

**AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA LA CONSULTA, LA
REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA
DEL TEXTO COMPLETO**

Puerto Colombia, 10 de febrero de 2026

Señores

DEPARTAMENTO DE BIBLIOTECAS

Universidad del Atlántico

Cuidad

Asunto: Autorización Trabajo de Grado

Cordial saludo,

Yo, **MARIAFE PRADA JAIMES.**, identificado(a) con **C.C. No. 1.005.156.001** de **BARRANQUILLA**, autor(a) del trabajo de grado titulado **TAXONOMÍA INTEGRATIVA DE PHRYNUS BARBADENSIS (POCOCK, 1893) (ARACHNIDA: AMBLYPYGI) EN POBLACIONES DEL CARIBE COLOMBIANO** presentado y aprobado en el año **2025** como requisito para optar al título Profesional de **BIOLOGÍA.**; autorizo al Departamento de Bibliotecas de la Universidad del Atlántico para que, con fines académicos, la producción académica, literaria, intelectual de la Universidad del Atlántico sea divulgada a nivel nacional e internacional a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- Los usuarios del Departamento de Bibliotecas de la Universidad del Atlántico pueden consultar el contenido de este trabajo de grado en la página Web institucional, en el Repositorio Digital y en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad del Atlántico.
- Permitir consulta, reproducción y citación a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato CD-ROM o digital desde Internet, Intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer.

Esto de conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, “Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores”, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

Atentamente,

Firma



MARIAFE PRADA JAIMES.

C.C. No. 1.005.156.001 de BARRANQUILLA



DECLARACIÓN DE AUSENCIA DE PLAGIO EN TRABAJO ACADÉMICO PARA GRADO

Este documento debe ser diligenciado de manera clara y completa, sin tachaduras o enmendaduras y las firmas consignadas deben corresponder al (los) autor (es) identificado en el mismo.

Puerto Colombia, **10 de febrero de 2026**

Una vez obtenido el visto bueno del director del trabajo y los evaluadores, presento al **Departamento de Bibliotecas** el resultado académico de mi formación profesional o posgradual. Asimismo, declaro y entiendo lo siguiente:

- El trabajo académico es original y se realizó sin violar o usurpar derechos de autor de terceros, en consecuencia, la obra es de mi exclusiva autoría y detento la titularidad sobre la misma.
- Asumo total responsabilidad por el contenido del trabajo académico.
- Eximo a la Universidad del Atlántico, quien actúa como un tercero de buena fe, contra cualquier daño o perjuicio originado en la reclamación de los derechos de este documento, por parte de terceros.
- Las fuentes citadas han sido debidamente referenciadas en el mismo.
- El (los) autor (es) declara (n) que conoce (n) lo consignado en el trabajo académico debido a que contribuyeron en su elaboración y aprobaron esta versión adjunta.

Título del trabajo académico:	TAXONOMÍA INTEGRATIVA DE PHRYNUS BARBADENSIS (POCOCK, 1893) (ARACHNIDA: AMBLYPYGI) EN POBLACIONES DEL CARIBE COLOMBIANO.
Programa académico:	BIOLOGÍA

Firma de Autor 1:							
Nombres y Apellidos:	MARIAFE PRADA JAIMES						
Documento de Identificación:	CC	X	CE		PA	Número:	1.005.156.001
Nacionalidad:	COLOMBIANA				Lugar de residencia:	PAILITAS-CESAR	
Dirección de residencia:	Calle 5 # 10-46						
Teléfono:					Celular:	3165549984	



FORMULARIO DESCRIPTIVO DEL TRABAJO DE GRADO

TÍTULO COMPLETO DEL TRABAJO DE GRADO	TAXONOMÍA INTEGRATIVA DE PHRYNUS BARBADENSIS (POCOCK, 1893) (ARACHNIDA: AMBLYPYGI) EN POBLACIONES DEL CARIBE COLOMBIANO.
AUTOR(A) (ES)	MARIAFE PRADA JAIMES.
DIRECTOR (A)	CARLOS HUMBERTO PRIETO MARTÍNEZ.
CO-DIRECTOR (A)	CARLOS GARCÍA ALZATE.
JURADOS	NEIS MARTINEZ DANIEL CHIRIVI
TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE	BIÓLOGA.
PROGRAMA	BIOLOGÍA
PREGRADO / POSTGRADO	PREGRADO
FACULTAD	CIENCIAS BÁSICAS
SEDE INSTITUCIONAL	SEDE NORTE.
AÑO DE PRESENTACIÓN DEL TRABAJO DE GRADO	2025
NÚMERO DE PÁGINAS	63 PÁGINAS.
TIPO DE ILUSTRACIONES	MAPAS, TABLAS, GRÁFICOS Y ARBOLES FILOGENÉTICOS
MATERIAL ANEXO (VÍDEO, AUDIO, MULTIMEDIA O PRODUCCIÓN ELECTRÓNICA)	NO APLICA
PREMIO O RECONOCIMIENTO	NO APLICA



**TAXONOMÍA INTEGRATIVA DE PHRYNUS BARBADENSIS (POCOCK, 1893)
(ARACHNIDA: AMBLYPYGI) EN POBLACIONES DEL CARIBE COLOMBIANO**

MARIAFE PRADA JAIMES

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE BIOLOGA

**PROGRAMA DE BIÓLOGIA
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS
UNIVERSIDAD DEL ATLÁNTICO
PUERTO COLOMBIA**

2025



**TAXONOMÍA INTEGRATIVA DE PHRYNUS BARBADENSIS (POCOCK, 1893)
(ARACHNIDA: AMBLYPYGI) EN POBLACIONES DEL CARIBE COLOMBIANO**

MARIAFE PRADA JAIMES

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TITULO DE BIOLOGA

CARLOS HUMBERTO PRIETO MARTÍNEZ Ph.D

**PROGRAMA DE BIOLOGIA
FACULTAD DE CIENCIAS BASICAS
UNIVERSIDAD DEL ATLÁNTICO
PUERTO COLOMBIA
2025**

NOTA DE ACEPTACION

DIRECTOR(A)

JURADO(A)S

**TAXONOMÍA INTEGRATIVA DE *Phrynus barbadensis* (POCOCK, 1893)
(ARACHNIDA: AMBLYPYGI) EN POBLACIONES DEL CARIBE COLOMBIANO**

MARIAFE PRADA JAIMES



**UNIVERSIDAD DEL ATLÁNTICO
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS
PROGRAMA DE BIOLOGÍA
PUERTO COLOMBIA, ATLÁNTICO**

2025

NOTA DE ACEPTACIÓN

DIRECTOR(A)

JURADO(A)S

AGRADECIMIENTOS

A mi madre, **LUDY JAIMES CASTRO**, por ser mi mayor inspiración, por su amor incondicional y por enseñarme con su ejemplo el valor del esfuerzo y la perseverancia; gracias por todo el sacrificio y la dedicación que me han permitido llegar hasta aquí.

A mi tía, **Graciela Prada**, por su apoyo y amor incondicional, siempre presentes en cada etapa de este camino.

A mis directores de tesis, **Carlos Prieto Martinez** y **Carlos García Alzate**, por su orientación y valiosos aportes que enriquecieron mi formación académica y la elaboración de este trabajo de investigación.

A **Richard Torres**, por brindarme las muestras necesarias para el desarrollo de este trabajo y por su guía y apoyo durante este proceso.

A mis compañeras del semillero de **ICTIOCON**, especialmente a Cristina, Susana y Ana por su apoyo, colaboración y amistad a lo largo de este proceso. Y, por último, a todas las personas que de una u otra manera me acompañaron y contribuyeron en la realización de este trabajo.

CONTENIDO

RESUMEN.....	4
ABSTRACT	5
INTRODUCCIÓN	1
MARCO TEÓRICO.....	3
TAXONOMÍA	3
MORFOLOGÍA	6
Prosoma.....	6
Quelíceros.	7
Pedipalpos.	7
Patas.	7
Opistosoma.....	8
HISTORIA NATURAL.....	9
Hábitat.....	9
Ciclo de vida	10
Alimentación y depredación.....	10
RELACIÓN MORFOLOGÍA Y AMBIENTE.....	11
MORFOMETRÍA GEOMÉTRICA	11
BARCODING	13
ESTADO DEL ARTE.....	15
GENERALIDADES DEL ORDEN AMBLYPYGI.	15
GENERALIDADES DE LA ESPECIE <i>Phrynus barbadensis</i>	15
OBJETIVOS	17
General	17
Específicos	17
HIPOTESIS.....	18
MATERIAL Y MÉTODOS	19
Área de estudio.....	19
Fase de campo.....	20
Material examinado y descripción de las zonas de muestreo:.....	20

Fase de laboratorio.....	20
Morfometría lineal.....	21
Análisis de datos	21
Morfometría geométrica.....	21
Mapa de distribución.....	23
RESULTADOS Y DISCUSION.....	26
Descripción morfológica de las poblaciones.....	26
Análisis morfológico.....	27
Análisis de morfométrico	28
Análisis morfogeométrico por distribución.....	30
Análisis molecular.....	36
Delimitación y diferenciación molecular	38
Diagnos molecular.....	41
Análisis morfogeométrico por MOTUs	41
Taxonomía integrativa de <i>Phrynus barbadensis</i>	42
CONCLUSIONES	47
RECOMENDACIONES	48
BIBLIOGRAFÍA.....	49
ANEXOS.....	53

RESUMEN

Phrynus barbadensis (Arachnida: Amblypygi) ha sido descrita en distintos ecosistemas del Caribe colombiano, desde ambientes con amplia cobertura vegetal hasta ambientes semiáridos, observándose variaciones morfológicas relevantes. Dado que la Morfometría permite detectar variaciones intraespecíficas, en este trabajo intentamos entender ¿Cuáles son las diferencias morfométricas y moleculares que se observan en poblaciones de *P. barbadensis* con respecto a su distribución en el Caribe colombiano? Se realizaron muestreos nocturnos en Pailitas (Cesar) y Piojó (Atlántico) mediante captura manual, complementados con ejemplares previamente colectados en Bolívar, Sucre y Córdoba depositados en colecciones de referencia, totalizando 48 individuos. En la morfometría lineal se registraron 25 medidas de estructuras como pedipalpos, carapace, opistosoma y patas. La morfometría geométrica incluyó fotografías estandarizadas del fémur y patella del pedipalpo, prosoma y genitalia femenina, procesadas en TPSUtil y TPSDig2, y analizadas en MorphoJ mediante Análisis de componentes principales y Análisis de variables canónicas, análisis discriminante y regresiones multivariadas. En el análisis molecular, se obtuvieron secuencias del gen mitocondrial citocromo c oxidasa I (COX1) de individuos de Cesar y Atlántico, complementadas con secuencias extraídas de National Center for Biotechnology Information (NCBI). Se estimaron las divergencias genéticas y se hizo la delimitación de las poblaciones usando los algoritmos ASAP, bPTP, PTP y ABGD; se diferenciaron las poblaciones molecularmente por medio de una red de haplotipos y diagnosis moleculares. Morfológicamente, se observó una variación en el tamaño de individuos de Sucre y la presencia de subespinas no descritas en la diagnosis original. El PCA de morfometría geométrica no separó claramente las poblaciones, aunque los grupos de Atlántico y Sucre mostraron mayor variabilidad interna. Con el análisis discriminante se determinó diferencias significativas, sobre todo entre Atlántico y Sucre, con mayor variación en pedipalpos y genitalia femenina. Los datos moleculares mostraron como las poblaciones presentan diferencias, sugiriendo separación genética en cada población. El uso de evidencia morfológica y molecular nos permitió diferenciar las poblaciones aportando información clave para conocer la variación dentro de *P. barbadensis* en el Caribe Colombiano.

PALABRAS CLAVE: Araña látigo, Colombia, Morfometría, Variación poblacional

ABSTRACT

Phrynus barbadensis (Arachnida: Amblypygi) has been recorded across various ecosystems in the Colombian Caribbean, ranging from habitats with dense vegetation cover to semi-arid environments, with relevant morphological variations observed. Since morphometrics allows the detection of intraspecific variation, this study aimed to address the question: ¿What morphometric and molecular differences can be identified among populations of *P. barbadensis* in relation to their distribution in the Colombian Caribbean? Nocturnal surveys were conducted in Pailitas (Cesar) and Piojó (Atlántico) through manual collection, complemented with specimens previously collected in Bolívar, Sucre, and Córdoba deposited in reference collections, totaling 48 individuals. In linear morphometrics, 25 measurements were recorded from structures such as pedipalps, carapace, opisthosoma, and legs. Geometric morphometrics included standardized photographs of the femur and patella of the pedipalp, prosoma, and female genitalia, processed in TPSUtil and TPSDig2, and analyzed in MorphoJ through Principal Component Analysis, Canonical Variate Analysis, Discriminant Analysis, and multivariate regressions. For the molecular analysis, sequences of the mitochondrial gene cytochrome c oxidase subunit I (COX1) were obtained from individuals from Cesar and Atlántico, complemented with sequences extracted from the National Center for Biotechnology Information (NCBI). Genetic divergences were estimated, and species delimitation analyses were performed using ASAP, bPTP, PTP, and ABGD algorithms. Populations were further differentiated through haplotype network reconstruction and molecular diagnoses. Morphologically, variation in body size was observed in individuals from Sucre, as well as the presence of subspines not described in the original diagnosis. The PCA from geometric morphometrics did not clearly separate the populations, although groups from Atlántico and Sucre showed greater internal variability. Discriminant Analysis revealed significant differences, particularly between Atlántico and Sucre, with the greatest variation observed in pedipalps and female genitalia. Molecular data demonstrated that populations present clear differences, suggesting genetic separation among them. The combined use of morphological and molecular evidence allowed us to distinguish the populations, providing key insights into the variation within *P. barbadensis* across the Colombian Caribbean.

KEY WORDS: Whip spider, Colombia, Morphometrics, Population variation.

INTRODUCCIÓN

Dentro del orden Amblypygi, se ha usado la forma y el tamaño de diferentes estructuras desde hace varios años para poder diferenciar a las especies. Quintero (1981) en su trabajo titulado “The Amblypygid genus *Phrynus* in the Americas (Amblypygi, Phrynidae)”, agrupó cinco especies de *Phrynus*, utilizando el tamaño de las espinas del pedipalpo como criterio de separación. Diversos autores han analizado tanto el tamaño como la forma que presentan las especies del orden, lo que ha ayudado a establecer con mayor claridad las diferencias que se dan entre comunidades, y como estas diferencias pueden estar dadas por diversos factores presentes en el hábitat donde se encuentran. Por ejemplo, se ha observado que el color del cuerpo puede variar de acuerdo con el tipo de sustrato en el que se encuentre o si es o no troglobio, al igual que presentan variaciones morfológicas con respecto a su ubicación geográfica, ya que parecen presentar una baja vagilidad (Chiriví, 2018; Seiter *et al.*, 2022; Torres *et al.*, 2018).

En los últimos años se han realizado diversos estudios, en los que se observa que estos animales pueden presentar variaciones morfológicas con respecto al hábitat en el que se encuentran. Estos cambios pueden darse tanto a nivel intra como interespecifico, y pueden estar dados con relación a cambios micro ambientales, geográficos o de distribución latitudinal (McArthur *et al.*, 2018; Torres *et al.*, 2018). Algunos caracteres taxonómicamente importantes parecen estar bajo estos efectos también, por lo que podría ser un problema a la hora de identificar los distintos grupos del orden, sobre todo a nivel de género y especies. Por ejemplo, los pedipalpos son importantes a la hora de identificar a nivel de género. Sin embargo, Seiter *et al.*, (2022) evidencio que en varias especies del género *Phrynus* pueden variar intraespecificamente en forma, disposición y cantidad de espinas dando lugar a posibles errores en la identificación de las especies, por esta razón el uso de taxonomía tradicional o datos meristicos puede no servir para delimitar una especie o una población (Berner, J., & Cordeiro, L. 2017; Torres *et al.*, 2018; Seiter *et al.*, 2022).

En consecuencia, a esto, surge la morfometría geométrica como una herramienta clave para superar las limitaciones de la taxonomía tradicional, ya que permite cuantificar la forma de las estructuras biológicas a partir de coordenadas anatómicas, capturando variaciones sutiles que no son detectables con las medidas lineales o meristicos convencionales. A diferencia de los métodos clásicos, la morfogeometría permite discriminar entre variación intraespecífica

producto de factores ambientales y diferencias consistentes que pueden ser diagnósticas a nivel de especie (Seiter & Gredler, 2020). En el caso de Amblypygi, donde estructuras como los pedipalpos presentan una alta plasticidad, el análisis geométrico de estructuras como el pedipalpo puede aportar evidencia objetiva para distinguir entre variación poblacional y divergencia evolutiva real.

P. barbadensis, una especie de Amblypygi, ha sido reportada en diferentes ecosistemas del Caribe colombiano, desde ambientes áridos hasta bosques con amplia cobertura vegetal, lo que ha favorecido la aparición de variaciones morfológicas asociadas a factores ambientales y geográficos. Esta situación ha mantenido inestables los análisis taxonómicos de la especie, debido a que presenta una morfología altamente conservada que dificulta establecer límites claros entre poblaciones. Incluso, la sinonimización y posterior validación de *Phrynus gervaisii* como entidad distinta reflejan la falta de consenso en torno a sus caracteres diagnósticos (Armas & Seiter, 2013; Chiriví, 2018). Esta problemática evidencia la necesidad de estudios basados en enfoques integrativos que no solo aborden la morfología tradicional, sino también información molecular, etológica y/o ecológica. En este contexto, el análisis morfológico mediante morfometría geométrica se convierte en una herramienta clave para aportar a la estabilización taxonómica de las especies del orden Amblypygi, siendo relevante caracterizar las poblaciones de *P. barbadensis* con el fin de generar información sobre sus caracteres informativos y su rango de variación geográfica.

