

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA**

**“Análisis morfológico del complejo de especies de salamandras  
pletedóntidas *Bolitoglossa morio* Cope, 1869 (Amphibia; Caudata;  
Plethodontidae) en diferentes localidades de Guatemala”**

**CARLOS ROBERTO VÁSQUEZ ALMAZÁN**

**Biólogo**

**Guatemala, Mayo de 2011**

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA

**Análisis morfológico del complejo de especies de salamandras  
pletodóntidas *Bolitoglossa morio* Cope, 1869 (Amphibia; Caudata;  
Plethodontidae) en diferentes localidades de Guatemala.**

Carlos Roberto Vásquez Almazán  
Biólogo

Guatemala, Mayo de 2011

## **JUNTA DIRECTIVA**

Oscar Manuel Cóbar Pinto, Ph. D.	Decano
Lic. Pablo Ernesto Oliva Soto, M.A.	Secretario
Licda. Lillian Raquel Irving Antillón, M. A.	Vocal I
Licda. Liliana Vides de Urízar	Vocal II
Lic. Luis Antonio Gálvez Sanchinelli	Vocal III
Br. José Roy Morales Coronado	Vocal IV
Br. Cecilia Liska De León	Vocal V

## ACTO QUE DEDICO

A estas dos personitas Carlos Daniel y María Fernanda que le han dado tanto sentido y pureza a mi vida, a mi lucha de siempre. Para ustedes toda mi esencia y todo lo bueno que hay en mí junto a su mami.

A mi compañera, mi esposa Peggy Vanessa ArrillagaMoncrieff porque los esfuerzos también han sido tuyos, tu eres mi balance necesario lo sabes bien y porque me has dado lo más preciado de mi vida, nuestros hijos a quienes juntos llevaremos por los caminos y las enseñanzas del bien.

A mis padres José Roberto Vásquez Villalta y Hermelinda Almazán Castillo porque sus incansables ejemplos de bien, sus esfuerzos, su humildad, su sencillez, su cariño, sus consejos, sus lágrimas y enojos oportunos. No tengo palabras y tengo tantas que no caben en estas hojas, pero ustedes lo saben, cuan inmensamente agradecido estoy por su entrega a nosotros, la cual nunca se agota. Este éxito sin ustedes no habría sido posible.

A mis hermanos, Wilson, Nancy, Alma, Juan, Cesar porque son tantas cosas, una vida juntos, aun la seguimos construyendo en otro espacio, otro escenario y siempre allí estamos en todas las buenas y malas, porque tanto los quiero y siempre han estado conmigo, gracias por estar allí.

A esas dos grandes mujeres, mis abuelas María Hortensia Villalta Yol (Q.E.P.D.) y María del Socorro Castillo Vásquez (Q.E.P.D.), porque ustedes son una gran parte de lo que soy, mis primeros pasos, mis primeras palabras, y mucho más. Inmensamente gracias abuelitas por su entrega hacia mí y todos esos consejos y ejemplos que hoy me han hecho lo que soy, su espíritu y sus enseñanzas viven dentro de mí.

A mis abuelos Francisco Almazán Falla (Q.E.P.D.), Carlos Vásquez (Q.E.P.D.) y Rosalío Barahona. Sus enseñanzas, consejos y apoyo han hecho el hombre que soy. Abuelito "Chico" esa caminata en la mañana por los maizales del año 1981 forjo el camino de la carrera que hoy culmino, y sé que siempre has estado conmigo desde aquel día en que partiste, pues he sentido tu presencia muchas veces y algún día podre tomarte de nuevo de la mano como cuando fui niño, gracias abuelito.

A todos mis sobrinos que son parte de la esperanza y el presente de Guatemala, a ustedes mis mejores ejemplos y consejos. David, Yuri, Velvet, Stefi, Kimi, Andrea, Cesar, Paulo, Diego, Andreas, Keyla, los quiero mucho.

A mis primos y tíos Consuelo, Clemencia, Víctor, Marco, Luis, Pablo, Carmen, Julio, Angélica, Carmela, gracias infinitas por sus consejos y apoyo que ha sido una guía en todo mi desarrollo, siempre han estado allí conmigo.

