocarpus sprucei*; CP= componente principal; Ao= arena; Lo= Limo; Ac=arcilla; Mo= materia orgánica; C= carbono; DA= densidad aparente.

Discusión

Sobrevivencia.- Las tres especies presentan alto porcentaje de sobrevivencia al concluir los 11 meses desde que fueron plantadas. En otros estudios, *Handroanthus chrysanthus* también presentó altos porcentajes de sobrevivencia inicial ($\geq 93,5\%$; González et al. (2010); Palomeque et al. (2020); Jiménez-Cueva y Palacios-Herrera (2023)), sugiriendo que la especie podría desarrollarse bien en el matorral andino en procesos de recuperación. Sin embargo, estos resultados no implican necesariamente una sobrevivencia a largo plazo. Aguirre et al. (2013) reporta que en un ensayo realizado en un bosque húmedo, ningún individuo del ensayo sobrevivió luego de siete años, mientras que Aguirre et al. (2014) reportaron una sobrevivencia de apenas 5,56 % luego de 4 años de monitoreo. Así, una sobrevivencia inicial alta no implica necesariamente que a largo plazo las plántulas o juveniles se mantengan. Según Vargas (2007) la persistencia de las plantas en los primeros estadios de desarrollo se ve afectada por barreras como sequías, heladas, competencia, herbivoría o patógenos, lo cual vuelve incierta la sobrevivencia a futuro.

Lafoensia acuminata, inicialmente presentó una alta adaptabilidad en el ecosistema andino. Así lo corrobora Aguirre et al. (2019) demostrando que esta especie presenta buena sobrevivencia en plantaciones homogéneas (93,33 %) en zonas de matorral andino. Sin embargo, con el tiempo las especies son susceptibles a barreras biológicas o físicas que afectan la sobrevivencia. Esto lo corrobora González et al. (2023) que con base al estudio de Aguirre et al. (2019) reporta que luego de seis años *L. Acuminata* disminuyó su sobrevivencia (91,67 %). Sin embargo, la alta sobrevivencia inicial la proyecta como posible alternativa para restaurar.

Podocarpaceas es una familia con especies representativas de los bosques nublados en los Andes tropicales (Yaguana et al., 2012), en donde, las condiciones ambientales son conservadas; es por ello que se vuelve un reto adaptar especies en ecosistemas diferentes, como en este caso el matorral andino. Sin embargo, *Podocarpus sprucei* presentó un buen porcentaje de sobrevivencia a corto plazo, se infiere que a futuro tengan buen desarrollo, ya que González et al. (2022) menciona a *P. sprucei* con alta sobrevivencia ($> 94\%$) en un arboretum de 14 años de edad establecido en el ecosistema andino a 2 135 m s.n.m.

Crecimiento en altura y diámetro basal.- *Handroanthus chrysanthus* es una especie con un desarrollo particular. Presenta un comportamiento caducifolio en ausencia de precipitaciones (Camacho-Moreno et al., 2017), lo cual se observó en algunos individuos. Posteriormente

cuando las temperaturas disminuyen y existen precipitaciones constantes vuelven a regenerar sus hojas. Estos comportamientos limitan o aceleran el crecimiento, ya que presentan un estado latente en el consumo de energía. Los esfuerzos del crecimiento inicial se concentraron en el diámetro ($p = <0,0001$), siendo la especie más dominante. De igual manera González et al. (2010) en una plantación pura luego de dos años reporta buenos crecimientos en diámetro (1,63 cm). Sin embargo su crecimiento en altura es lento (Palomeque et al., 2020). Con referencia al presente estudio Jiménez-Cueva y Palacios-Herrera (2023) reportan un crecimiento mayor en altura (4,08 cm), sin embargo, mencionan que es bajo en comparación con otras especies nativas de crecimiento lento como *Podocarpus oleifolius*.

Lafoensia acuminata, tiene mayor crecimiento ($p = <0,0001$) en altura, sobresaliente a las demás especies. Sus zonas apicales presentan un buen desarrollo logrando ganar altura, sin embargo, presenta un crecimiento bajo ($p = <0,0001$) y lento en diámetro. Esto se correlaciona según Aguirre et al. (2019) que en el matorral andino luego de 3 años reportó buen crecimiento en altura (21,95 cm), contrario al diámetro basal que fue bajo (0,08 cm), muy similar a lo obtenido es seis meses por Jiménez-Cueva y Palacios-Herrera (2023). Es evidente que influyen las condiciones edafoclimáticas del tipo de ecosistema, un claro ejemplo son los bosques húmedos, en donde, Aguirre y León (2011) en cuatro años obtuvieron crecimientos considerables en diámetro (2,54 cm), muy superiores a los reportados en el matorral andino.