Teniendo en cuenta lo anterior, se plantea la siguiente pregunta de investigación:

¿Cuáles son las diferencias morfométricas y moleculares que se observan en poblaciones de *Phrynus barbadensis* con respecto a su distribución en el Caribe Colombiano?

MARCO TEÓRICO

TAXONOMÍA

Amblypygi, comúnmente conocidos como araña látigo, es un orden de arácnidos que comprende cinco familias, 17 géneros y alrededor de 270 especies que se distribuyen principalmente en trópicos y subtrópicos, siendo la región neotropical, específicamente Sur América la zona con mayor diversidad de especies. Este grupo de arácnidos cuenta con cinco familias: Charontidae, Paracharontidae, Charinidae, Phrynichidae y Phrynidae. De estas, la familia Phrynidae caracterizada por presentar más de cinco espinas dorsales en el pedipalpo y no presentar pulvilo, se encuentra restringida para América (Armas, 2014; WAC, 2024).

Según la clasificación propuesta por Blanchard (1852), Phrynidae se divide en dos subfamilias, Heterophryinae, con el género *Heterophrynus*, Pocock, 1894; que presenta 15 especies y Phryninae, con tres géneros (*Paraphrynus* Moreno, 1940; *Phrynus* Lamarck 1801 y *Acanthophrynus* Kraepelin, 1899) con 65 especies válidas. El género *Phrynus*, al igual que *Paraphrynus* y *Heterophrynus*, tienen registros de presencia de algunas especies en Colombia (WAC, 2024) y son característicos por ser fácilmente identificables morfológicamente (espinas en pedipalpos y espinas ventrales). *Phrynus* y *Paraphrynus*, son ligeramente similares ya que dos de sus espinas dorsales presentes en la patella del pedipalpo (Pd) son más largas que el resto de sus espinas, siendo específicamente en *Phrynus* la espina pd3 y la pd5 mayores a la pd4, mientras que *Paraphrynus* la espina pd3 y la pd6 son mayores a pd4 y pd5. Las especies de *Heterophrynus* cuentan con tres espinas de gran tamaño en la parte dorsal de la patella del pedipalpo, y una espina que sobre sale de la parte ventral del prosoma en la posición de la coxa de los pedipalpos (Weygoldt, 2000) (Figura 1).

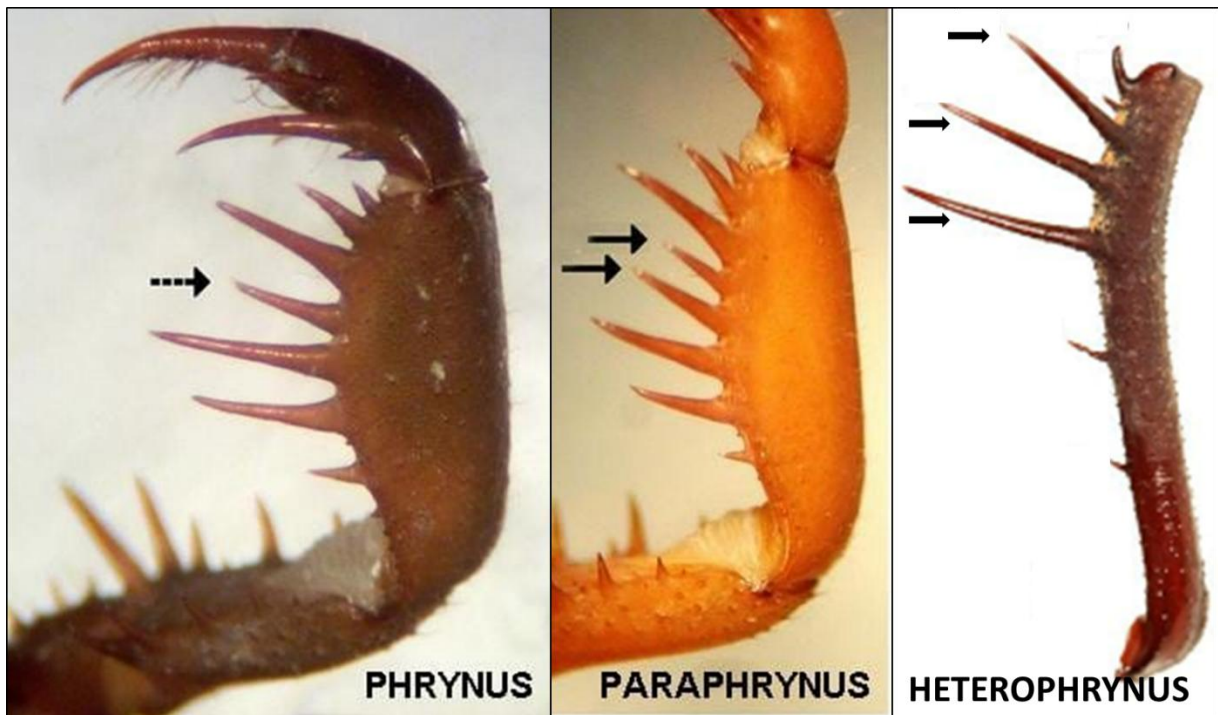


Figura 1. Diferencia con de tres géneros de la familia Phrynidae por medio de la espinación de la patella del pedipalpo.

El género *Phrynus* cuenta con 41 especies, de las cuales cuatro están presentes en Colombia, *P. panche* Armas & Angarita, 2008; *P. pulchripes* (Pocock, 1894); *P. araya* Colmenares & Villarreal, 2008 y *P. barbadensis* (Pocock, 1894) (WAC, 2024).

P. barbadensis es una especie con varios cambios nomenclaturas:

***Phrynus barbadensis* (Pocock, 1893)**

Tarantula barbadensis Pocock, 1894b: 529–530, fig. 1 (desc).

Neophrynus palmatus (Herbst): Kraepelin, 1895: 30 (in part) (syst).

Tarantula palmata barbadensis (Pocock): Kraepelin, 1899: 244 (in part) (desc); Kraepelin, 1901: 264 (cat); Börner, 1904: 5 (bion); Kraepelin, 1912: 28 (specimens from Colombia) (cit); Kästner, 1932: fig. 7 (cit).

Admetus barbadensis (Pocock): Alexander, 1962a: 380–382, fig. 1 (bion); Alexander, 1962b: 25–36, figs 1a- b, 3a-c, 4a-b (bion); Cloudsley-Thompson, 1968: 159 (cit); Kaestner, 1968: 123, figs 10–6, 10–7a-e (cit); Schaller, 1971: 425 (as *Admetus* [sic] *barbadensis*) (bion).

Phrynus barbadensis (Pocock): Pocock, 1902: 51, plate 10 figs 6, 6a (syst); Franganillo, 1931: 120, fig. 4 (diag); Franganillo, 1934: 161 (cit); Mello-Leitão, 1931: 41 (diag); Franganillo, 1936: 149, fig. 81 (diag); Schenkel, 1953: 1 (cit); Torres & Heatwole, 1967:

546–557, fig. 1(bion); Quintero, 1981: 145–146, figs 78–83, 111, 153, 169, map 2 (rdesc, dist, key); Ávila Calvo & Armas, 1997: 31 (dist); Armas & Harvey, 2003: 26 (cat); Armas, 2006a: 232–243, figs. 16, 17, Table 1 (diag, dist, key); Colmenares & Villareal, 2008: 92 (cit); Chirivi & Armas, 2012: 398 (diag, dist); Armas, Guzmán & Francke, 2014: 7 (cit); Armas, 2014: 30 (cit); Chirivi, 2017: 357–372, fig. 1C (cit).

Diagnosis. Está más estrechamente emparentado con *Phrynus gervaisii*. *Phrynus barbadensis* se reconoce por su zona frontal elevada, claramente delimitada y más oscura y por el abdomen de color marrón amarillento pálido con apenas rastros de patrón. Proceso frontal ancho, visible desde arriba, aunque en posición vertical.

Descripción original Pocock, 1893.

***Los nombres de algunas estructuras fueron cambiados a los nombres actualmente válidos.**

Color: Carapace* y pedipalpos* de color castaño rojizo; el primer borde posterolateral de color miel, abdomen ocráceo; patas fusco-ocráceas, más pálidas que los pedipalpos, con manchas flaváceas muy poco definidas en los fémures.

Carapace: no granuloso grueso, borde frontal ampliamente emarginado, uniformemente dentado y que no se superpone a la base del proceso triangular medio vertical, que es fácilmente visible a través de su longitud desde arriba y tiene su ápice no vuelto hacia adelante; tubérculo ocular medio transversal, separado del borde anterior por un espacio que es menor que su diámetro longitudinal; distancia entre los ojos laterales igual a aproximadamente dos tercios de la longitud media del caparazón e igual a la longitud de la parte superior del fémur del pedipalpo; los ojos laterales un poco más cerca del borde lateral que del anterior, estando esta última distancia menor que la mitad de la distancia entre los ojos.

Chelicero*: Escasamente granulares en la parte superior y sin un tubérculo terminal agrandado.

Pedipalpo: Trocánter, armado con 5 espinas superiores, 3 de las cuales son inferiores. Fémur, toscamente granular en la parte superior, finamente en la parte inferior, armado arriba con 5

espinas, de las cuales la primera es doble y mucho más corta que la segunda, que es más corta que la tercera, la cuarta de tamaño mediano, la quinta diminuta; rodeada por debajo con 5 espinas y alrededor de 2 espínulas; la primera espina un poco más larga que la segunda, la tercera y la cuarta aproximadamente iguales y mucho más cortas que la segunda, la quinta no mucho más grande que una espínula; La quinta no es mucho más grande que una espina; la más larga de estas espinas es menor que la altura del fémur.

Patella*: Mucho más ancho que su espina más larga; 8 espinas arriba, la primera, séptima y octava diminutas; la segunda, cuarta y sexta disminuyendo progresivamente en longitud hacia el extremo distal del segmento, todas ellas más cortas que la tercera y quinta, que son aproximadamente iguales; el borde inferior armado con dos espinas largas y tres cortas.

Tibia*: La tercera espina es larga, la primera pequeña; la primera y la tercera en el lado inferior diminutas.

Patas: Fémur I más largo que el ancho del carapace en aproximadamente un tercio de su longitud, el del II, un poco mayor que el ancho del caparazón y un poco más corto que el fémur del III, el del IV el más corto; tibia del II igual a su fémur, la del III un poco más larga, la del IV notablemente más larga que su fémur; las tibias segunda y tercera aproximadamente dos tercios de la longitud de la primera, pero un poco más cortas que el protarso; la tibia II aproximadamente la mitad de la longitud de la tercera y aproximadamente un tercio de la distancia entre los ojos.

Medidas en milímetros: Longitud total 19; ancho del carapace 11,2 mm, longitud media 7 mm, distancia entre ojos 45 mm. Pedipalpo: longitud del fémur (lado superior) 4,5mm, altura 2,6mm, longitud de la espina más larga 2mm; tibia: longitud 7,2mm, ancho 3 mm, longitud de la espina más larga 2,5 mm; Tarso IV: 3,5 mm. Patas: fémur del II 16,2 mm, II 11 mm, III 12 mm, IV 10 mm; tibia II 11 mm, del III 12,5 mm, del IV 11 mm.

MORFOLOGÍA

Prosoma

El Prosoma está cubierto dorsalmente por el carapacho, estructura fuertemente esclerotizada sobre la que se ubican un par de ojos cerca del borde anterior, mientras en los bordes laterales, dos triadas de ojos; todos estos en pequeños tubérculos (Figura 2). En la parte ventral y antero ventral del Prosoma se encuentran seis pares de apéndices, de los cuales los dos primeros

(quelíceros y pedipalpos) son usados con fines de alimentación y reproducción respectivamente, entre otras funciones. Los cuatro pares patas son usados con funciones sensoriales y de locomoción (Figura 2) (Viquez & Armas 2006; Weygoldt, 2000).

Quelíceros.

Estos animales no cuentan con mandíbula; por el contrario, presentan su primer par de apéndices, los quelíceros; ubicados en la parte anterior, los cuales son utilizados para la alimentación. Estas piezas bucales están compuestas por un segmento basal y un colmillo en posición ortognata, en el segmento basal se presentan varias prolongaciones a manera de dientes, que se disponen lateral e internamente. Los dentículos internos pueden llegar a ser más grandes que los laterales y varían a nivel de familia, siendo caracteres taxonómicamente informativos; Por otra parte, la fila lateral de los dentículos del segmento basal varía entre especies (Figura 2)(Weygoldt, 2000).

Pedipalpos.

Los pedipalpos son utilizados en procesos de alimentación y cortejo, están ubicados en la parte anterior del cuerpo, uno a cada lado. Los pedipalpos se caracterizan por presentar espinas prominentes, sin embargo, no presentan ningún tipo de veneno ni llegan a ser de importancia médica. Están divididos en coxa, trocánter, fémur, patella, tibia y tarso; ciertas espinas, en especial las del fémur y la patella son de importancia taxonómica en algunos géneros como *Phrynus* (Figura 2) (Viquez & Armas, 2006,Weygoldt, 2000).

Patas.

Este grupo de organismos presenta cuatro pares de patas, de las cuales el primer par son delgadas y alargadas (anteniformes), cumpliendo funciones sensoriales. La tibia y el tarso presentan un gran número de segmentaciones, llegando a pasar las cien en algunas especies, estas segmentaciones son específicas a nivel de especie y pueden empezar a verse a partir de la segunda muda. Estas patas pueden moverse en casi todas las direcciones, permitiendo un mejor reconocimiento del lugar en el que se encuentre. Los últimos tres pares de patas, son de locomoción, están divididas en trocánter, fémur, patella, basitibia, distitibia y tarso, todas estas patas al igual que sus pedipalpos son de importancia taxonómica (Armas & Maes 1982; Chiriví Joya & Armas, 2012).

Además de las patas anteniformes, los amblipigios también cuentan con cerdas que cumplen

funciones sensoriales, lo que los hace altamente sensible a cualquier movimiento o vibración cerca de ellos. El número de cerdas puede variar ampliamente entre los grupos de amblipigios, llegando a ser usados como caracteres taxonómicos, especialmente los que están presentes en el cuarto par de patas (Viquez & Armas 2006).

Opistosoma.

Al igual que el prosoma, los amblipigios cuentan con una estructura esclerotizada que se encuentra ubicada en la parte posterior de su cuerpo (abdomen), esta estructura está formado por 12 segmentos, que de acuerdo a su disposición llevará el nombre de terguito (dorsal) o esternito (ventral); el primer segmento está muy reducido y conecta con el prosoma y a partir del segundo segmento se presenta distintos órganos internos como los pulmones y los gonópodos, terminando el segmento final donde está presente el ano. Este tagma es utilizado por la hembra para cargar sus crías desde que son huevos hasta que mudan por primera vez (Figura 2) (Armas, 2014; Weygoldt, 2000; 2000a).

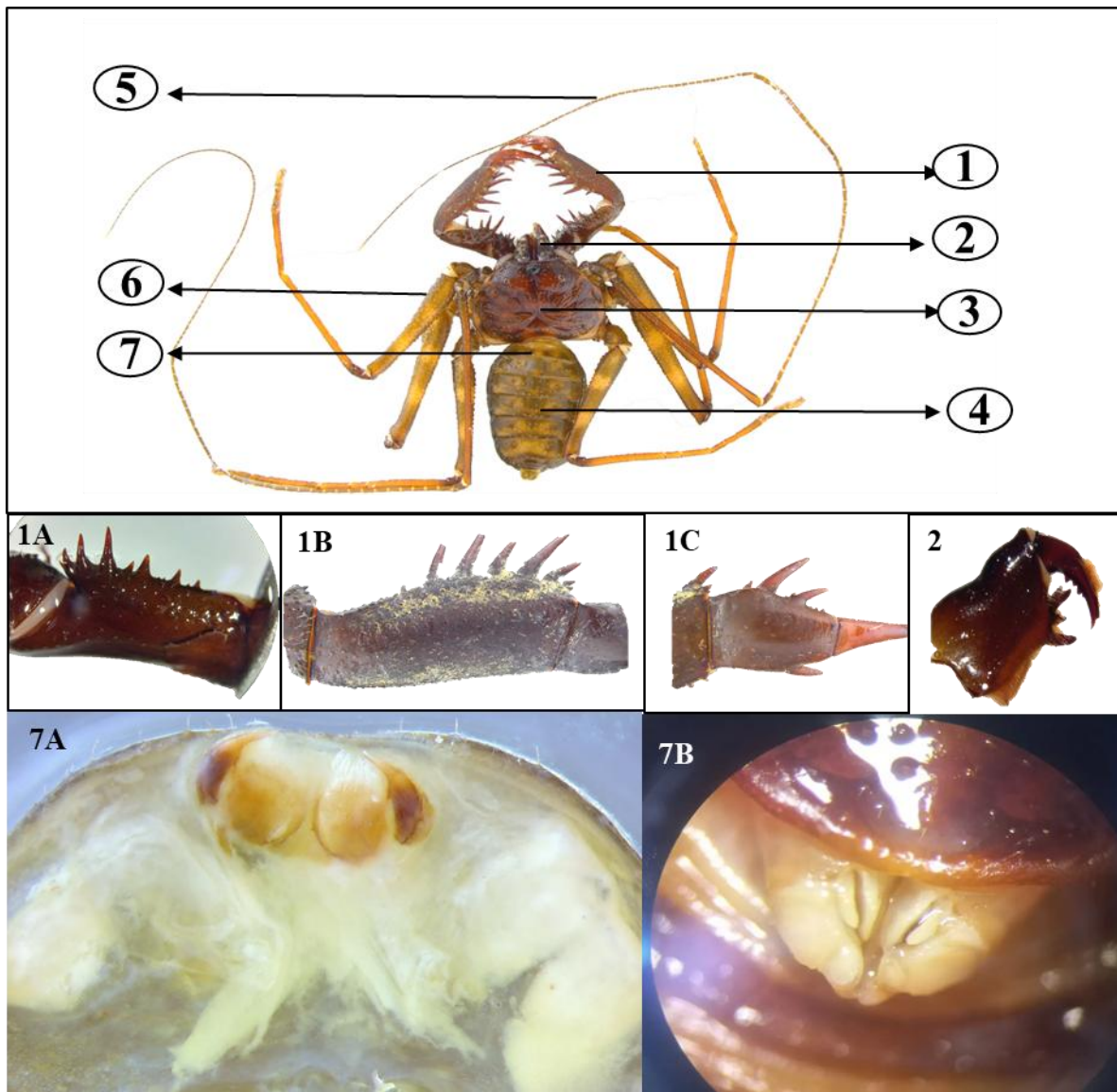


Figura 2. Morfología general de Amblypygi: Vista dorsal Amblypygi. 1. Pedipalpos. (1 A. Fémur, 1B. Patella, 1C. Tibia); 2. Quelícero Ortognata; 3. Prosoma; 4. Opistosoma; 5. Pata I-II (anteniformes); 6. Patas 3-6 (Locomoción); 7. Genitalia (Vista Ventral) (7 A. Genitalia femenina, 7B. Genitalita Masculina).