A nuestro ahijado José Octavio Cajas Cano, pues espero ser un buen ejemplo y una luz en tu camino, a tus padres José Cajas y Scarlet Cano, gracias por compartir tantas cosas conmigo y mi familia.

A todas aquellas personas que forman parte de mi vida, y saben aunque no las mencione que están firmemente en mis pensamientos y recuerdos.

A la Guatemala profunda, real, salvaje, milenaria, esa tierra que me ha dado todo desde el primer aliento y por quien lucho cada día, para que sea mejor.

A todos los compañeros y compañeras que ya no están y han dejado su vida por construir una tierra, un país más justo, más humano, más nuestro. A todos ellos gracias infinitas.....

## AGRADECIMIENTOS

Al Museo de Historia Natural y la Escuela de Biología de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala –MUSHNAT-, porque en estos sitios he dejado mi juventud y me he formado en todos los aspectos de mi vida profesional.

A la familia Obiols Prado, por ser un ejemplo para mi vida, especialmente a ti “Lucia” pues siempre has creído en mí y gran parte de lo que soy profesionalmente te lo debo a ti que siempre me apoyaste, ayudaste, aconsejaste y hasta me has permitido compartir con tu familia, inmensamente gracias.

A mis asesores y amigos Ph. D. Ted Papenfuss y Ph. D. Sean Rovito pues me han permitido aprender de ellos y me han guiado y ayudado en este campo profesional tan inmenso y complejo. Gracias por todo su apoyo, acompañamiento y trabajo en el desarrollo de esta tesis. Y muchas gracias por estos 7 años intensos de trabajo, los cuales han dado ya muchos frutos y estoy seguro compañeros que faltan muchos más por venir.

Al Ph. D. David Wake, del Museo de Zoología de Vertebrados de la Universidad de California-Berkeley por todo el apoyo brindado para la realización de este trabajo de tesis, y por su inmenso aporte para el conocimiento de las salamandras de Guatemala. Al MVZ-UC Berkeley por toda la colaboración y apoyo brindado.

A la Ph. D Gabriela Parra-Olea, del Instituto de Biología de la UNAM por sus oportunos consejos para esta tesis, su amistad, apoyo y cariño. Gracias por haberme permitido formar parte de tu trabajo profesional, y enseñarme cada día algo nuevo y los mejores ejemplos.

A mis amigos de la Escuela, de la Universidad, especialmente a Pepe, Rafa, William, Roberto, Marianela, Heidi, Alicia, Mónica, Antonieta, Saca, Machuca, Guayo, Hugo, Fredy (Q.E.P.D.), Sara, Garnica. Especialmente a todo ese sub de Farmacia de los años de oro, gloriosos, lucidos, aguerridos, cuantas enseñanzas, experiencias. Gracias a todos mucha son tantos nombres ustedes saben quienes son, sin todos ustedes todo esto no sería tan grandioso. Y todos aquellos con los que compartimos esta fabulosa y mágica profesión que nos lleva por caminos tan complejos e intensos, disfruten y vivan la biología.

A mis amigos de la vida, Maco, Alvaro (Q.E.P.D.), Mario, Ludwig, gracias por compartir tantas experiencias, vivencias y de quienes he aprendido grandes cosas. También a aquellas personas que sé, están muy satisfechos de verme llegar hasta acá, Doña Anto, especialmente a doña “Ana” Q.E.P.D.

A nuestra Alma Mater la Universidad de San Carlos de Guatemala, que pertenece a este pueblo de Guatemala; que me ha permitido ser una parte doble de sus filas como estudiante y trabajador. En todos estos años mi espíritu y mi humanidad se han desarrollado y crecido gracias a los espacios que me has permitido ocupar. Gracias y espero poder seguir aportando para hacerte grande.