Podocarpus sprucei es de desarrollo lento, sin embargo, es la segunda especie que reportó mejores crecimientos iniciales en diámetro y altura. Lo que se puede correlacionar con su preferencia por hábitat en zonas abiertas (Hofstede et al., 1998). González et al. (2022) menciona que, esta especie tiene buen comportamiento en el crecimiento y reporta valores del diámetro basal entre 2,85 cm y 3,47 cm en periodos de 5 y 7 años, respectivamente, y crecimiento en altura con valores $> 1,10$ cm. Algunos parientes cercanos como *Retrophyllum rospigliosii* y *Prumnopitys harmsiana* en los bosques nublados albergan individuos longevos con diámetros mayores a 70 cm y hasta 47 m de altura (Yaguana et al., 2012). Esto genera un indicador que las especies al encontrarse en sitios idóneos presentan un buen desarrollo.

Variables físicas y crecimiento de plántulas.- El suelo del matorral presentó alta materia orgánica (31 y 33 %), lo que es característico de suelos andinos (Hofstede et al., 1998). Estos valores son altos comparados con otras formaciones, por ejemplo bosques secundarios piemontanos (4-7 % Mo; Jiménez et al., 2007). El carbono está asociado a la materia orgánica con valores altos (16-17 %), muy común en ecosistemas andinos (17-68 % de C; Ayala et al., 2014). La densidad aparente es baja y poco variable, interpretándose como suelos con buena porosidad y baja compacidad (Enriquez y Cremona, 2018). La densidad aparente indica que mientras más bajo es su valor, los suelos son más conservados o viceversa (United States Department of Agriculture, 1999) promoviendo la facilidad de emergencia de las plantas (Aguilar-Garavito y Ramírez, 2015).

El suelo es un requerimiento en el crecimiento de las plantas, por ejemplo algunas prefieren suelos poco drenados y arcillosos (densidad aparente alta) o fértiles con abundante materia orgánica como *Tectona grandis* (Jerez et al., 2011). Esto también se conoce como la distribución potencial de las especies. Según Ordoñez-Gutiérrez et al. (2020) menciona que la textura del suelo se relaciona con el crecimiento y desarrollo de especies nativas como *Clarisia racemosa*. Otro caso es *Podocarpus oleifolius*, que demuestra preferencias por suelos ácidos (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, 2018).

Conclusiones

Lafoensia acuminata y *Handroanthus chrysanthus* son especies rústicas que inicialmente presentan mayores probabilidades y facilidades de adaptarse a nuevas condiciones de microhábitat. Esto se asevera por los altos valores de sobrevivencia y crecimiento. Sin embargo, se observó que el establecimiento de estas especies nativas se vuelve un reto, especialmente en los estadios iniciales debido a que las especies tienen preferencias edafoclimáticas, por lo cual, buscan su adaptabilidad logrando adaptar su capacidad de resiliencia para superar las barreras ecológicas del sitio.

Incluir el análisis de variables físicas es clave ya que determinan el desarrollo de las plantas a largo plazo y explican el aporte progresivo del mejoramiento del ecosistema. Asegurando que a futuro se pueda observar los cambios físico-químicos promovidos por los procesos de restauración. Los procesos de monitoreo deben ser a largo plazo ya que el comportamiento de las especies es dinámico y no predecible. Las especies cambian su comportamiento en función de las condiciones ambientales y biológicas; conforme pase el tiempo posiblemente cambien su desarrollo y sobrevivencia.

Referencias bibliográficas

Aguilar-Garavito, M., y Ramírez, W. (2015). Monitoreo a procesos de restauración ecológica aplicado a ecosistemas terrestres (Primera edición).

Aguirre, Z., Gaona, T., Granda, V., y Carrión, J. (2019). Sobrevivencia, mortalidad y crecimiento de tres especies forestales plantadas en matorral andino en el sur del Ecuador. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*, 7(3), 325-340.