HISTORIA NATURAL

Hábitat.

Los Amblipigios son organismos de hábitos nocturnos, generalmente se encuentran asociados a hábitats cavernícolas y lapidícolas, como, por ejemplo, troncos grandes y caídos, en cortezas, debajo de piedras, en grietas o en madrigueras de mamíferos pequeños, también están asociados a ambientes húmedos y zonas intervenidas por el ser humano, como bodegas

o espacios abandonados. (Armas, 2014; Viquez & Armas 2006; Weygoldt, 2000).

Ciclo de vida

Estos arácnidos pueden presentar dimorfismo sexual, sin embargo, en algunos grupos este no es muy visible, por lo que es necesario observar la parte ventral, en la posición del opérculo. Si lo que se observa es una estructura esclerotizada que no sobresale, se trata de una hembra y si, por el contrario, esta estructura si sobresale, se trata de un macho (Figura 2). Además, la hembra presenta un opistosoma más grande en el que llevara los huevos y un carapacho más ancho y los machos presentan pedipalpos más grandes y patas anteniformes más largas en comparación con las hembras (Figura 2) (McArthur *et al.*, 2018; Viquez & Armas 2006).

En el cortejo, los machos realizan unos movimientos con su primer par de patas y sus pedipalpos con el fin de atraer la hembra. Una vez la hembra se encuentre receptiva y el espermatóforo (estructura reproductiva específica que deposita el macho) ya esté en el lugar adecuado, el macho llevará a la hembra a ese lugar, en el cual la hembra hará la fecundación por sí misma, sin recurrir a una copula *per se*. Pasados alrededor de 45 días, la hembra realizará la postura de los huevos, que puede variar entre especies, estos huevos estarán adheridos por una membrana a la parte ventral del opistosoma de la hembra (Ruppert & Barnes, 1996). Pasados tres meses, los huevos eclosionan y las crías subirán a la parte dorsal del opistosoma donde permanecerán hasta la primera muda de ellos; a partir de allí, serán independientes de la madre (Weygoldt, 2000).

Adicional al mecanismo de reproducción sexual previamente descrito, algunos grupos de Amblypygi como la familia Charinidae también pueden reproducirse por partenogénesis (Armas, 2005). Otra característica importante a mencionar es la capacidad que tienen estos animales de continuar mudando durante toda su vida, incluso una vez alcanzada la madurez sexual (Francke, 2014).

Alimentación y depredación.

Los Amblypygi son un grupo de hábitos depredadores generalistas, dentro de la dieta se han registrado algunos artrópodos como insectos, miriápodos y/o arácnidos, también vertebrados pequeños como reptiles o anfibios, al igual que un ave del género *Orthorhyncus* (Owen & Cokendolpher 2006). Cuentan con depredadores, y parasitoides naturales, dentro de

los primeros podemos encontrar a mamíferos pequeños y algunos reptiles, al igual que escorpiones de la familia Buthidae y dentro de sus parasitoides se encuentran insectos de la orden Díptera (Armas *et al.*, 2013).

RELACIÓN MORFOLOGÍA Y AMBIENTE

Se ha observado que el ambiente puede provocar cambios en la coloración o diferencias morfológicas dentro de una misma especie, algunos de los ejemplos más comunes de variaciones causadas por distintos factores son el tipo vegetación, la cobertura del suelo e incluso la antropización, dando pie a las diferencias fenotípicas que se pueden encontrar dentro del orden (Torres *et al.*, 2018).

El ambiente, el hábitat, la alimentación, las estrategias reproductivas, entre otras, tienen gran influencia sobre la morfología de los organismos; las modificaciones morfológicas, reflejan una gran relación con las interacciones ecológicas, ya que estas pueden generar una presión en el resultante morfológico, así como también en cada uno de los procesos de adaptación que sufren las especies. (Hernández *et al.*, 2020).

En cuanto a dimorfismo sexual, se ha observado que puede haber gran variedad de respuestas de estos organismos; la latitud y longitud, son factores importantes a tener en cuenta, se ha documentado que los individuos que se encuentran más cerca de la línea ecuatorial presentan mayores diferencias, al igual que los que están en el hemisferio occidental, sin embargo esto también puede variar de acuerdo a la familia, ya que Phrynichidae y Charontidae, presentan mayor dimorfismo sexual a comparación de Phrynidae (McArthur *et al.*, 2018).

MORFOMETRÍA GEOMÉTRICA

El estudio de caracteres morfológicos ha sido ampliamente utilizado desde hace muchos años, inicialmente con descripciones anatómicas, con el fin de diferenciar especies; Estas descripciones eran de manera cualitativa, las cuales no permitían realizar análisis cuantitativos de las variaciones de forma o tamaño de los organismos. Es por eso que, a inicios del siglo XX, empiezan a surgir los estudios cuantitativos de las variaciones de las formas biológicas permitiendo el uso de métodos estadísticos multivariados (Moreno *et al.*, 2015).

La morfometría geométrica (MG), surge como método para facilitar la comparación entre organismos, ya que es una herramienta sensible a las variaciones en la forma y estas

variaciones pueden presentarse en cualquier nivel taxonómico (Berner & Cordeiro, 2017). La MG, considera la homología biológica y la localización geométrica, como las dos fuentes de información de las cuales partirán los análisis. Los “Landmarks” (LM) y Semi-“Landmarks” (SLM), son variables que conforman los contornos de las formas que se estudiarán, estos contornos nos permiten medir la variación en la forma por medio de las grillas de deformación. Estas grillas serán las que pasarán a ser analizadas en los distintos métodos estadísticos que se elijan. Los LM y SML o hitos, son puntos que se irán asignando de acuerdo a características que pueda tener el organismo.

Existen tres tipos de LM; los tipos I u homólogos, se asignan en puntos de intersección de tejidos (ej. Punto de unión de la parte dorsal de la patella con la tibia o el fémur) (Figura 3, puntos azules); los tipos II, se incluyen en la parte de máxima curvatura de cualquier estructura (ej. ápice y parte basal de cada una de las espinas de la patella) (Figura 3, puntos rojos). Los tipo III, definen la forma de contornos, en zonas donde no existe un LM exacto, estos puntos se organizaran de manera equidistantes y se asignaran por medio de software como TpsDing (ej. Parte posterior de la patella); (Figura 3, puntos grises); (Aguirre & Jiménez , 2018).

Para poder realizar los análisis morfométricos de manera correcta, se deben tener en cuenta la alineación de las formas por medio del análisis de Procrustes, que consiste en superponer todas las configuraciones obtenidas por medio de los contornos (Aguirre & Jiménez, 2018); Esta superposición, se hará bajo el mismo punto de coordenadas, para así minimizar las posibles variaciones que se puedan obtener por diferencias en tamaño o posición; de igual manera, también se tiene que tener en cuenta los posibles efectos que se puedan generar por una mala calidad de las imágenes o el mal estado de los ejemplares (Aguirre & Jiménez, 2018)

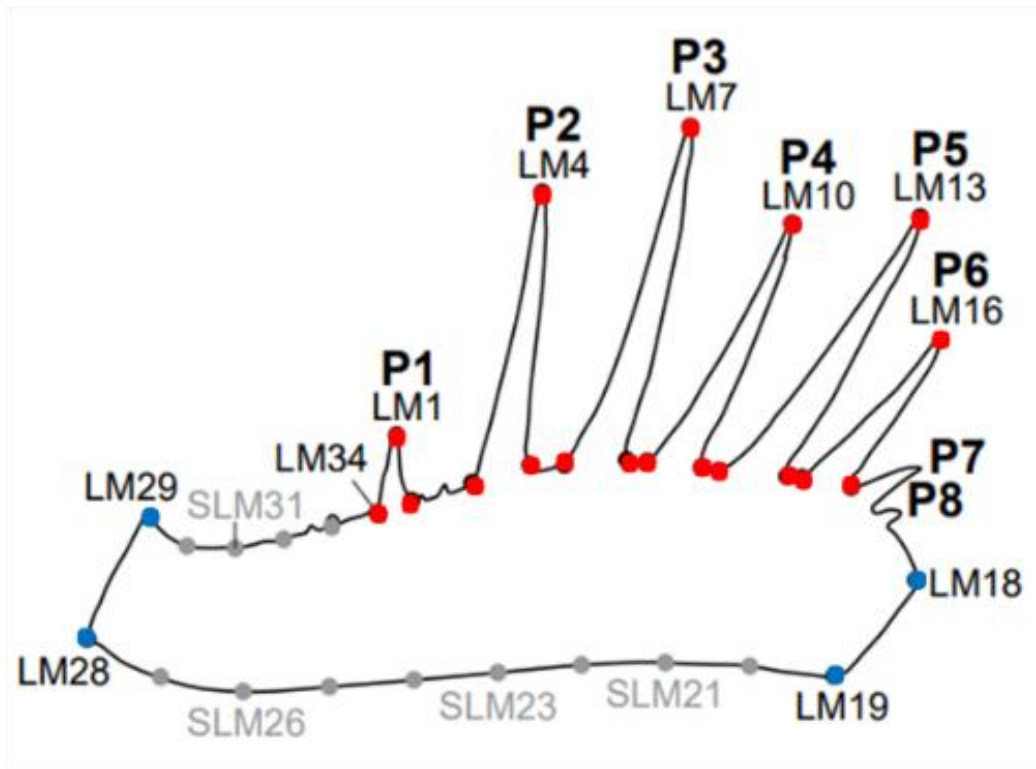


Figura 3. Landmarks utilizados para analizar la variación de forma en la superficie prolatral de la Patella del pedipalpo tomado de Seiter *et al.*, (2022) y modificado. LM tipo I: Puntos Azules, LM tipo II: puntos rojos, LM tipo III: puntos grises.

BARCODING.

El Barcoding o código de barras ha sido utilizado como una herramienta para la delimitación de distintos grupos taxonómicos, ya que permite la identificación de taxones a partir de un fragmento del gen mitocondrial con aproximadamente 648 pares de bases (pb), citocromo c oxidasa subunidad 1 (COI). Este gen presenta una alta tasa de sustitución, lo que permite observar una alta variación de la secuencia entre especies de un mismo género, proporcionando información importante al momento de trabajar con especies crípticas. (Prieto *et al.*, 2023; Paz *et al.*, 2011)

En los últimos años, la cantidad de estudios asociados al uso de este gen para delimitar las especies ha aumentado, demostrando la gran utilidad que tiene en los distintos grupos como

mamíferos, peces, aves, insectos y otros invertebrados. Sin embargo, se ha visto que este gen puede presentar ciertas dificultades en algunos estudios donde se utilizan un mayor número de taxones emparentados o se tenga un rango de distribución amplio (Agnarsson, *et al.*, 2023; Prieto, *et al.*, 2023; Vences *et al.*, 2005)

El uso de códigos de barras como evidencia molecular para delimitar especies, presenta una fuerte concordancia con otro tipo de evidencia como la morfológica y la correlación aumenta significativamente si los análisis se limitan geográficamente (Prieto, *et al.*, 2021). El algoritmo RESL es utilizado en la plataforma BOLDsystems para delimitar entidades biológicas que corresponden en la mayoría de los casos a la categoría de especie. A estos agrupamientos de individuos se les otorga un código único (Barcode Index Number, BIN). Cada una de las secuencias obtenidas serán comparadas con secuencias anteriores que hayan sido depositadas en BoldSystems y se agruparán en un mismo código cuando la divergencia genética entre individuos de una misma población sea significativamente menor que la divergencia con individuos de otras poblaciones.

En caso tal que la secuencia no concuerde con ninguna otra anteriormente analizadas, se le asignará un código (BIN) nuevo. Lo ideal es que siempre que se delimiten especies usando el gen COI y datos morfológicos, exista un alto grado de congruencia entre las dos fuentes de evidencia; sin embargo, esto no siempre puede pasar, mostrando una discordancia entre el código (BIN) y la identificación morfológica. Esto puede verse de dos formas: a) que una especie tenga más de un código (BIN), lo que puede indicar que hay más de una especie allí presente o b) la presencia de más de una especie bajo el mismo código. Esto indicaría que hay un error en la identificación morfológica o que estas especies acaban de pasar por un proceso de especiación con pequeñas divergencias genéticas, por lo que el investigador debe tomar una decisión taxonómica al respecto, ya sea describiendo o sinonimizando las especies, todo esto bajo el mayor número de evidencias posibles. (Prieto, *et al.*, 2021; Paz *et al.*, 2011).

ESTADO DEL ARTE

GENERALIDADES DEL ORDEN AMBLYPYGI.

La mayor cantidad de trabajos relacionados con este orden han sido realizados exponiendo temas morfológicos o taxonómicos mayormente, una que otra observación de comportamiento y/o alimentación (Armas *et al.*, 2013); sin embargo, estas investigaciones se basan en géneros, familias o subfamilias, dejando de lado características ecológicas a nivel específico.

Weygoldt (2000) publicó un libro, donde se habla completamente del orden, desde su taxonomía hasta técnicas de campo, a partir de allí, han incrementado los estudio filogenéticos y etológicos, comparando grupos tanto a nivel de familia como a nivel de géneros, llegando a conclusiones filogenéticas de cada uno de estos grupos. (Miranda *et al.*, 2022; Prendini *et al.*, 2005; Weygoldt, 1996). Recientemente Seiter *et al.*, (2022) emplearon morfometría para analizar el morfoespacio que comprende la patella del pedipalpo dentro del género *Phrynus*.

La mayor cantidad de trabajos relacionados con este orden han sido realizados en países de centro y sur América, (Armas 2005; 2014); En el (2006) Viquez & Armas presentaron la diversidad de los géneros *Phrynus* y *Paraphrynus* en Centroamérica, y en (2012) Chiriví & Armas aportaron una clave para la identificación de toda la subfamilia Phryninae en Colombia.

En Colombia se han realizado algunos estudios tanto de diversidad como de morfología y morfométrica, en la región del Tolima, Vásquez *et al.*, (2019) evaluaron la variación morfológica de *Heterophrynus boterorum* con relación a su distribución geográfica en la cordillera Central y en el (2011) gracias al aporte de Chiriví & Munevar, se pudo conocer aspectos ecológicos y de distribución del orden Amblypygi en Colombia.

GENERALIDADES DE LA ESPECIE *Phrynus barbadensis*.

La especie *Phrynus barbadensis*, antes descrita como *Tarantula barbadensis* Pocock, 1894, ha presentado algunas sinonimias siendo la más reciente la descrita por Armas & Seiter (2013), donde destacaron que la especie *P. gervaisii* era una sinonimia de *P. barbadensis*. A

nivel ecológico, los estudios aún son escasos y generalmente se limitan a observaciones puntuales, como el reporte de canibalismo en condiciones naturales (Torres *et al.*, 2015). *P. barbadensis*, se ha registrado en distintas partes del país, donde se ha comparado su divergencia morfológica intra e interespecíficamente. Torres *et al.*, el (2018) documentaron diferencias fenotípicas dentro de la especie *P. barbadensis*, causadas por factores ambientales y antrópicos presentes en distintas zonas del departamento de Sucre. En cuanto a su distribución Chirivi & Armas (2012) presentaron la distribución de varias especies de la subfamilia Phryninae, incluyendo la distribución de *P. gervaisii*, especie que actualmente se considera sinónimo de *P. barbadensis*. Sin embargo, se ha documentado que su baja vagilidad y su dependencia de refugios específicos podrían restringir la dispersión y promover la diferenciación entre poblaciones.

En este trabajo intentamos resolver las dudas existentes sobre la identidad de la especie *Phrynus barbadensis* en el Caribe Colombiano, aportando información taxonómica que facilite estudios posteriores y que sirvan como línea base para futuras investigaciones sobre el género.

OBJETIVOS

General

Analizar de manera integrativa la variación de *Phrynus barbadensis* en el Caribe colombiano, utilizando datos morfológicos, moleculares y de distribución geográfica.

Específicos

- Estimar la variación morfológica de *P. barbadensis* en la región Caribe utilizando morfometría lineal y geométrica.
- Comparar las divergencias genéticas entre poblaciones de *P. barbadensis* usando el gen COX1.
- Describir la distribución de *P. barbadensis* en el Caribe Colombiano.

HIPOTESIS

H0: No existen diferencias morfométricas ni genéticas significativas entre las poblaciones de *Phrynus barbadensis* en el Caribe colombiano.

H1: Existen diferencias morfométricas y/o genéticas entre las poblaciones de *Phrynus barbadensis* en el Caribe colombiano, lo que sugiere procesos de diferenciación poblacional que podrían llevar a una separación taxonómica futura.

MATERIAL Y MÉTODOS

Área de estudio.