## INDICE

1. Resumen .....	1
2. Introducción .....	2
3. Antecedentes .....	4
3.1 Primeras exploraciones.....	4
3.2 Estudios recientes .....	5
3.3 Importancia de la región en la fauna de salamandras pletodóntidas.....	5
3.4 Referente teórico de las especies .....	6
4. Justificación .....	10
5. Objetivos.....	11
6. Hipótesis.....	12
7. Materiales y Métodos.....	14
7.1 Población y Muestra .....	14
7.2 Materiales .....	14
7.3 Métodos.....	14
8. Resultados .....	15
9. Discusión de Resultados.....	49
10. Conclusiones.....	53
11. Recomendaciones.....	54
12. Referencias .....	55
13. Anexos.....	57

# 1. RESUMEN

Recientemente Guatemala ha sido identificada como uno de los puntos del planeta más ricos en diversidad, y ha sido incluida dentro del Grupo de Países Megadiversos Afines, pero a la vez se considera altamente amenazada. Se considera Megadiversos a los países con mayor índice de diversidad biológica de la tierra (CONAP, 2010). En Guatemala muchos grupos de fauna y flora son muy diversos y uno de los que más aporta a este alto índice de riqueza biológica son los anfibios y dentro de ellos un grupo muy particular, las salamandras pletodóntidas. En Guatemala se localiza uno de los mayores centros de diversidad de este grupo sobre la tierra, pero a su vez se encuentran muy amenazadas. En la última evaluación hecha sobre la conservación de los anfibios y reptiles de Guatemala, las salamandras son el grupo completo más amenazado en Guatemala, aproximadamente el 72% del total de especies presentes en el país se encuentran con una alta vulnerabilidad, y su supervivencia en el largo plazo está condicionada a la calidad de sus hábitat y la influencia actual del cambio climático global.

Dentro de este grupo en Guatemala aún faltan estudios detallados de ciertas poblaciones que se denominan crípticas, las cuales no muestran diferencias muy evidentes a simple vista y necesitan de estudios más detallados y formales para determinar si pertenecen a las especies asignadas o son entidades diferentes que merecen ser nombradas y descritas. Este trabajo pretende realizar un estudio morfológico detallado de diferentes localidades de un grupo de *salamandras Bolitoglossa morio* que posee la especie *Bolitoglossa morio* que es endémica de Guatemala y presenta una amplia distribución en todo el altiplano y las tierras altas desde el occidente hasta el oriente del país.

Para ello se condujo un estudio morfológico de siete localidades de esta especie y una localidad de la especie *Bolitoglossa flavimembris* que pertenece al mismo grupo. Se midieron 17 variables de la morfología en el cuerpo de todos los ejemplares y se separaron para los análisis en machos y hembras pues existen diferencias en el tamaño de los sexos y esto marca una influencia en las medidas morfológicas. Por medio de un análisis de componentes principales se disminuyó la dimensionalidad de las variables para analizar las que más aportan en las diferencias entre especies para ambos sexos. También se eliminó el efecto del tamaño para reducir su influencia en el aporte de las variables a las diferencias morfológicas para hembras y machos. Luego se condujo un análisis discriminante para evidenciar si existe una separación entre grupos de especies en base a las variables morfológicas medidas. Las variables dientes maxilares y dientes vomerinos se analizaron por separado por poseer una unidad de medida diferente a las otras 15 variables medidas, y se sometieron a una prueba de ANOVA o en su defecto a una prueba estadística de Wilcoxon.

Al realizar los análisis se determinó que la localidad de la especie llamada previamente B. sp. "Chicabal", si se diferencia morfológicamente de la otras localidades de B. morio del altiplano guatemalteco y por lo tanto merece ser nombrada como una especie nueva aun no descrita, validando los resultados previamente publicados realizados con alozimas (Larson, 1983) y ADN mitocondrial (Parra-Olea, et. al., 2004).

*Palabras clave:* Plethodontidae, *Bolitoglossa*; *B. morio*; *B. flavimembris*; estudio morfológico.

## 2. INTRODUCCIÓN

Guatemala es un país que cuenta con una gran diversidad biológica y uno de los grupos que se pueden considerar muy diversos es el de los anfibios.

Recientemente se ha demostrado que la diversidad de anfibios de Guatemala está considerablemente infravalorada, y que la diversidad del grupo es muy superior a la esperada (Campbell & Smith, 1998; Wake & Campbell, 2000).