Aguirre, Z., Gaona, T., y Palacios, B. (2014). Dinámica de crecimiento de especies forestales establecidas en el Jardín Botánico El Padmi, Zamora Chinchipe, Ecuador. *Revista CEDAMAZ*, 4(1), 62-75.

Aguirre, Z., y León, N. (2011). Sobrevivencia y crecimiento inicial de especies vegetales en el Jardín Botánico de la quinta El Padmi, Zamora, Chinchipe. *Arnaldoa*, 18(2), 115-122.

Aguirre, Z., León, N., Palacios, B., y Aguirre, N. (2013). Dinámica de crecimiento de 29 especies forestales en el Jardín Botánico El Padmi, Zamora Chinchipe, Ecuador. *Revista CEDAMAZ*, 3(1), 18-36.

Ayala, L., Villa, M., Aguirre, Z., y Aguirre, N. (2014). Cuantificación del carbono en los páramos del parque nacional Yasuni, provincias de Loja y Zamora Chinchipe, Ecuador. *Revista CEDAMAZ*, 4(1), 45-52.

Bustamante, T., y Salles, J. (2020). De la parcela al paisaje: Restauración forestal en los Andes ecuatorianos. *FLACSO*. <https://doi.org/10.46546/20203savia>

Camacho-Moreno, E., López-Ortiz, S., Olgún-Palacios, C., Suárez-Islas, A., Valdez-Hernández, J., y Pineda-Herrera, E. (2017). Fenología y arquitectura arbórea de *Calyptrothrix schiedeanii* O. Berg, *Lysiloma acapulcense* (Kunth) Benth y *Tabebuia chrysantha* (Jacq.) G. Nicholson en agroecosistemas de Veracruz. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 8(40), 19-35.

Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. (2018). Plan de Conservación y Manejo de *Podocarpus oleifolius* D. Don ex Lamb (pino colombiano) en la Jurisdicción CAR.

De las Salas, G. (1987). Suelos y ecosistemas forestales: Con énfasis en América tropical. IICA.

Díaz, B., y Velásquez, L. (2015). Análisis de captura de carbono en seis especies forestales nativas (3 esciofitas-3 heliofitas) plantadas con fines de restauración en el Parque Ecológico La Poma (PEP)—Sabana de Bogotá—Colombia. *Revista Mutis*, 5(2), 46-54.

Dirección de Monitoreo de Eventos Adversos, M. (2023). Informe de Situación No. 55 – 26/10/2023 (Informe de situación nacional 55; SitRep No. 55 – Incendios Forestales, p. 8 pp). Secretaría Nacional de Riesgos. <https://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/2023/10/SITREP-Nro.-55-Incendios-Forestales-01012023-al-26102023.pdf>

ECOPAR, y GIZ. (2023). La Restauración de Paisajes Altoandinos en Ecuador—Una revisión de la literatura. Quito, Ecuador.

Enriquez, A., y Cremona, M. (2018). El rol de los suelos en la restauración ecológica. Universidad Nacional del Comahue.

FAO. (2021). Evaluación de los recursos forestales mundiales 2020. FAO. <https://doi.org/10.4060/ca9825es>

González, D., Poma, R., Ordoñez, M., y Aguirre, N. (2010). Crecimiento inicial de *Tabebuia crisantha* y *Cedrela montana* con fines de rehabilitación de áreas degradadas en el trópico húmedo ecuatoriano. *Ecología Forestal*, 1(1), 73-83.

González, L., Gutiérrez, M., Aguirre, Z., y Benítez, Á. (2022). Dinámica del crecimiento de *Podocarpus oleifolius* y *Podocarpus sprucei* establecidas en el Jardín Botánico «Reinaldo Espinosa», Loja, Ecuador. *Bosques Latitud Cero*, 12(1), 15-30.

González, L., Muñoz, L., Granda, V., y Aguirre, Z. (2023). Monitoreo del crecimiento en un ensayo de restauración de matorral andino en la hoya de Loja, Ecuador. *Revista Bosques Latitud Cero*, 13(1), 68-82.

Hofstede, R., Lips, J., y Jongmsa, W. (1998). Geografía, ecología y Forestación de la sierra alta del Ecuador.