Pailitas, Cesar: Zona antropizadas, los animales fueron colectados en grietas de paredes en patios de casas cerca a quebradas o arroyos, en horas de la noche.

Piojo, Atlántico: Bosque seco tropical intervenido, los individuos fueron colectados en cuevas pequeñas ubicadas en paredes de tierra a lo largo del camino en el cerro la vieja.

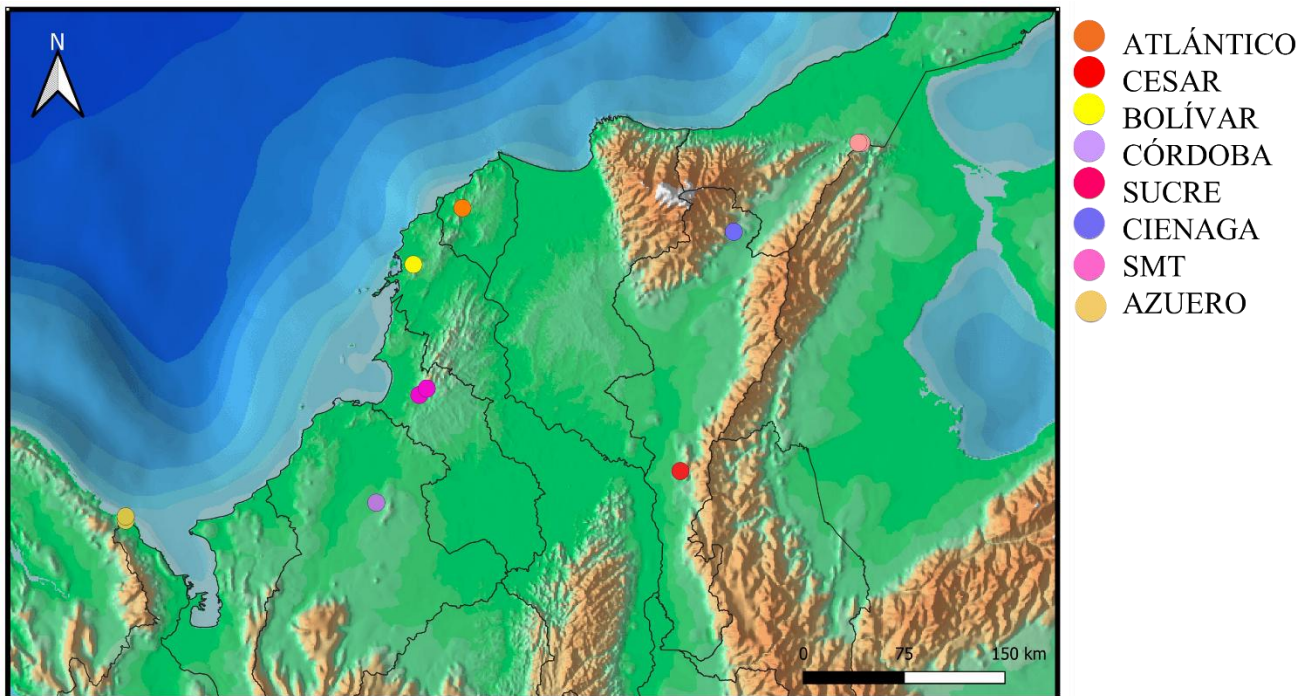
Palenquito, Bolívar: Bosque seco Tropical, los individuos fueron colectados de troncos cerca a quebradas.

Santa Marta, Magdalena: Bosque seco con transición hacia bosque subandino.

Ciénaga, Magdalena: Bosque seco tropical con áreas fragmentadas por actividad antrópica.

Panamá: Selva húmeda tropical y zonas intervenidas.

Las localidades de colecta en el departamento de Sucre y San Carlos (Córdoba), presentan características de bosque seco tropical y los individuos fueron encontrados debajo de troncos en descomposición.



Fase de campo.

Siguiendo los trabajos realizados por Torres *et al.*, (2018) y Seiter *et al.*, (2022); se realizaron muestreos nocturnos en dos localidades de la región Caribe colombiana (Pailitas, Cesar; Piojo, Atlántico) utilizando captura manual. En cada una de las zonas se colectaron todos los ejemplares que estuvieran presentes durante dos horas de esfuerzo de muestreo. La búsqueda se realizó caminando por lugares estratégicos donde es común encontrar estos organismos; intentando abarcar distintos tipos de hábitat como zonas antropizadas (Cesar) y zonas de bosque seco intervenidas y no intervenidas (Atlántico). Posteriormente, se realizó una descripción de cada sitio, incluyendo datos geográficos del lugar; Por otro lado, se revisó material anteriormente recolectado en los departamentos de Bolívar, Sucre y Córdoba.

Material examinado y descripción de las zonas de muestreo:

Colombia. **Pailitas**, Cesar (8°57'31.54"N, 73°37'36.11"W) 3♂, 5♀, 3 juveniles; Zona urbana, Patio de casas; I 2024; Captura manual; Leg. Mariafe Prada. **Piojo**, Atlántico (10°44'9.39"N, 75°6'0.31"W); 500 msnm; 6♀; 4 XI 2023; 5♂, 3♀; X 2024; Captura Manual; Leg. Mariafe Prada, Carlos Prieto. **Bolívar**, Palenquito (9°50'59.48"N, 75°10'0.83"W) 1♂, 3♀, 2 juveniles; cerca a quebrada sobre tronco; VIII 2016; Leg. Leonel Martinez. **Córdoba**, San Carlos (8°44'44.6"N, 75°40'46.6"W) 2♂, 5♀; arrollo Buco, tronco en descomposición, bosque seco; XI 2017; Leg. Richard Torres. **Sucre**, coloso (9°3'53.07"N, 75°20'37.8"W) 1♂, 1♀, Tronco en descomposición; Palmito, (9°27'19.33"N, 75°26'15.19"W) 1♂, 1♀, III 2016, Debajo de tronco; Coloso (9°3'53.07"N, 75°20'37.8"W) 1♂; Sincelejo, (8°44'44.6"N, 75°40'46.6"W) 1♀, III 2016, tronco en descomposición, unisucre, Leg. R. Torres, Pedro Atencia.

Fase de laboratorio.

Los especímenes colectados fueron identificados hasta especie utilizando las claves taxonómicas descritas por Quintero (1981) y se seleccionaron cuatro estructuras (Carapace, Fémur y patella del pedipalpo y genitalia femenina). Estas estructuras fueron puestas en cajas de Petri con alcohol al 70% sobre un papel milimetrado, usado como guía para obtener mayor homogeneidad al momento de realizar las fotografías.

Los juveniles fueron identificados hasta género, ya que por el tamaño tan pequeño que presentaron no fue posible la identificación hasta especie, por ende, no se incluyeron en el presente estudio.

Para la descripción del pedipalpo y los segmentos de las piernas se utilizó la terminología descrita por Quintero (1891); con ciertas modificaciones en la nomenclatura del pedipalpo siguiendo a Vásquez, *et al.*, (2019), en donde se mencionan el trocánter (Tr), fémur (F), Patella (P), tibia (T), tarso (Ts), Basitibia (BT) y Distibia (DT). Para la descripción de la genitalia femenina se utilizó la terminología y morfología presentada por Weygoldt *et al.*, (2010), donde se describen los gonópodos (GP), los escleritos en forma de garra (CS) y el receptáculo seminal (RS).

Los puntos de referencia fueron descritos siguiendo a Torres *et al.*, (2018) y a Seiter *et al.*, (2022) donde se utilizarán las letras “LM” (Landmarks), con la cada una de las letras iniciales de la estructura elegida como formato adicional “C” (Carapace), “F” (Fémur), “P” (Patella), “GF” (Genitalia femenina)

Morfometría lineal

Se tomaron las siguientes medidas lineales utilizadas por Quintero, (1981) y Vásquez, *et al.*, (2019) como: Longitud total (con/sin quelíceros)(L_T) ; Prosoma, Ancho máximo (Pr_A), Longitud máxima (Pr_L), longitud borde frontal del prosoma (Pr_B_Fr), longitud ojos medios a la línea media (Pr_O_M) ; Opistosoma, Ancho máximo (O_A), Longitud máxima (O_L); Pedipalpo; Longitud total del pedipalpo (P_L), longitud trocánter (P_Tr_L), longitud del Fémur (P_Fe_L), Longitud Patella (P_Pa_L), longitud Tibia (P_T_L), longitud tarso+apórtete (P-Ta_A_L); Patas I, longitud total, longitud tibia (Pa_T_L), longitud tarso (Pa-Ta_L); Patas II, III Y IV, longitud total, longitud tibia (Pa_T_L), Longitud tarso (Pa-Ta_L); número de segmentos tibia y tarso de la pata I; número de segmentos tibia y tarso de la pata I. Todas las medidas fueron realizadas del lado derecho y se utilizó un calibrador manual 150 mm X 0,05 mm.

Análisis de datos

Morfometría geométrica

Utilizando el software tpsUtil, se tomaron las imágenes usando una cámara fotográfica Canon SL2 con un lente de 50 mm. y se creó un archivo “TPS” por cada estructura, diferenciándose por poblaciones. Una vez obtenidos los archivos “TPS” con ayuda del software TpsDig, se estableció la escala (1mm) y se ubicaron los distintos puntos de referencias en cada una de las estructuras (Tabla 1), esto nos dio como resultado distintas configuraciones en cada una de las estructuras.

Con los Landmarks ya digitalizados y utilizando el software MorphoJ, realizamos un análisis generalizado de Procrustes, el cual nos permite evitar cualquier sesgo que podamos obtener por diferencias en la escala, la traslación y/o la rotación de los ejemplares. Este análisis se hace alineando el Centroide o centro geométrico de cada una de las configuraciones obtenidas en las coordenadas 0,0 para que todos los especímenes tengan la misma ubicación.

“Landmarks” y Semi- “Landmarks”

En el carapacho y el pedipalpo se utilizaron las metodologías usadas por Torres *et al.*, (2018) y Seiter *et al.*, (2022) respectivamente, sin embargo, se hicieron algunas modificaciones en el número y posición de algunos “Landmarks” con el objetivo de abarcar la mayor cantidad de puntos de referencias. En el carapacho se generó un contorno de conformación con 27 puntos de referencia; número total de hitos, cinco serán LM y 22 serán SML. De los 5 LM, el LM25, LM26 y LM27, corresponden a los de tipo I, y los LM1 y LM13 corresponden a los de tipo II. (Tabla 1). En el pedipalpo se generó un contorno de conformación de la patella y uno del fémur. En la patella se presentaron 33 puntos de referencias, de los cuales 22 se representarán como LM y se organizan de acuerdo a su tipología en: LM20, LM21, LM27 y LM28 de tipo I y entre el LM1 y el LM19, de tipo II; y los nueve son SML y para el fémur, se tomó un contorno de 29 puntos de referencias, de los cuales cuatro (LM17, LM18, LM27 Y LM28) serán de tipo I, 17 son de tipo II (LM1- LM16) y ocho son de tipo III (Tabla 1).

En la Genitalia se tomó a los escleritos como punto de inicio, en el que el ápice y la base del esclerito derecho e izquierdo (vista ventral) representaran LM de tipo II y las intersecciones entre el esclerito y la zona en la que está presente el receptáculo seminal representaran LM de tipo I; el resto de contorno será completado con LM de tipo III, los cuales serán asignados por el software TpsDig. (Tabla 1; Figura 4)

Se ignoraron tubérculos y espinas más pequeñas, las cuales pueden variar de acuerdo al tamaño del animal, como lo menciona Berner & Cordeiro (2017).

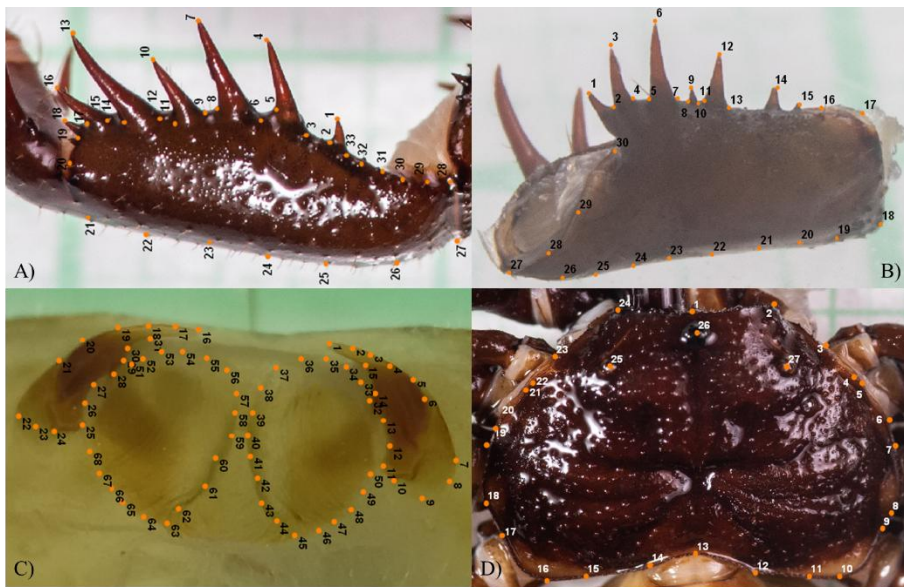


Figura 4. Estructuras morfológicas con landmarks digitalizados. A) Patella, B) Fémur, C) Genitalia Femenina, D) Carapace

MAPA DE DISTRIBUCION

Adicionalmente, con los datos geográficos se realizaron mapas de distribución de la especie por medio de la herramienta QGIS, utilizando Natural Earth., se realizó un mapa de distribución utilizando los datos geográficos. Estos datos fueron representados por coordenadas de cada localidad de muestreo.

Análisis estadístico de la morfometría lineal

Utilizando el software PAST, los datos de las medidas lineales, se les aplicó un tratamiento previo, donde se corrigió la agometría de Burnaby con el fin de eliminar el tamaño de las distancias. Posteriormente, se realizó un análisis de componentes principales (**PCA**), en el que se analizó si las poblaciones se separan morfológicamente con respecto a su distribución en el Caribe Colombiano.

Para el análisis de la morfometría geométrica, se utilizó un Análisis de Componentes Principales (ACP). Como tratamiento previo de los datos, se generó una matriz de covarianza, la cual presenta los datos morfométricos obtenidos del análisis de Procrustes anteriormente explicado. Los resultados de la matriz permitieron analizar dentro del PCA cada uno de los promedios de la forma de las estructuras morfológicas, cada una de las formas promedio se desplazará en los ejes llamados componentes principales, de acuerdo a su variación con respecto a las demás formas promedio. Los componentes se enumeraron de acuerdo al nivel de variación, iniciando con el que presento una mayor variación; esto nos permitió observar si las poblaciones presentan un patrón característico para poder delimitarlas.

Posteriormente, se realizó un Análisis de Variantes Canónicas para determinar si existen relaciones entre las variables. Estas relaciones nos permiten determinar si existen distinciones entre las poblaciones o por el contrario no presentan diferencias. Con ayuda de grillas de deformación y gráficos de dispersión se pudo observar que estructuras presentan una mayor variación en cada una de las poblaciones. Por otro lado, las grillas de deformación nos generaran variables numéricas de cada una de las formas, que posteriormente se utilizaron para realizar el análisis discriminante.

Una vez obtenido el CVA, se realizó una regresión multivariada con el fin de modelar la variación en la forma (variable dependiente) en función al tamaño total de cada una de las cuatro estructuras (variable independiente). Posteriormente con los residuos obtenidos de la regresión realizamos un CVA, el cual fue utilizado para realizar el análisis discriminante, como explicamos anteriormente.

Finalmente, se realizó un Análisis de Función Discriminante para diferenciar las poblaciones. Este análisis toma las variables originales que mejor diferencien a cada una de las poblaciones y asignara porcentajes de clasificación y con este porcentaje podremos determinar si existen diferencias entre los distintos grupos o poblaciones observando que tan cercano esta del 100%.

Delimitación molecular (GEN COX1)

Se eligieron 21 muestras al azar y se les extrajo tejido de las patas siguiendo a Prendini *et al.*, (2005) conservados en alcohol al 95% en tubos eppendorf, posteriormente este material fue enviado a el Centro Canadiense de Código de Barras de ADN (CCDB), Ontario, Canadá,

donde se hizo la extracción y secuenciación de ADN del gen mitocondrial citocromo oxidasa 1 (COX1). De este proceso se obtuvieron únicamente cinco secuencias de calidad y esto se debió a que se usó un primer diseñado principalmente para Lepidoptera. La baja compatibilidad de estos cebadores con el ADN de *Amblypygi* redujo la eficiencia de amplificación, reduciendo el número de secuencias útiles para nuestro trabajo. Como complemento a estas secuencias, utilizamos la base de datos del National Center for Biotechnology Information (NCBI), como criterio de selección tuvimos en cuenta el tipo de gen, el tamaño y que las secuencias hicieron parte de un artículo publicado donde se mencionara a la especie *P. barbadensis*.

Se extrajeron un total de 40 secuencias con un tamaño máximo de 619pb, todas estas secuencias junto con las cinco secuencias obtenidas del CCDB nos permitió hacer los análisis de delimitación. Utilizando el lenguaje de programación de Python en Ubuntu, realizamos el alineamiento en MAFFT y realizamos un árbol basado en Máxima Verosimilitud usando IQTREE con un bootstrap de 1000 y el modelo evolutivo de HKY+G+I. Por otro lado, utilizando el software de MEGA, generamos la matriz de divergencias genéticas y un árbol NJ.

Para realizar los Haplotipos de cada población usamos el software PopArt y para la diagnosis molecular usamos el software MOLD. Finalmente realizamos los análisis de delimitación usando los softwares ASAP, ABGD, BPTP y PTP para observar si estos datos concordaban y las poblaciones se agrupan a nivel molecular. Estos datos fueron comparados con los obtenidos en la morfometría, para poder delimitar las poblaciones y observar si existía concordancia entre la evidencia morfológica, molecular y geográfica.