Uno de estos grupos diversos en Guatemala es el resultado de la radiación de las salamandras de la familia Plethodontidae en América tropical, la cual es una de las radiaciones evolutivas más notables en cuanto a la magnitud del número de especies y a la diversidad de formas morfológicas y ecológicas (Wake & Lynch 1976; Parra-Olea & Wake, 2001). La fauna de salamandras que habitan en Guatemala se han agrupado en 8 de los 13 géneros de salamandras plethodontidas neotropicales (*Bolitoglossa*, *Pseudoeurycea*, *Nyctanolis*, *Nototriton*, *Cryptotriton*, *Dendrotriton*, *Oedipina* y *Bradytriton*).

Se ha propuesto que uno de los centros de esta radiación son las tierras altas de Chiapas, México y Guatemala, donde existen la mayoría de los géneros y más de 40 especies. Algunos de estos grupos como por ejemplo *Pseudoeurycea* tienen su centro de origen propuesto y principal diversidad en las montañas de México, mientras que otros son considerados endémicos de Guatemala (*Bradytriton*). Estudios basados en el análisis de ADN mitocondrial han puesto de manifiesto que la evolución de estos grupos no está totalmente comprendida y que el análisis de las poblaciones guatemaltecas es indispensable para poder proponer un escenario evolutivo completo (Parra-Olea, G. 2006 Comm. Pers.).

El presente estudio propuso analizar las especies de salamandras del complejo de *Bolitoglossa morio*. Se hicieron comparaciones morfológicas entre ejemplares de *Bolitoglossa morio* de distintas localidades del Altiplano guatemalteco con su taxón hermano *Bolitoglossa flavimembris* y una localidad identificada como *Bolitoglossa sp.* "Chicabal", la cual se incluye dentro de este grupo. *Bolitoglossa morio* habita en las tierras altas del suroeste y el sureste de Guatemala, incluyendo la vertiente pacífica. Es abundante en la Meseta central de Guatemala, en varios de los volcanes del Pacífico, y en el bloque de Las Nubes en las tierras altas al este de la ciudad de Guatemala. Su rango de distribución altitudinal se encuentra entre los 1,300 a los 3,000 metros sobre el nivel del mar en los altos volcanes. Colectas recientes reportan esta especie a mayores elevaciones de las reportadas en la década de los setentas (Rovito et al., 2009). Es una especie relativamente común, y es abundante en sitios como el Parque Nacional Volcán de Pacaya (Vásquez, C. obs. pers. 2007; Ruano, 2009). *Bolitoglossa flavimembris* se distribuye desde las faldas del Volcán Tacaná en Chiapas, México y en la montaña al suroeste en la meseta central de Guatemala, en particular en los volcanes Atitlán, Tajumulco y Tacaná. Se distribuye desde los 1,800 a los 2,200 metros sobre el nivel del mar. *Bolitoglossa sp.* "Chicabal" es conocida únicamente del Volcán Chicabal en el suroeste de Guatemala. *Bolitoglossa sp.* "Chicabal", es una especie que se ha tratado en el pasado como *B. morio* y también como *B. flavimembris*, existiendo un panorama no esclarecido en cuanto a su posición taxonómica. Por lo anterior, este estudio pretende hacer una contribución para la sistemática del complejo de *Bolitoglossa morio* en Guatemala y clarificar la filogenia de las localidades identificadas.

Se trabajó con ejemplares de localidades de Quiché, Jalapa, Huehuetenango, Chimaltenango, Escuintla y San Marcos de la especie *Bolitoglossa morio*. También se incluyen ejemplares de una localidad no clarificada de Quetzaltenango, llamada en el pasado *B. morio*, *B. flavimembris* y *Bolitoglossa sp.* "Chicabal". Para fines de comparación, se utilizó ejemplares de la localidad de San Marcos de *Bolitoglossa flavimembris* que es especie hermana de *B. morio* (Larson, 1983). Se

emplearon ejemplares depositados en la colección del Museo de Zoología de Vertebrados (MVZ) de la Universidad de California, Berkeley. Aproximadamente se cuenta con 700 ejemplares de *Bolitoglossa morio* depositados en esta colección, pertenecientes a las distintas localidades utilizadas en este estudio. No se hizo ningún muestreo pues los ejemplares necesarios se obtuvieron de la colección del MVZ. De cada una de las localidades se escogieron los ejemplares adultos, pues éstos presentan un desarrollo completo de su morfología y de las estructuras que pudieron marcar una diferencia entre las distintas localidades. El mismo procedimiento anteriormente descrito se empleó con la localidad de la especie *Bolitoglossa flavimembris* y la localidad de *B. sp* "*Chicabal*".