Jerez, M., Quevedo, A., Moret, A. Y., Plonczak, M., Garay, V., Vincent, L., y Silva, J. D. (2011). Regeneración natural inducida y plantaciones forestales con especies nativas: Potencial y limitaciones para la recuperación de bosques tropicales degradados en los llanos occidentales de Venezuela. *La Restauración Ecológica en Venezuela: Fundamentos y Experiencias*, 35-60.

Jiménez, L. S., Mezquida, E. T., y Capa, M. B. (2007). Cambio en las propiedades del suelo por transformación de áreas boscosas en pastizales en Zamora-Chinchipe (Ecuador). *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales*.

Jiménez-Cueva, T., y Palacios-Herrera, B. (2023). Establecimiento de una plantación de nueve especies forestales con fines de rehabilitación de suelos degradados en la hacienda la Florencia en el Cantón y provincia de Loja. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(4), 2036-2051.

Mendoza, R., y Espinoza, A. (2017). *Guía Técnica para Muestreo de Suelos* (Primera edición).

Ministerio del Ambiente. (2019). *Plan Nacional de Restauración 2019-2030*.

Murcia, C., Guariguata, M., Peralvo, M., y Gálmez, V. (2017). La restauración de bosques andinos tropicales: Avances, desafíos y perspectivas del futuro. *Center for International Forestry Research (CIFOR)*. <https://doi.org/10.17528/cifor/006524>

Ordoñez-Gutiérrez, O., Valarezo-Aguilar, K., y Ordóñez, G. (2020). Distribución potencial de especies forestales nativas en el cantón El Pangui, provincia de Zamora Chinchipe, Ecuador. *Bosques Latitud Cero*, 10(2), Article 2. <https://revistas.unl.edu.ec/index.php/bosques/article/view/831>

Palomeque, X., Günter, S., Hildebrant, P., Stimm, B., Aguirre, N., y Weber, M. (Eds.). (2020). *Reforestación con especies nativas y exóticas: Caso del valle de San Francisco, Zamora Chinchipe en Bustamante y Zalles. De la parcela al paisaje: Restauración forestal en los Andes ecuatorianos* (1.a ed.). Flasco Ecuador. <https://doi.org/10.46546/20203savia>

Reyes-Bueno, F., y Balcazar-Gallegos, C. (2021). Factores que inciden en la probabilidad de ocurrencia de incendios forestales en Ecuador. *FIGEMPA: Investigación y Desarrollo*, 11(1), 50-60. <https://doi.org/10.29166/revfig.v11i1.2634>

Ron, S. R. (2020). Regiones naturales del Ecuador. BIOWEB. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. <https://bioweb.bio/regionesNaturales.html>

Sarango-Cobos, J., Muñoz, J., Muñoz, L., y Aguirre, Z. (2019). Impacto ecológico de un incendio forestal en la flora del páramo antrópico del Parque Universitario "Francisco Vivar Castro", Loja, Ecuador. *Bosques Latitud Cero*, 9(2), Article 2.

Sierra, R., Calva, O., y Guevara, A. (2021). La deforestación en el Ecuador, 1990-2018. Factores promotores y tendencias recientes.

Torres, B., Fischer, R., Vargas, J., y Gunter, S. (2020). Deforestación en paisajes forestales tropicales del Ecuador: Bases científicas para perspectivas políticas. (01 de diciembre de 2020). Imprenta Monsale.

United States Department of Agriculture. (1999). Guía para la Evaluación de la Calidad y Salud del Suelo.

Vargas, O. (2007). Guía metodológica para la restauración ecológica del bosque altoandino (Primera edición).

Villacis, G., Aguirre, Z., González, A., Benítez, E., y Aguirre, N. (2015). Pasado, presente y futuro de los "guayacanes" *Handroanthus chrysanthus* (Jacq.) S. O. Grose y *Handroanthus billbergii* (Bureau & K. Schum.) S. O. Grose, de los bosques secos de Loja, Ecuador. *Arnaldoa*, 22(1), 85-104.

Yaguana, C., Lozano, D., Neill, D., y Asanza, M. (2012). Diversidad florística y estructura del bosque nublado del Río Numbala, Zamora-Chinchiipe, Ecuador: El "bosque gigante" de Podocarpaceae adyacente al Parque Nacional Podocarpus. *Revista Amazónica: Ciencia y Tecnología*, 1(3), 226-247.