Las cinco secuencias obtenidas del CCDB fueron presentadas en el programa BoldSystems, acompañadas de imágenes e información de distribución y las ediciones de los árboles se hicieron con la herramienta iTol.

RESULTADOS Y DISCUSION

Descripción morfológica de las poblaciones

Color. Carapace y pedipalpo cobrizo claro, patas marrón con pequeños círculos blancos

Carapace. Margen anterior semirrecto, margen posterior cóncavo; presenta granulación en todo el carapace sin patrón aparente; Ojos laterales y antero mediales visibles, tubérculo ocular con coloración negra.

Esternón. Trisegmentado, poco esclerotizado; * Tritosternum proyectado anteriormente con varias setas en la región basal, anterodorsal y lateral, ápice recto con presencia de 2 setas; Tetrasternum redondeado, presenta dos setas en la parte media. Pentasternum igualmente redondeado, con dos setas en la región media posterior.

Opistosoma. Forma oblonga, manchas marrones oscuras y claras en cada segmento, con pequeños gránulos en todo el abdomen sin patrón aparente. Primer segmento que se une con el prosoma, segundo segmento en forma semi-triangular, el tercer al séptimo segmento presentan forma rectangular con aproximadamente 2 mm de ancho cada uno, octavo segmento igualmente con forma rectangular más delgado, segmentos nueve, diez y once más corto y delgados, segmento final de tamaño pequeño y forma semi-circular. Presenta al menos cuatro líneas verticales a cada lado del opistosoma, con gránulos color marrón claro.

Chelicero. Vista ectal(fuera): diente uno con forma ovalada parte proximal, diente 2 ápice acuminado; Vista Mesal (dentro): diente 1 bilobulado sección 1A más corta que la 1B, diente dos más corto, ubicado en parte media, diente tres más grande que el dos, ubicado en la parte lateral; Parte móvil: *vario la cantidad de dientes, sin embargo, el diente siempre se presentó de mayor tamaño.

Pedipalpo. Trocánter: Presenta cinco espinas, Tr1 parte más proximal, Tr2- Tr3 y Tr4 región medial puestas en forma de V, Tr5 en la parte más distal cerca de la unión con el fémur. **Fémur:** en la región dorsal presenta 5 espinas mayores, Fd1 Y Fd2 parten de la misma base, Fd4 tamaño pequeño; Longitud de espinas Fd3>Fd2>Fd1>Fd4>Fd5. En la región ventral presenta 6 espinas mayores, Fv4 más pequeña; Longitud de espinas:

Fv1>Fv2>Fd5=Fv3>Fv6>Fv4>Fv5a. **Patella:** en la región dorsal presenta 8 espinas mayores; longitud de espinas: Pd5>Pd3>Pd2=Pd4>Pd6>Pd7=Pd1>Pd8; Pv2>Pv4>Pv3>P1>Pv5. **Tibia:** Longitud de espinas: Td2>Td3>Td1>Td2c>Td3c=Td3b=Td2b>Td3a=Td2a; Tv2>Tv3>Tv1>Tv2a=Tv2b. **Tarso:** Sin espina discreta.

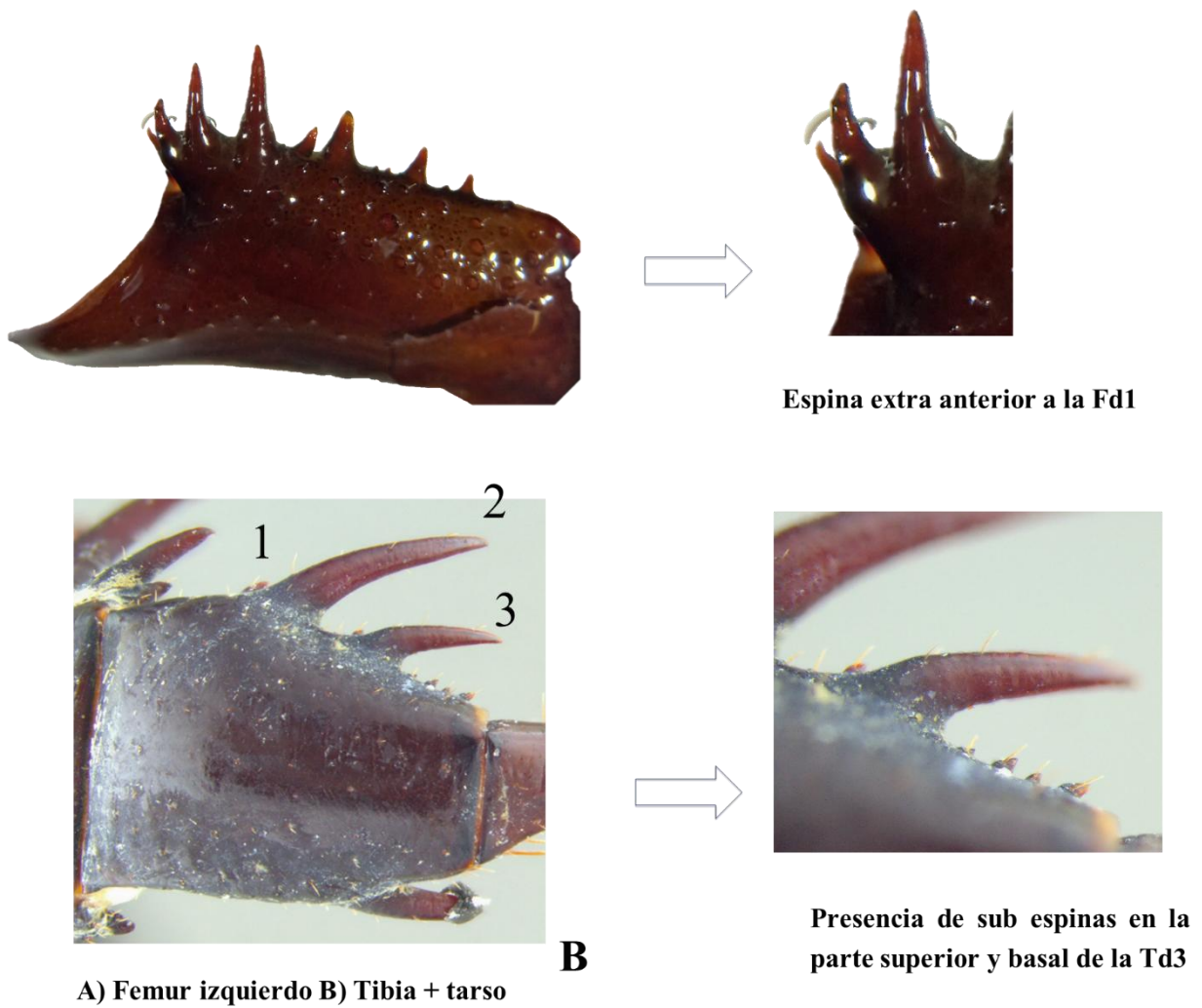
Patas: Segmentos de la pata I: Tibia 32; Tarso 65. Pata IV: Presenta 3 segmentos en la basitibia.

Variación: El Tritosternum presento variación en el número de setas 6-10 región basal, 2-8 anterodorsal, 2-12 lateral. Cantidad de dientes en el segmento móvil vario entre 3 y 6. Los pedipalpos presentaron variación en la cantidad de sub espinas y tubérculos.

Análisis morfológico

Las cinco poblaciones no mostraron un patrón de diferencias que las pudiera separar, sin embargo, si presentaron diferencias con respecto a la diagnosis de Quintero en (1981) y por Chiriví en su tesis doctoral (2018).

Entre poblaciones se presentó mayoritariamente diferencias entre el número de sub espinas, tubérculos del pedipalpo, numero de setas del esternón y en el número de dientes en el segmento móvil del chelicero. En el Fémur del pedipalpo, se observó que algunos ejemplares presentaron una espina anterior a la Fd1, sin embargo, la presencia de esta espina, no presenta un patrón relevante que nos permita diferenciar las poblaciones a simple vista. En la tibia del pedipalpo los individuos presentaron entre 2 y 3 espinas sobre la Td3; en el segmento móvil del chelicero presentaron una variación entre 3 y 6 dientes; en la región basal del Tritosternum, del esternón varió el número de setas y en el trocánter los individuos presentan 5 espinas conspicuas. (Figura 5)



Fd: Fémur Dorsal; Td: Tibia Dorsal

Figura 5. Variación morfológica con respecto a la descripción de Quintero en (1981) en la *espinación* de las dos estructuras del pedipalpo A) Fémur, B) Tibia.

Análisis de morfométrico

Los resultados del PCA muestra que las estructuras con mayor variación son el tarso del pedipalpo (0,36pc1; 0,49pc2), tibia del pedipalpo (0,39 pc2), tibia de la pata I (0,40 pc1) y

longitud total (-0,34 pc2) (Figura 6, Tabla 2). Indicando que las estructuras con mayor variación son el pedipalpo y la pata I. En general, se observó que los individuos de Sucre tenían un tamaño mayor con respecto a las demás poblaciones, lo que sugiere una posible influencia de factores ambientales sobre el desarrollo de estos individuos.

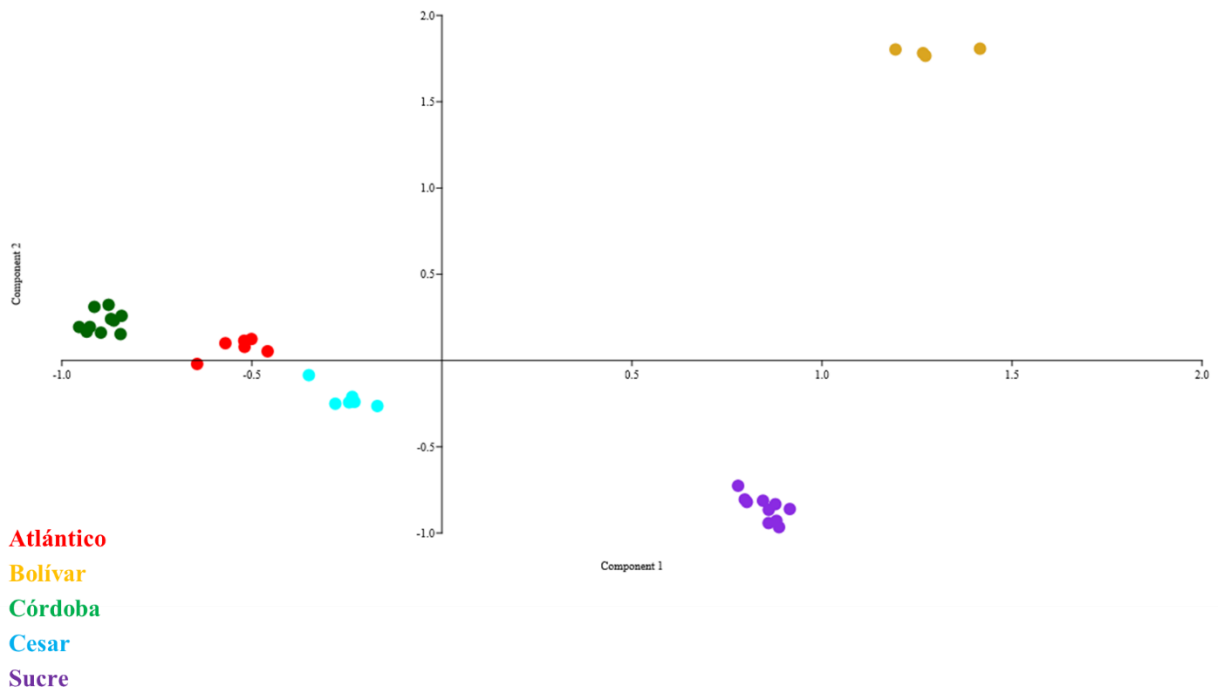


Figura 6A. Análisis de componentes principales de medidas morfométricas de cinco poblaciones de *Phrynus barbadensis* en el Caribe Colombiano: PCA de las cinco poblaciones.

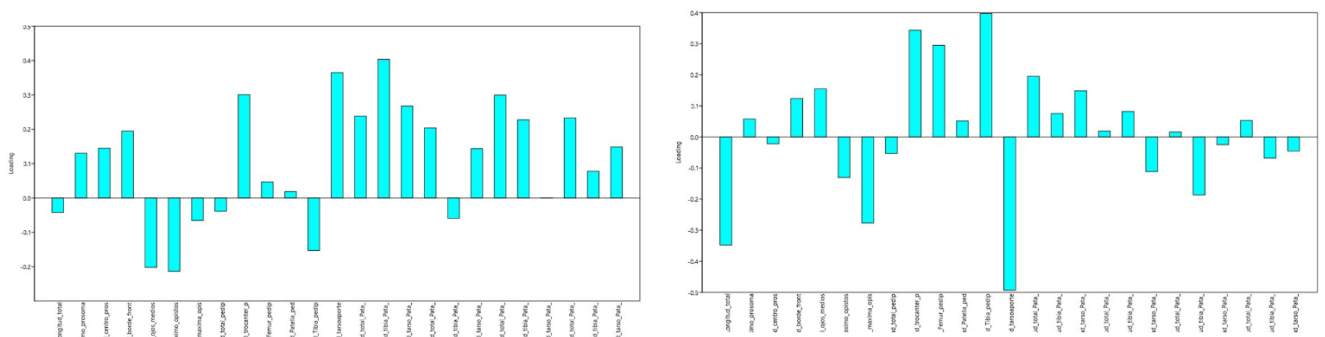


Figura 6B. Análisis de componentes principales de medidas morfométricas de cinco poblaciones de *Phrynus barbadensis* en el Caribe Colombiano: Componentes 1 y 2, donde se muestran las estructuras con mayor variación,

Caracteres morfológicos	PC 1	PC 2
Longitud_total	-0.042472	-0.34797
Longitud_trocanter_pedipalpo	0.30075	0.34371
Longitud_Tibia_pedipalpo	-0.15296	0.39723
Longitud_tarso_pedipalpo	0.36491	-0.49288
longitud_total_Pata_I	0.23833	0.19541
Longitud_tibia_Pata_I	0.4037	0.075464

Figura 6C. Análisis de componentes principales de medidas morfométricas de cinco poblaciones de *Phrynus barbadensis* en el Caribe Colombiano: Valores de los componentes 1 y 2 de las estructuras con mayor variación.

Análisis morfogeométrico por distribución

En los cuatro análisis realizados se observó que en el PCA no hubo diferenciación entre las poblaciones. solo la genitalia femenina presento un porcentaje de variación mayor al 70 %, esta fue explicada por los cuatro primeros componentes (pc: 27, 17,15,11); la variación en el carapace fue del 58% y fue explicada por los tres primeros componentes; mientras que para la Patella y el fémur el porcentaje de variación fue explicado en los dos primeros componentes y presento un valor menor al 70 %; El total de la varianza fue menor a 1 en todos los casos. Sin embargo, la genitalia presento una varianza total mayor al resto de estructuras (0,031); mientras que el fémur y la patella presentaron un valor intermedio de 0,017 y 0,010, respectivamente y el carapace tuvo una varianza total de 0,003. Estos valores fueron explicados en una gráfica generada por el software MorphoJ que nos permitió ver a simple vista como las cinco poblaciones están superpuestas unas con otras, lo que nos muestra que ninguna de los cuatros estructuras elegidas permite diferenciar claramente las poblaciones. Aunque en el PCA las poblaciones no se separaron, pudimos observar que los individuos de Sucre y Atlántico presentan una mayor variabilidad intraespecífica, ya que se

proyectaron en una mayor área de cada una de las gráficas. En el caso de los individuos de Bolívar y Córdoba que parecen no tener mucha variabilidad entre ellos (Figura 7, Tabla 3)

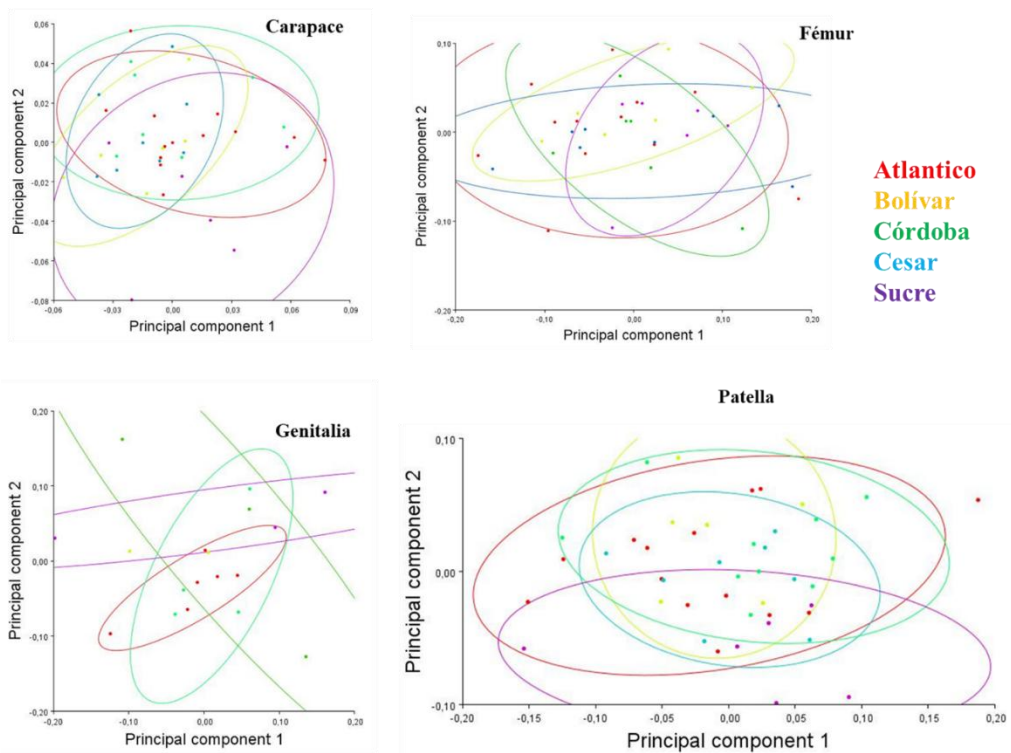


Figura 7. Análisis de componentes principales de cuatro estructuras en cinco poblaciones diferentes usando morfometría geométrica en MorphoJ.