### 3. ANTECEDENTES

#### 3.1 Primeras Exploraciones

Los primeros estudios importantes sobre salamandras fueron hechos por Brocchi, 1883; quien reportó los resultados de las expediciones francesas. Karl P. Schmidt del Field Museum en Chicago publicó un importante documento en 1936. Investigadores de la Universidad de California en Berkeley condujeron importantes expediciones en el campo desde el año de 1969 hasta 1979, enfocándose en el oeste de Guatemala, principalmente en la cordillera Volcánica, San Marcos, Huehuetenango y algunas regiones del Altiplano Central. Investigadores de la Universidad de Texas en Arlington han llevado a cabo expediciones en todo el país en la década de los 80 y principios de los noventa que han producido la descripción de nuevas especies de anfibios y reptiles para Guatemala (Campbell & Smith, 1998; Wake & Campbell, 2000). Se han publicado decenas de documentos donde se reporta el hallazgo de nuevas especies en la región y además se describen las relaciones ecológicas, de hábitat, filogenia y distribución de la fauna de salamandras de la región Noreste de Guatemala, específicamente del departamento de Huehuetenango (Wake & Brame, 1969; Wake & Elias, 1983; Elías, 1984; Wake, et al., 1992).

Wake et al., (1992) en un estudio efectuado en la vertiente pacífica de Guatemala y basado en un transecto, desde las tierras bajas hasta las tierras altas de San Marcos, reportan 15 especies de salamandras encontradas (Ver Figura No.1). Las salamandras acá encontradas se distribuyen desde el nivel del mar hasta los 3,900 metros en la alta montaña. Se reportan nueve especies de *Bolitoglossa*, dos de las cuales (*B. lincolni* y *B. rostrata*) se encuentran en las altas elevaciones del transecto. Una tercera (*B. morio*) es una especie ampliamente distribuida entre la fauna del altiplano y la meseta central de Guatemala. En los datos obtenidos en este estudio se encontraron los primeros ejemplares de la especie *B. sp.* "Chicabal", la cual se asigno a *B. morio* y *B. flavimembris* en el pasado, sin estar clara su posición en la filogenia del grupo de *Bolitoglossa morio*.

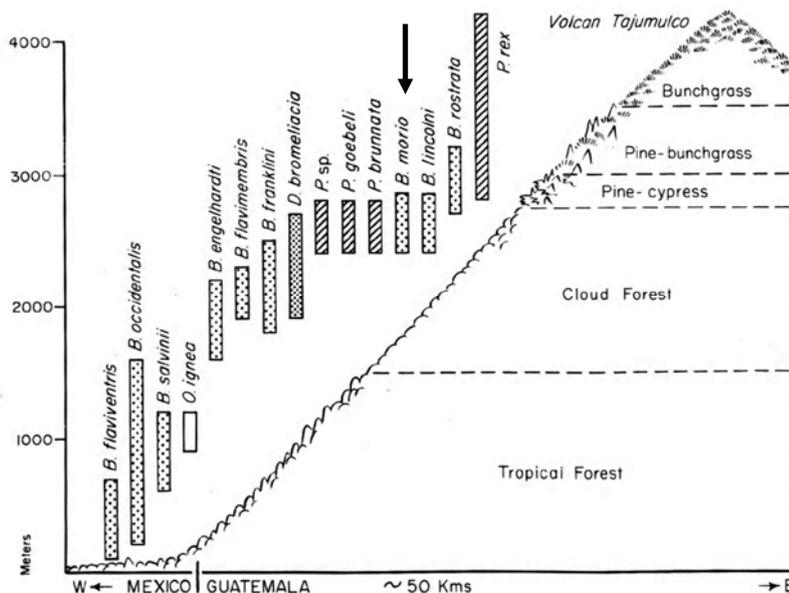


Figura No. 1: Muestra las especies reportadas por Wake, et.al.(1992) en el transecto altitudinal desarrollado en la vertiente pacífica de Guatemala. Usado con el permiso de Wake and Papenfuss, 2009.