Tabla 3. Porcentajes de variación y varianza total de cuatro estructuras morfológicas del PCA. Organizar la tabla y presentar mejor.

	PC	% Variance	Acumulative %	Total Variance
Femur	1	46,24	46,24	0,01706955
	2	13,636	59,876	
Patella	1	46,818	46,818	0,0101754
	2	18,498	65,316	
Genitalia	1	27,186	27,186	0,0311894
	2	17,848	45,034	
	3	14,996	57,577	
	4	11,013	71,07	
Carapace	1	27,021	27,021	0,00330221
	2	20,866	47,887	
	3	10,287	58,175	

Por medio del análisis discriminante se pudo determinar que, si había diferencias significativas entre cada dos poblaciones, y pudimos observar que las poblaciones de Atlántico y Sucre presentaron una mayor diferencia con el resto de las poblaciones. En las cuatro estructuras, Atlántico se diferenció de las demás poblaciones con valor de p menores

a 0,05, llegando a valores por debajo de 0,001; En la patella y el carapace la población de Sucre se diferenciaron de las demás poblaciones (Tabla 4)

Tabla 4. Valor de p y T-square para definir significancia en la variación poblacional en 4 estructuras usando morfometría geométrica. A) Fémur B) Patella C) Genitalia D) Carapace.

Bo) Bolívar Co) Córdoba Ce) Cesar At)Atlantico Su) Sucre

Población	P-value	Bo	Co	Ce	Su	Población	P-value	Bo	Co	Ce	Su
At	P. d	0.015*	0.26	0.033*	0.076	At	P. d	0.801	0.132	0.408	0.087
	T-s	0.05*	0.418	0.462	0.21		T-s	0.177	0.001*	0.006*	<.0001*
Co	P. d	0.125	-	-	-	Co	P. d	0.222	-	-	-
	T-s	0.233					T-s	0.261			
Ce	P. d	0.226	0.557	-	-	Ce	P. d	0.219	0.202	-	-
	T-s	0.058	0.445				T-s	0.129	0.046*		
Su	P. d	0.081	0.323	0.164	-	Su	P. d	0.035*	0.037*	0.198	-
	T-s	0.006*	0.088	0.318	A		T-s	0.005*	<.0001*	0.044*	B
Población	P-value	Bo	Co	Ce	Su	Población	P-value	Bo	Co	Ce	Su
At	P. d	0.042*	0.022*	0.071	0.006*	At	P. d	0,305	0.215	<.0001*	0.01*
	T-s	0.043*	0.763	0.007*	<.0001*		T-s	0,555	0.073	<.0001*	0.01*
Co	P. d	0.625	-	-	-	Co	P. d	0,83	-	-	-
	T-s	0.625					T-s	0,99			
Ce	P. d	0.336	0.429	-	-	Ce	P. d	0,266	0,153	-	-
	T-s	0.655	0.429				T-s	0,108	0,024*		
Su	P. d	0.316	0.573	0.503	-	Su	P. d	0,025*	0,013	0,002*	-
	T-s	0.275	0.903	0.727	C		T-s	0,165	0,098	0,001*	D

A)Fémur, B) Patella, C) Genitalia, D) Carapace

*Diferencias significativas

La genitalia fue la estructura que mayor variación presentó en las cuatro poblaciones. La población de Atlántico se diferenció de las demás poblaciones mayormente en la disposición de los escleritos en forma de garra. En el Atlántico se observó que estos presentan en los escleritos una curvatura poco profunda en la región medial derecha y la punta del esclerito tiene una posición circular, mientras que los individuos de Sucre parecen no tener esta curvatura y la punta de sus escleritos es más recta y con una disposición hacia arriba. Estas dos poblaciones junto con la del Cesar, presentan en sus gonópodos una leve separación entre

el clerito y el receptáculo seminal, contrario a la población de Bolívar y Córdoba que sus escleritos están sobrepuestas en el receptáculo seminal. (Figura 8)

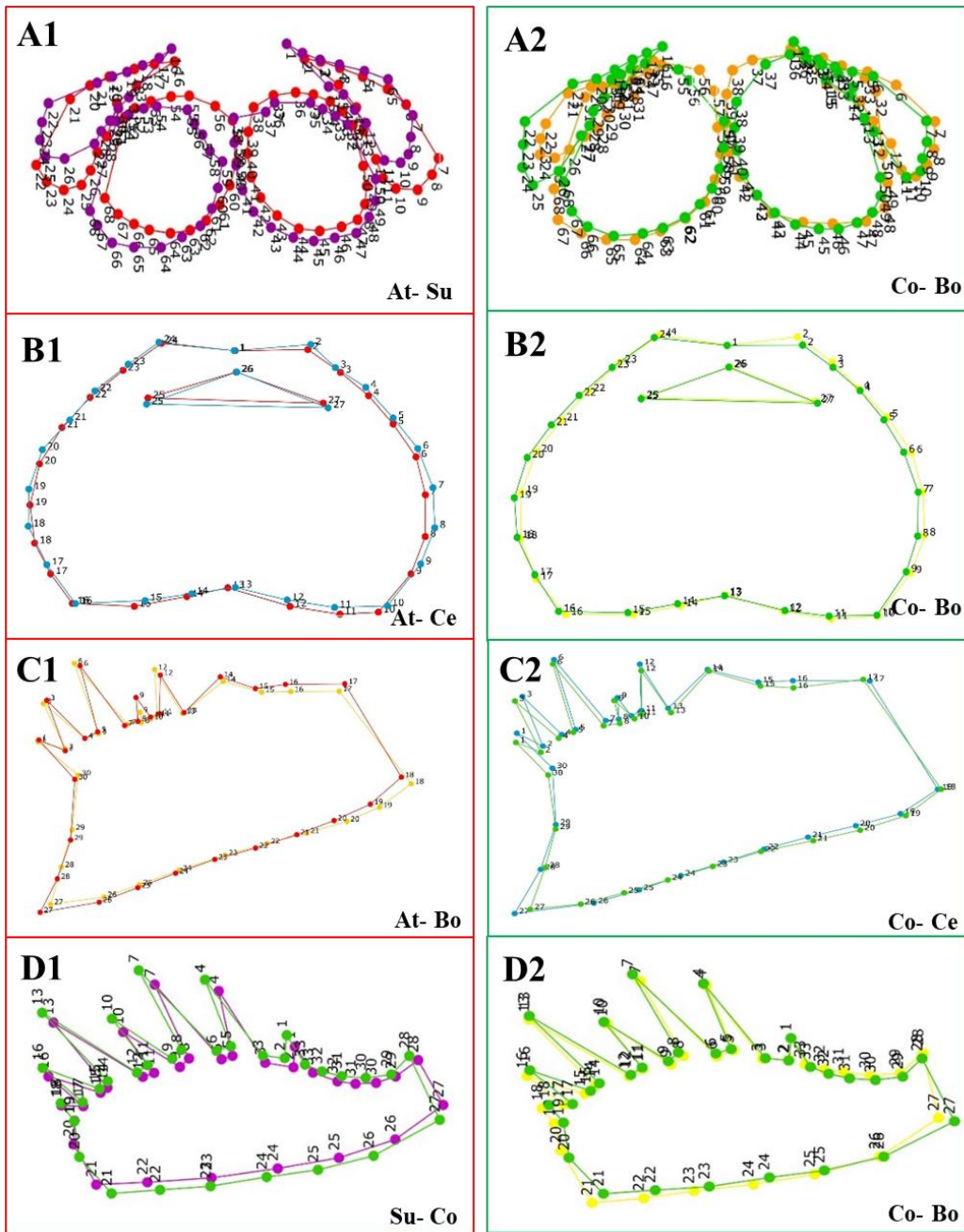


Figura 8. Comparación de Wireframe entre las poblaciones con mayor y menor diferencia. A) Genitalia femenina, B) Carapace, C) Fémur, D) Patella; Color rojo: poblaciones con mayor diferencia, Color verde: poblaciones con menor diferencia; At: Atlántico, Co: Córdoba, Ce: Cesar, Bo: Bolívar, Su: Sucre.

Análisis molecular

Las seis poblaciones analizadas muestran divergencias genéticas claras (Tabla 6). Al realizar el árbol NJ, todas las poblaciones se agrupan en clados bien definidos y sus divergencias se presentan como valores por encima del 5%. Por ejemplo, las poblaciones de Cesar y Santa Marta, fueron las que tuvieron menor divergencia interpoblacional con un 7% de separación, mientras que Santa Marta con respecto a Piojo y Bolívar tuvo una divergencia de 18%, cada uno (Tabla 6). Los individuos de Bolívar y siete individuos de la localidad de Azuero, se presentaron en el árbol en un solo clado y su valor de divergencias intrapoblacional mayor fue de 1,45%, lo que no indicaría que estos individuos hacen parte de una misma población, por lo que decidimos agruparlos en el grupo “Bolívar” al momento de hacer los análisis correspondientes (Tabla 6, Figura 9)

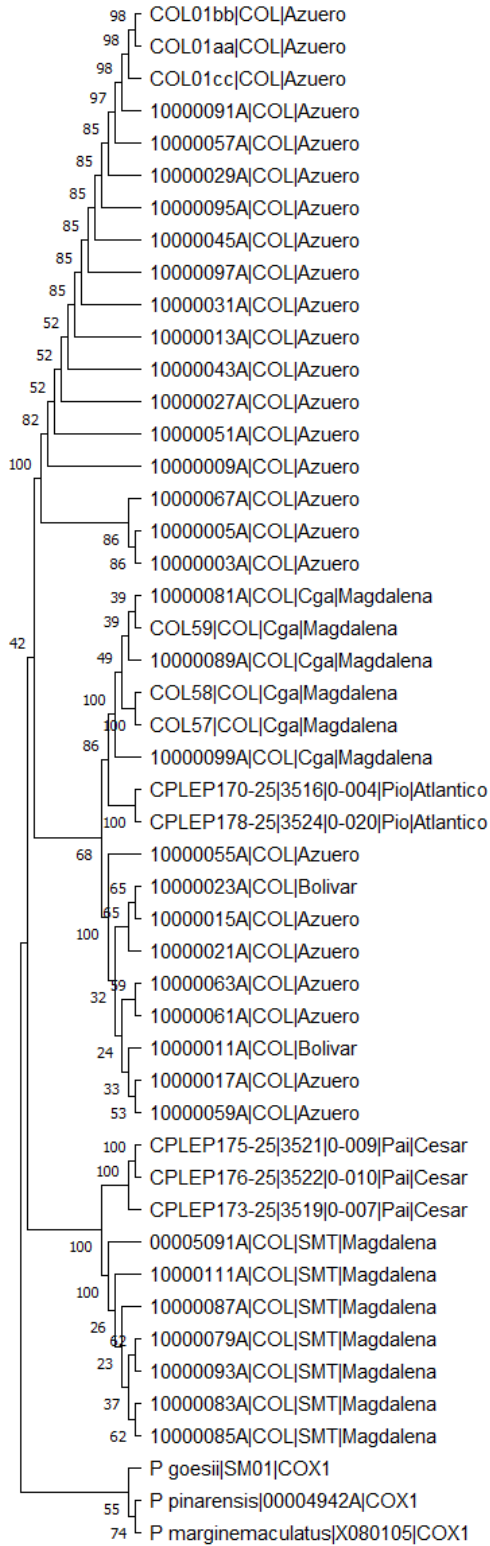


Figura 9. Árbol NJ de 6 poblaciones de *P. barbadensis* con 3 especies del genero *Phrynus* como Outgroup. Bootstrap :1000, p-distance, Transitions-Tranversions

Tabla 6. Matriz de divergencia genética de seis poblaciones de *P. barbadensis*

Tabla 6A. Valores interpoblacionales

A)	Car Bolívar	Cga Magdalena	P Azüero	SMT Magdalena	Pio Atlántico
Car Bolívar					
Cga Magdalena	13%				
P Azüero	14%	15%			
SMT Magdalena	18%	17%	17%		
Pio Atlántico	13%	11%	16%	18%	
Pai Cesar	17%	16%	16%	7%	17%

Tabla 6B. Valores intrapoblacionales

B)	
Car Bolívar	0,81%
Cga Magdalena	0,18%
P Azüero	0,14%
SMT Magdalena	0,16%
Pio Atlántico	0,62%
Pai Cesar	0,14%

Delimitación y diferenciación molecular

Los análisis de delimitación nos separaron todas las poblaciones como unidades taxonómicas operacionales, mostrando que cada uno de estos grupos presenta una estructura molecular distinta a las demás. ASAP, PTP y ABGD definieron seis grupos distintos, concordando con la delimitación geográfica. BPTP, por otro lado, definió 4 grupos, agrupando los individuos de Ciénaga con Atlántico, y definió seis grupos distintos dentro del grupo “Bolívar”. Sin embargo, esto puede deberse a la longitud de la rama de clado que los agrupa (Figura 10). Al realizar una red de Haplotipos pudimos ver como es la estructura molecular de cada una: obtuvimos un total de 25 Haplotipos distribuidos en seis poblaciones. La población de Azüero fue la que más Haplotipos presentó con un total de 14 Haplotipos únicos y uno compartido con individuos de Bolívar. Atlántico presentó dos Haplotipos, Ciénaga tres y Cesar uno. La población de “Bolívar” compuesta por individuos de Bolívar y de Azüero presentó siete únicos y uno compartido, indicando una posible relación molecular entre las poblaciones de Bolívar y la de Azüero. Las seis poblaciones presentan una estructura genética

bien delimitada. Las poblaciones de SMT, Ciénaga y Cesar se mostraron unidas por nodos, lo que podría explicarse por su cercanía geográfica (Figura 11)

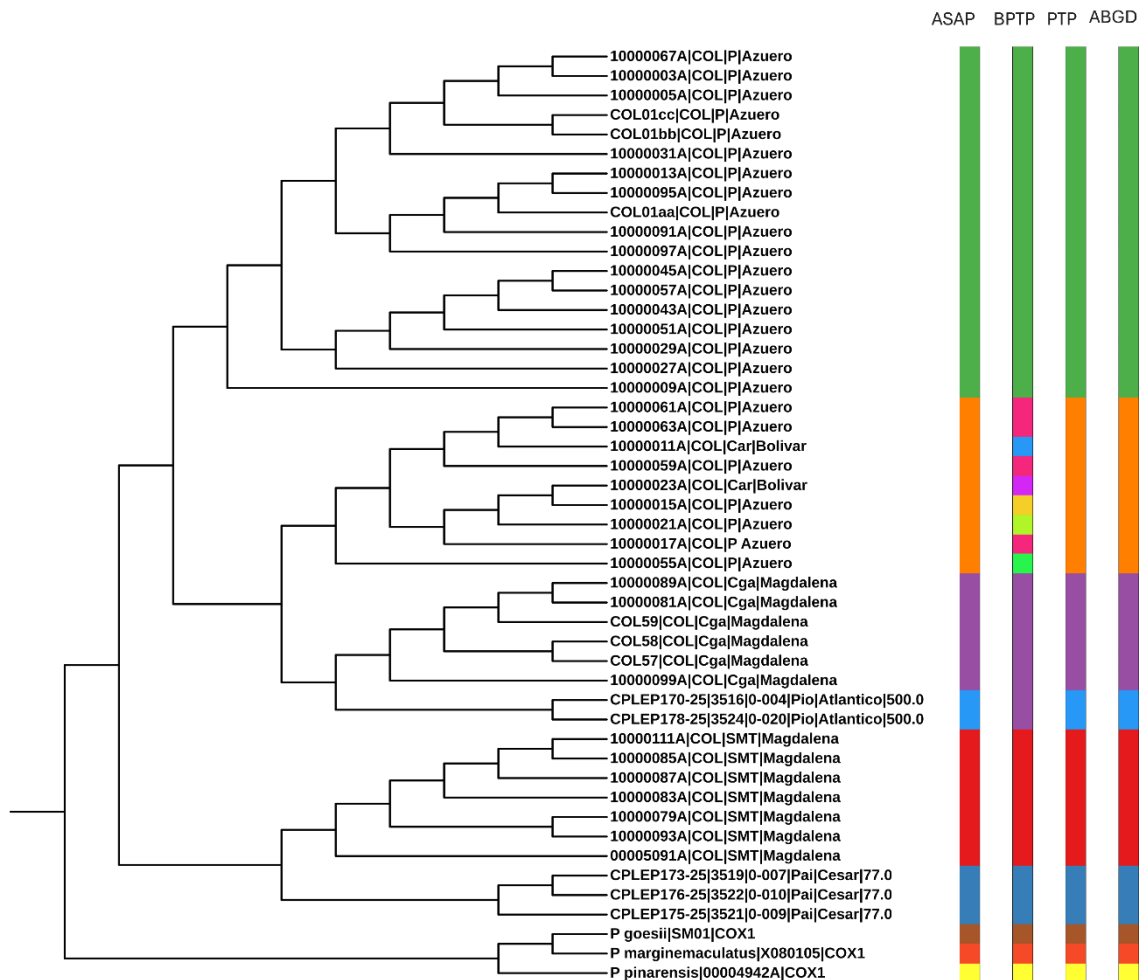


Figura 10. Árbol MV con 4 métodos de delimitación: ASAP, BPTP, PTP, ABGD

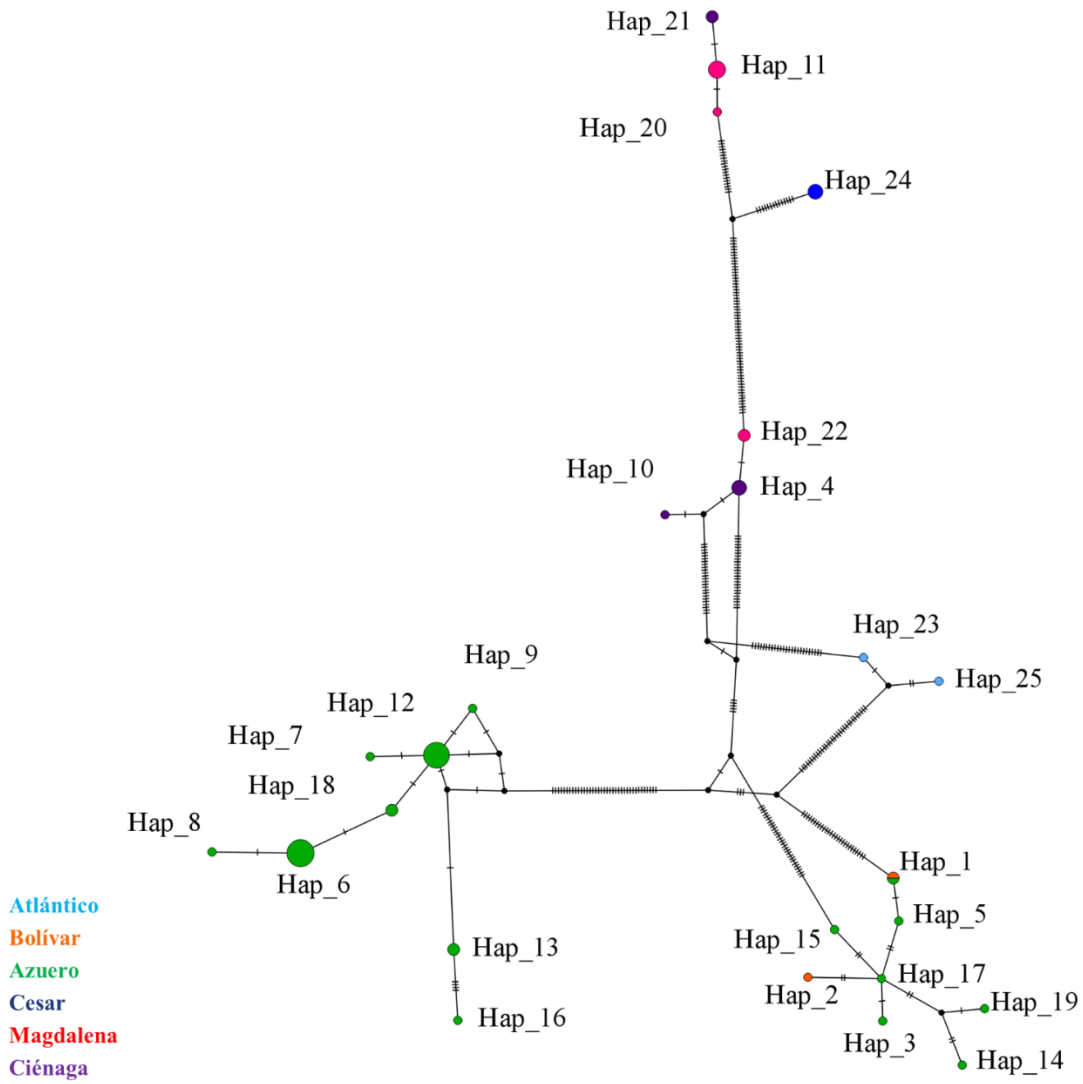


Figura 11. Red de Haplotipos de seis poblaciones de *P. barbadensis* con distribución en el Caribe, gen usado COX1.

Diagnosis molecular

A partir de la comparación de secuencias moleculares y del análisis de haplotipos, se identificaron combinaciones nucleotídicas únicas que permiten diagnosticar de manera precisa a cada población de *P. barbadensis*. En la población de Atlántico se detectaron sustituciones exclusivas en las posiciones 29 (G), 41 (G) y 56 (G); en Azuero, en las posiciones 86 (C), 89 (T) y 128 (C); en Bolívar, en las posiciones 6 (A) y 20 (G); en Cesar, en las posiciones 71 (C), 119 (C) y 188 (G); en Ciénaga, en las posiciones 2 (A) y 98 (C); y en SMT, las posiciones 38 (C), 62 (C) y 125 (C). Aunque en algunas poblaciones el análisis molecular se realizó con un número reducido de individuos, estas combinaciones únicas constituyen diagnósticos moleculares que junto con la evidencia morfológica y morfométrica, respaldan la diferenciación poblacional observada.

Análisis morfogeométrico por MOTUs

Se realizó otro análisis morfogeométrico agrupando a los individuos no por grupos geográficas sino como unidades taxonómicas operaciones morfológicas (MOTUs). De acuerdo a las diferencias encontradas usando la morfometría geométrica y los datos moleculares; decidimos hacer tres MOTUs: el primero formado con individuos de Atlántico, el segundo con individuos de Sucre y el tercero con individuos de Cesar, Bolívar y Córdoba y encontramos que al igual que en MG poblaciones y la molecular, Atlántico es una población totalmente diferenciada de las demás poblaciones, MOTU 1 se diferenció de MOTU 2 según el análisis discriminante en la genitalia femenina, la Patella y el carapace y MOTU1-MOTU3 se diferenció en el fémur, genitalia femenina y Carapace; La MOTU 2 mostró una variación en la Patella y el Carapace con respecto a al MOTU 3. El carapace fue estructura con mayor

variación en este análisis, sin embargo, en el análisis de MG fue de las estructuras que menos varió (Tabla 5)

Tabla 5. Valor de p y T-square para definir significancia en la variación de MOTUs en 4 estructuras usando morfometría geométrica. A) Fémur B) Patella C) Genitalia D) Carapace

A) Femur	P. d (p-value)	T-s (p-value)
MOTU 1 vs MOTU 2	0.066	0.261
MOTU 1 vs MOTU 3	0.009*	0.323
MOTU 2 vs MOTU 3	0.224	0.110
B) Patella	P. d (p-value)	T-s (p-value)
MOTU 1 vs MOTU 2	0.103	<0.0001*
MOTU 1 vs MOTU 3	0.206	0.211
MOTU 2 vs MOTU 3	0.017*	<0.0001*
C) Gen_Fem	P. d (p-value)	T-s (p-value)
MOTU 1 vs MOTU 2	0.027*	0.012*
MOTU 1 vs MOTU 3	0.004*	0.001*
MOTU 2 vs MOTU 3	0.288	0.344
D) Carapace	P. d (p-value)	T-s (p-value)
MOTU 1 vs MOTU 2	0.006*	0.017*
MOTU 1 vs MOTU 3	0.003*	0.596
MOTU 2 vs MOTU 3	<0.0001*	0.006*

Taxonomía integrativa de *Phrynus barbadensis*.

La combinación de distintos tipos de evidencia en la delimitación de especies y/o poblaciones ha sido clave a la hora de definir la estructura de distintos grupos, en este trabajo usamos datos morfológicos, morfo geométricos, moleculares y geográficos para ver si las poblaciones de *P. barbadensis* se podían diferenciar. Esta especie al igual que el orden Amblypygi presenta una morfología muy conservada, lo que puede dificultar la identificación a nivel de especie, distintos autores han usado diferentes métodos y evidencias para poder delimitar especies.

El uso de la morfometría lineal y geométrica para analizar la variación de la forma de las arañas látigo ha venido tomando fuerza en los últimos años, en estos estudios han tomado

diferentes especies del orden y se han encontrado diferencias morfológicas relacionadas con la distribución geográfica, el tipo de suelo o la cobertura vegetal en la que se encuentran los individuos (Vásquez *et al.*, 2019; Torres *et al.*, 2018). En el estudio de *P. barbadensis*, se observó que las cinco poblaciones estudiadas se comportaron como un grupo morfológicamente similar, en el que las diferencias tanto a nivel morfométrico como morfogeométrico no fueron significativas para separar las poblaciones. Aunque si se observó ligeras diferencias en algunas de las estructuras medidas, los individuos de *P. barbadensis* presentaron una mayor variación en algunas medidas como la longitud total del cuerpo, en el pedipalpo y en la pata I, al igual que una mayor variación morfológica en el fémur, en el que se presentan algunas espinas que no se encuentran en la descripción original hecha por Pocock 1993. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Vásquez *et al.*, (2019), en el que se separaron poblaciones de *Heterophrynus boterorum* presentes en distintas zonas de la cordillera de los Andes, por medio de diferencias en el tamaño de los pedipalpos, número de espinas y tubérculos. Por otro lado, el fémur es una estructura utilizada en la identificación taxonómica del género, de modo que ciertas variaciones podrían contribuir a diferenciar mejor las poblaciones. Este es el primer trabajo que aplica morfogeometría para analizar de manera conjunta estructuras como el fémur y la genitalia femenina, lo cual resalta la necesidad de desarrollar más estudios que midan la variación intra e interespecífica y evalúen si estas estructuras son útiles para distinguir especies o poblaciones dentro del género *Phrynus.*, Seiter et al. (2022) demostraron que la morfogeometría de la patella del pedipalpo permite discriminar especies dentro del género.

Los individuos de sucre mostraron una variación de la forma en las cuatro estructuras analizadas, este resultado concuerda con los descrito por Torres *et al.*, (2018) quienes plantearon que las poblaciones del departamento de Sucre se diferenciaron con respecto al hábitat en donde se encuentra, quienes mencionan una variabilidad del carapace en distintas poblaciones, lo que concuerda con nuestros resultados.

En la morfometría geométrica a nivel poblacional, la genitalia y el carapace fueron las estructuras que mayor y menor varianza tuvieron, respectivamente. Ambas estructuras se distribuyeron en más de dos componentes principales, lo que evidencia que la variación de la forma ocurre en varias dimensiones. La genitalia, al concentrar una alta variabilidad, posiblemente influenciada por presiones de selección sexual, podría contribuir a diferenciar

poblaciones; Por otro lado, el carapacho tuvo una baja varianza, esta se explicó en tres ejes, lo que indica que su variación no se restringe a una sola dimensión. Sin embargo, al agrupar los individuos en MOTUs, el carapace fue una de las estructuras que mayor variación tuvo, mostrando patrones morfológicos compartidos más allá de la ubicación geográfica.

Las divergencias genéticas entre poblaciones de *P. barbadensis* presentan valores que anteriormente han sido documentados como valores interespecíficos. Agnarsson *et al.*, (2023), documentaron que especies como *Paraphrynus laevifrons* y *Paraphrynus cubensis* pueden tener una distancia intraespecífica de 1,2 % hasta un 6 % y los valores interespecie pueden ser de hasta el 19%.; los datos obtenidos mostraron divergencias de hasta 18% entre poblaciones de *P. barbadensis*, lo que se aproxima a esos valores de diferenciación interespecíficas. Esto nos sugiere que las poblaciones presentan una separación genética, que podría estar asociada a procesos de aislamiento geográfico o presiones selectivas locales; Lo que respalda la hipótesis alternativa planteada en esta investigación, en la cual se reconoce la existencia de diferencias significativas que podrían reflejar la presencia de linajes distintos dentro de lo que actualmente se considera una sola especie

De manera general, estos resultados mostraron que no se pueden separar las poblaciones utilizando caracteres morfológicos, si podemos resaltar ciertas estructuras como el pedipalpo, que presenta una mayor variación tanto en morfometría lineal como geométrica. Esta variación podría deberse a la utilización de la estructura en distintos ámbitos de la vida de *Amblypygi*, como en alimentación y/o cortejo y reproducción, como lo menciona Weygoldt (2000) en su libro sobre la biología del orden.

Los resultados muestran que el fémur y la genitalia podrían ser estructuras clave a la hora de diferenciar poblaciones de *Amblypygi*, ya que se observaron variaciones desde el momento en el que se identificaron los ejemplares.

Las poblaciones de *P. barbadensis* en el Caribe colombiano muestran variación tanto morfométrico como molecular. La morfometría, especialmente en estructuras como el pedipalpo y la genitalia, revelo patrones consistentes de variación que concuerdan con los datos moleculares, Estas variaciones sugieren la existencia de posibles linajes distintos dentro de la especie y no simplemente plasticidad fenotípica; Sin embargo, al tratarse de una especie nominal, estas diferencias deben

interpretarse con cautela, considerándolas como posible diversidad críptica, lo cual requiere estudios adicionales antes de proponer cambios taxonómicos.

Aunque en la literatura varios autores han mencionado de manera indirecta que *P. barbadensis* podría representar un conjunto de especies crípticas, en este estudio no encontramos evidencia de simpatría que permita confirmar de manera definitiva esta hipótesis. Sin embargo, los valores de divergencia genética observados entre poblaciones sugieren lo que podría ser un complejo de especies, lo que crea la necesidad de realizar más estudios en los que se incluya un mayor muestreo geográfico que permita encontrar zonas de solapamiento entre diferentes poblaciones. Si no existen individuos intermedios morfológicamente y las divergencias genéticas se mantienen en estas zonas de solapamiento, esto demostraría que las poblaciones están reproductivamente aisladas y por tanto, representan especies distintas. (Figura 12)

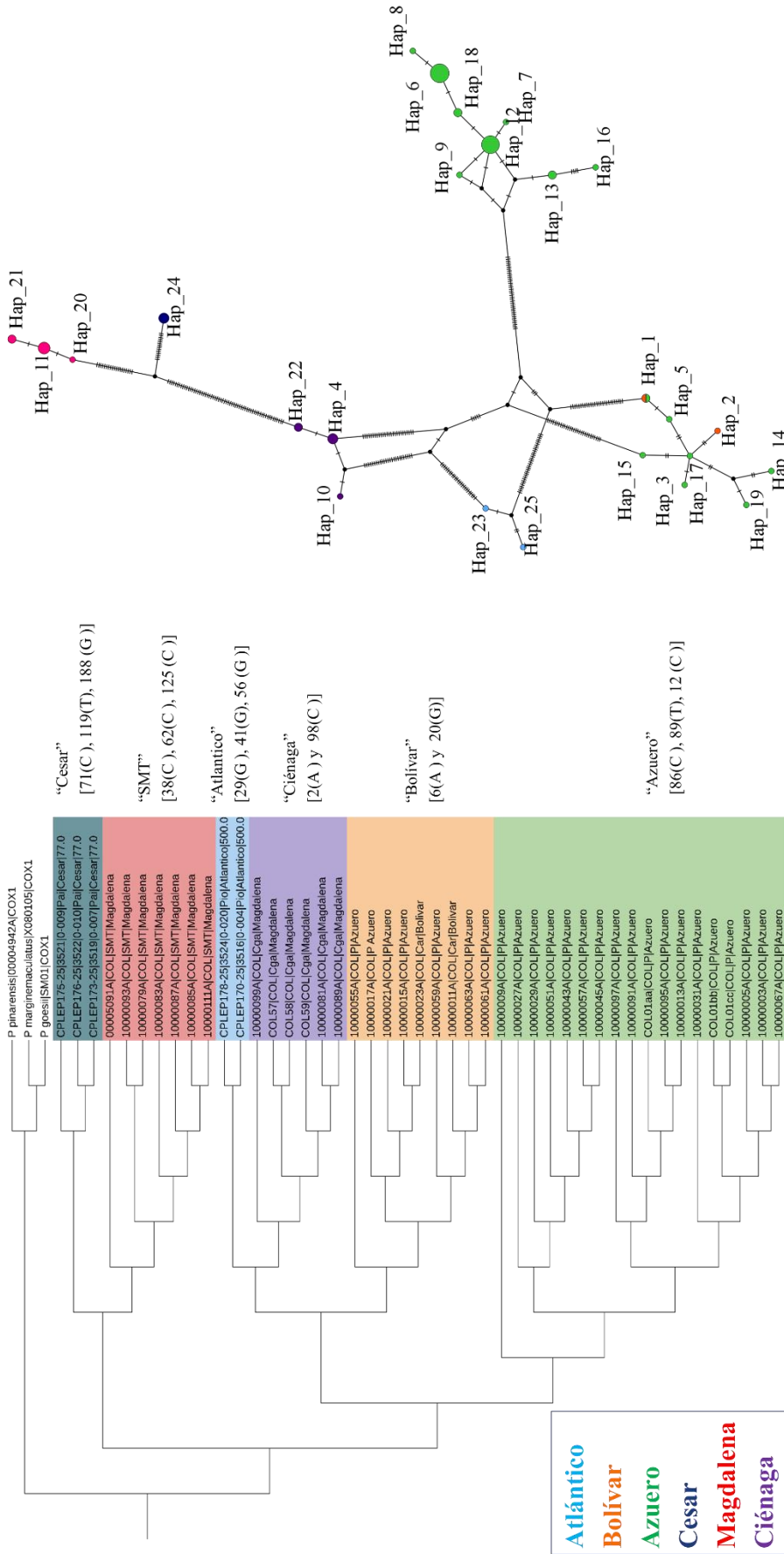


Figura 12. Diferenciación de 6 poblaciones de *Phrynos barbadosis* distribuidas en el Caribe Colombiano; Delimitación de grupos basados en distancias genéticas, diagnosis molecular y Haplotipos por población.

CONCLUSIONES

- Los resultados de morfometría mostraron variación poblacional en *P. barbadensis*, con la morfometría lineal se pudo observar variación en estructuras del pedipalpo y tamaño corporal, sin embargo, no hubo ningún patrón diferenciador. Por su parte, La morfometría geométrica permitió detectar cambios en la forma de estructuras como el fémur y la patella del pedipalpo y la genitalia femenina, estos cambios fueron significativos para separar las poblaciones, siendo Atlántico y Sucre las que mayor diferenciación tuvieron con respecto a las demás.
- En cuanto a los resultados moleculares, las poblaciones analizadas mostraron divergencias genéticas interpoblacionales superiores al 7%, un valor que en otros géneros se utiliza para diferenciar especies. Además, todos los métodos de delimitación empleados separaron las poblaciones como entidades independientes, y las divergencias tan altas sugieren que dentro de *P. barbadensis* podría existir diversidad críptica. Sin embargo, aún se requieren estudios adicionales para confirmar esta hipótesis y entender mejor la taxonomía de la especie.
- En cuanto a la distribución, aunque *Phrynus barbadensis* se conoce en varias zonas del Neotrópico, en Colombia los registros eran muy limitados. Este estudio permitió ampliar su rango dentro del país, confirmando su presencia en dos nuevas localidades de los departamentos de Cesar y Atlántico. Esto no solo actualiza el mapa de distribución de la especie, sino que también ayuda a tener una mejor idea de dónde se encuentran las poblaciones, lo que puede ser útil para estudios futuros sobre su ecología y conservación.

RECOMENDACIONES

- Es importante realizar más estudios de Morfometría Geométrica enfocados en especies del orden Amblypygi, ya que esta herramienta ha demostrado ser muy eficaz para detectar variación morfológica entre poblaciones, aportando información clave para su taxonomía y conservación.
- Se hace necesario hacer análisis más profundos de *P. barbadensis* en que se incluyan más especímenes, mayor información molecular y ampliar las zonas de muestreo, permitiendo comprender mejor la estructura genética de la especie, sus patrones de variación morfológica y su dinámica poblacional, así como evaluar con mayor certeza si se trata de un complejo de especies.

BIBLIOGRAFÍA

1. Agnarsson, I., Coddington, J. A., Caicedo-Quiroga, L., May-Collado, L. J., & Pálsson, S. (2023). Deep mtDNA sequence divergences and possible species radiation of whip spiders (Arachnida, Amblypygi, Phrynidae, *Phrynus/Paraphrynus*) among Caribbean oceanic and cave islands. *Taxonomy*, 3(1), 133–147.
2. Aguirre, W., & Jiménez Prado, P. (2018). *Guía práctica de morfometría geométrica: Aplicaciones en la ictiología*. Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Esmeraldas (PUCESE).
3. Armas, L. F. (2005). Notas sobre la biología reproductiva del ambliopígrado partenogenético *Charinus acosta*.
4. Armas, L. F. (2014). Los ambliopígrados de Cuba (Arachnida: Amblypygi). *Revista Ibérica de Aracnología*, 24, 29–51.
5. Armas, L. F., & Maes, J. M. (1982). Los ambliopígrados de Nicaragua (Arachnida: Amblypygi). *Familia*, 30.
6. Armas, L. F., & Seiter, M. (2013). *Phrynus gervaisii* (Pocock, 1894) is a junior synonym of *Phrynus barbadensis* (Pocock, 1893) (Amblypygi: Phrynidae). *Revista Ibérica de Aracnología*, 23, 128–132.
7. Armas, L. F., Rodríguez, T. M., & Teruel, R. (2013). Depredación de *Phrynus damonidaensis* (Amblypygi: Phrynidae) por *Alayotityus sierramaestrae* (Scorpiones: Buthidae) y lista de los enemigos naturales de los ambliopígrados. *Revista Ibérica de Aracnología*, 22, 107–108.
8. Berner, J., & Cordeiro, L. (2017). Variação na forma do cefalotórax e na conformação dos espinhos do pedipalpo de *Heterophrynus vesanicus* Mello. *Sociedade Brasileira de Espeleologia*, 2113, 13–18.
9. Chiriví Joya, D., & Armas, L. F. (2012). La subfamilia Phryninae (Amblypygi: Phrynidae) en Colombia. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa*, 395–402.
10. Fedosov, A., Achaz, G., & Puillandre, N. (2019). Revisitando el uso de caracteres de ADN en taxonomía con MolD: Un algoritmo independiente del árbol para recuperar caracteres de nucleótidos diagnósticos de conjuntos de datos monolocus. *bioRxiv*, 838151. <https://doi.org/10.1101/838151>

11. Francke, O. F. (2014). Biodiversidad de Arthropoda (Chelicerata: Arachnida ex Acari) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85(Supl. ene), S408–S418. <https://doi.org/10.7550/rmb.31914>
12. Gutiérrez, Y. (2021). Estudio cuantitativo de caracteres morfológicos internos de insectos por medio de micro-tomografía computarizada. In *Memorias Congreso Sociedad Colombiana de Entomología* (p. 1).
13. Harvey, M. S., & West, P. L. (1998). New species of *Charon* (Amblypygi, Charontidae) from Northern Australia and Christmas Island. *Journal of Arachnology*, 273–284.
14. Hernández, F. J., Lugo, E. J., Batalla, E. G., & Caravantes, J. E. (2020). Ecomorfología: Una visión ecológica-adaptativa de la morfología de las especies en su comunidad. *EDUCATECONCIENCIA*, 25(26), 111–135.
15. Leigh, J. W., & Bryant, D. (2015). PopART: Full-feature software for haplotype network construction. *Methods in Ecology and Evolution*, 6(9), 1110–1116.
16. McArthur, I. W., Miranda, G. S., Seiter, M., & Chapin, K. J. (2018). Global patterns of sexual dimorphism in Amblypygi. *Zoologischer Anzeiger*, 273, 56–64.
17. Miranda, G. S., Giupponi, A. P., Scharff, N., & Prendini, L. (2022). Phylogeny and biogeography of the pantropical whip spider family Charinidae (Arachnida: Amblypygi). *Zoological Journal of the Linnean Society*, 194(1), 136–180.
18. Moreno, C., Hurtado, J., & Cevallos, N. (2015). Morfometría geométrica: El estudio de la forma y su aplicación en biología. *Temas de Ciencia y Tecnología*, 19, 53–59.
19. Owen, J., & Cokendolpher, J. (2006). El escorpión látigo sin cola (*Phrynus longipes*) se alimenta de colibrí crestado antillano (*Orthorhyncus cristatus*). *The Wilson Journal of Ornithology*, 118(3), 422–423.
20. Paz, A., Gonzalez, M., & Crawford, A. J. (2011). Códigos de barras de la vida: Introducción y perspectiva. *Acta Biológica Colombiana*, 16(3), 161–176.
21. Prendini, L., Weygoldt, P., & Wheeler, W. C. (2005). Systematics of the *Damon variegatus* group of African whip spiders (Chelicerata: Amblypygi): Evidence from behaviour, morphology and DNA. *Organisms Diversity & Evolution*, 5(3), 203–236.
22. Prieto, C., Faynel, C., & Lorenc-Brudecka, J. (2023). Integrative description of two new species and two new subspecies of *Lamprospilus* Geyer (Lepidoptera: Lycaenidae). *Zootaxa*, 5244(2), 145–159.

23. Prieto, C., Faynel, C., Robbins, R., & Hausmann, A. (2021). Congruence between morphology-based species and Barcode Index Numbers (BINs) in Neotropical Eumaeini (Lycaenidae). *PeerJ*, 9, e11843.
24. Puillandre, N., Brouillet, S., & Achaz, G. (2021). ASAP: Ensamblaje de especies mediante partición automática. *Recursos de Ecología Molecular*, 21, 609–620.
25. Puillandre, N., Lambert, A., Brouillet, S., & Achaz, G. (2012). ABGD, descubrimiento automático de brechas de código de barras para la delimitación de especies primarias. *Ecología Molecular*, 21, 1864–1877.
26. Quintero Jr, D. (1981). The amblypygid genus *Phrynus* in the Americas (Amblypygi, Phrynidae). *Journal of Arachnology*, 117–166.
27. Réveillion, F., Montuire, S., Maquart, P. O., Fétiveau, C., & Bollache, L. (2022). Variations in the carapace shape of whip spiders (Arachnida: Amblypygi). *Journal of Morphology*, 283(8), 1003–1014.
28. Ruppert, E. E., & Barnes, R. D. (1996). *Zoología de los invertebrados* (pp. 302–303). McGraw-Hill Interamericana.
29. Seiter, M., Strobl, L., Schwaha, T., Prendini, L., & Schramm, F. D. (2022). Morphometry of the pedipalp patella provides new characters for species-level taxonomy in whip spiders (Arachnida, Amblypygi): A test case with description of a new species of *Phrynus*. *Zoologischer Anzeiger*, 298, 10–28. <https://doi.org/10.1016/j.jcz.2022.02.004>
30. SOCOLEN. (2022). *Memorias Congreso Sociedad Colombiana de Entomología*.
31. Torres, R. A., Atencia, P. L., & Liria, J. (2018). Variación morfogeométrica en *Phrynus barbadensis* (Pocock, 1893) (Amblypygi: Phrynidae) de Colombia. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*, 77(1), 1–10.
32. Torres-Contreras, R., Armas, L. F., & Álvarez-García, D. M. (2015). Cannibalism in whip spiders (Arachnida: Amblypygi). *Revista Ibérica de Aracnología*, 26, 79–80.
33. Vásquez, S., Chiriví, D., García, A., Mantilla, H., & Torres, J. (2019). Variación morfológica en *Heterophrynus boterorum* (Arachnida: Amblypygi: Phrynidae). *Biota Colombiana*, 20(2), 32–45. <https://doi.org/10.21068/c2019.v20n02a03>
34. Vences, M., Miralles, A., Brouillet, S., Ducasse, J., Fedosov, A., Kharchev, V., ... Renner, S. S. (2021). iTaxoTools 0.1: Impulsando un conjunto de herramientas de

- software basado en especímenes para taxónomos. *Megataxa*, 6, 77–92.
<https://www.mapress.com/mt/article/view/megataxa.6.2.1>
35. Vences, M., Thomas, M., Van der Meijden, A., Chiari, Y., & Vieites, D. R. (2005). Comparative performance of the 16S rRNA gene in DNA barcoding of amphibians. *Frontiers in Zoology*, 2, 1–12.
36. Viquez, C., & Armas, L. (2006). Biodiversidad de Guatemala. Amblypygi. Los ambliopígidios de Guatemala (Arachnida: Amblypygi).
37. Weygoldt, P. (1996). Morfología evolutiva de las arañas látigo: hacia un sistema filogenético (Chelicerata: Arachnida: Amblypygi). *Revista de Sistemática Zoológica e Investigación Evolutiva*, 34, 185–202. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0469.1996.tb00825.x>
38. Weygoldt, P. (2000). *Whip spiders (Chelicerata: Amblypygi): Their biology, morphology and systematics*. Apollo Books.
39. Weygoldt, P., Rahmadi, C., & Huber, S. (2010). Notas sobre la biología reproductiva de *Phrynus exsul* Harvey, 2002 (Arachnida: Amblypygi: Phrynidae). *Zoologischer Anzeiger*, 249(2), 113–119.
40. World Arachnida Catalog. (2023). <https://wac.nmbe.ch/>
41. Zhang, J., Kapli, P., Pavlidis, P., & Stamatakis, A. (2013). Un método general de delimitación de especies con aplicaciones a la clasificación filogenética. *Bioinformática*, 29, 2869–2876.

ANEXOS

Tabla 1. Descripción de los Landmarks (tipo I-II) y Semi- landmarks (Tipo III) en cada una de las estructuras. Tomado de Torres et al., (2018) y Seiter et al., (2022) y modificado.

Carapace	Tipo de LM	Landmarks	Descripción		
	I	25	Ojos laterales izquierdos		
		26	Ojos medios		
		27	Ojos laterales derechos		
	II	1	Margen medial anterior entre quelíceros		
		13	Parte media del surco		
	III	2	Margen lateral derecho anterior		
		3--4	Margen lateral derecho en la parte basal de la pata I		
		5--6	Margen lateral derecho en la parte basal de la pata II		
		7--8	Margen lateral derecho en la parte basal de la pata III		
		9--10	Margen lateral derecho en la parte basal de la pata IV		
		11	Parte posterior derecha más cercana a la parte lateral		
		12	Parte posterior derecha más cercana a la parte media		
		14	Parte posterior izquierda más cercana a la parte media		
		15	Parte posterior izquierda más cercana a la parte lateral		
		16-17	Margen lateral izquierdo en la parte basal de la pata IV		
		18-19	Margen lateral izquierdo en la parte basal de la pata III		
		20-21	Margen lateral izquierdo en la parte basal de la pata II		
		22-23	Margen lateral izquierdo en la parte basal de la pata I		
		24	Margen lateral izquierdo anterior		
		Patella	Tipo de LM	Landmarks	Descripción
			I	20	Punto más dorsal de la unión entre la patella y la tibia
	21			Punto más ventral de la unión entre la patella y la tibia	
	27			Punto más ventral de la unión entre la patella y el fémur	
	28			Punto más dorsal de la unión entre la patella y el fémur	
II	1		Ápice de la espina Pd1		
	4		Ápice de la espina Pd2		
	7		Ápice de la espina Pd3		
	10		Ápice de la espina Pd4		
	13		Ápice de la espina Pd5		
	16		Ápice de la espina Pd6		
	18		Ápice de la espina Pd7		
	2—3		Intersección basal de entre la espina Pd1 y Pd2		
	5—6		Intersección basal de entre la espina Pd2 y Pd3		
	8—9		Intersección basal de entre la espina Pd3 y Pd4		
	11—12		Intersección basal de entre la espina Pd4 y Pd5		
	14—15		Intersección basal de entre la espina Pd5 y Pd6		
	17		Parte distal-basal de la espina Pd6		
	19		Parte distal-basal de la espina Pd7		
	33		Parte basal- anterior de la espina Pd1		
	III		22-26	Puntos equis-distantes en la parte dorsal-anterior antes de la espina 1	
29- 32		Puntos equis-distantes en la parte dorsal-posterior			

Fémur	Tipos de LM	Landmark	Descripción	
Genitalia femenina	I	17	Punto más dorsal de la unión entre el fémur y patella	
		18	Punto más ventral de la unión entre el fémur y la Patella	
		27	Punto más ventral de la unión entre el trocánter y el fémur	
		28	Punto más dorsal de la unión entre el trocánter y el fémur	
		29	Punto de union media entre el Femur y el trocanter	
	II	1	Ápice de la espina Fd1	
		3	Ápice de la espina Fd2	
		6	Ápice de la espina Fd3	
		9	Ápice de la espina Fd4	
		12	Ápice de la espina Fd5	
		14	Ápice de la espina Fd6	
		15	Apice de la espina Fd6A	
		16	Apice de la espina Fd7	
		2	Parte intermedia basal entre las Fd1 y la Fd2	
		4--5	Intersección basal de la espinas Fd2, Fd3	
		7--8	Intersección basal de la espinas Fd3, Fd4	
		10--11	Intersección basal de la espinas Fd4, Fd5	
		13	Parte basal derecha de la espina Fd5	
		30	Parte basal izquierda de la espina Fd1	
		III	19-26	Puntos equis-distantes en la parte posterior
		Tipos de LM	Landmark	Descripción
	I	11--15		Intersección entre el esclerito y el receptáculo seminal derecho
		26--31		Intersección entre el esclerito y el receptáculo seminal izquierdo
	II	1		Ápice del esclerito derecho (vista ventral)
		16		Ápice del esclerito izquierdo (vista ventral)
		9--10		Parte basal del esclerito derecho (vista ventral)
		24--25		Parte basal del esclerito izquierdo (vista ventral)
	III	2--8		Contorno intermedio del esclerito derecho entre el ápice y la base
		17--23		Contorno intermedio del esclerito izquierdo entre el ápice y la base
		32--50		Contorno total de la zona en la que está presente el receptáculo seminal derecho
		51--68		Contorno total de la zona en la que está presente el receptáculo seminal izquierdo

Tabla 2. Valores promedio de 25 estructuras morfológicas.

Caracteres morfológicos	Piojo n=6	Pailitas n= 8	Sucre n=10	Bolivar n=4	Cordoba n=10
Longitud_total	16,65	17,53	19,19	20,40	17,71
Ancho_maximo_prosoma	9,80	10,25	10,47	9,88	9,74
Longitud_centro_prosoma	5,83	6,55	7,14	5,78	5,94
Longitud_borde_frontal_prosoma	3,05	3,15	2,87	2,45	3,05
Longitud_ojos_medios_a_la_linea_media_prosoma	3,97	4,08	4,33	4,20	4,29
Ancho_maximo_opistosoma		7,50	7,87	6,85	6,98
Longitud_maxima_opistosoma	10,50	9,60	11,60	12,25	11,33
Longitud_total_pedipalpo	14,92	16,50	15,71	15,58	14,80
Longitud_trocanter_pedipalpo	2,53	2,13	2,84	3,13	2,49
Longitud_Femur_pedipalpo	5,33	5,27	5,80	5,58	4,96
Longitud_Patella_pedipalpo	6,22	6,50	7,20	6,58	6,16
Longitud_Tibia_pedipalpo	3,08	2,97	3,87	3,15	3,09
Longitud_tarso_pedipalpo	3,27	3,10	3,46	3,30	3,26
longitud_total_Pata_I	64,58	74,22	76,89	81,50	63,59
Longitud_tibia_Pata_I	25,33	26,63	27,34	27,60	24,28
Longitud_tarso_Pata_I	27,55	31,73	31,10	32,05	26,09
longitud_total_Pata_II	28,00	28,22	29,68	29,53	27,85
Longitud_tibia_Pata_II	10,42	10,22	11,50	10,58	10,69
Longitud_tarso_Pata_II	8,28	7,33	7,90	7,98	7,63
longitud_total_Pata_III	29,95	30,17	32,78	32,08	26,94
Longitud_tibia_Pata_III	11,47	12,12	11,62	11,98	12,39
Longitud_tarso_Pata_III	8,22	8,15	8,18	8,58	7,94
longitud_total_Pata_IV	27,45	27,92	28,82	28,28	26,20
Longitud_tibia_Pata_IV	10,38	10,55	11,53	10,70	10,64
Longitud_tarso_Pata_IV	7,92	7,72	7,36	8,05	7,43