### 3.2 Estudios Recientes

En el año 2005 iniciamos viajes al campo conjuntamente con investigadores del Museo de Historia Natural de la Universidad de San Carlos de Guatemala, del Instituto de Biología de la UNAM y del Museo de Zoología de Vertebrados de la Universidad de California en Berkeley, USA. Durante dichas expediciones hemos recolectado información de las poblaciones de salamandras pletodóntidas, incluyendo *B. morio*, *B. flavimembris* y *Bolitoglossa* sp. "*Chicabal*", y además se han incluido otras especies de la herpetofauna que habitan en la alta montaña. Los viajes incluyeron la región de Los Cuchumatanes, el Altiplano Central y la Cordillera Volcánica del Pacífico. Dichos viajes de investigación han continuado en el 2006, 2007, 2008, 2009, y 2010.

### 3.3 Importancia de la Región en la Fauna de Salamandras Pletodóntidas

Guatemala es considerada como uno de los mayores centros de diversificación de salamandras pletodóntidas. El 37.97% de las 158 especies de anfibios de Guatemala son salamandras pletodóntidas, 60 especies en 8 géneros. En la región Neotropical, sólo México tiene más géneros y especies: 31.30% de las 361 especies de anfibios mexicanos son salamandras pletodóntidas tropicales, 113 especies en 10 géneros (AmphibiaWeb, 2011).

La mayoría de salamandras presentes en Centro América Nuclear son montañosas incluyendo *Bradytriton*, *Cryptotriton*, *Dendrotriton*, *Nototriton*, *Nyctanolis* y *Pseudoeurycea*. Solo el género *Bolitoglossa* se distribuye en todas las elevaciones. Actualmente se ha descrito una nueva especie para la Sierra de las Minas del género *Cryptotriton* (Vásquez-Almazán, et al., 2009), y una nueva especie también para la Sierra de las Minas del género *Bolitoglossa* (Rovito et al., 2010). Recientemente se publicó un papel en el que se describen 16 nuevas especies de salamandras para la altiplanicie y las altas montañas de Guatemala de los géneros *Bolitoglossa* y *Dendrotriton* (Campbell et. al., 2010), incluyendo unas especies del complejo *B. morio*. Las especies descritas por Campbell y colegas requieren verificación y estudios taxonómicos más detallados, por lo cual no las considero en el presente trabajo.

La riqueza de las comunidades locales en la región ocurre más a medianas elevaciones, en áreas de alta diversidad topográfica. Existen pocas especies de alta o baja altura. Usualmente estas son montañas húmedas que soportan vegetación de bosque nuboso o similares bosques húmedos. En general, entonces, el hábitat típico para las salamandras tropicales en esta región es el bosque siempreverde montañoso húmedo a elevaciones entre los 1000 metros hasta los 2800 metros (Wake, et al., 1992).

Wake, D.B. et.al., 1992 menciona que trabajos recientes han revelado que Centro América Nuclear es uno de los mayores centros de diversidad de salamandras pletodóntidas tropicales, y nos han sugerido que podría ser un refugio donde miembros de varios antiguos linajes relacionados están persistiendo hasta nuestros tiempos.

Larson (1983) realizó un estudio basado en una comparación de alozimas de diferentes poblaciones de *B. morio*. Larson evidencia según sus resultados que una población en el altiplano guatemalteco de *B. sp* "*Chicabal*" es lo suficientemente cuestionable desde el punto de vista de la especie a la que esta designada. Además menciona que es morfológicamente diferente del resto de las poblaciones conocidas de *B. morio* e intermedia entre *B. morio* y *B. flavimembris*. Ver Figura 2.

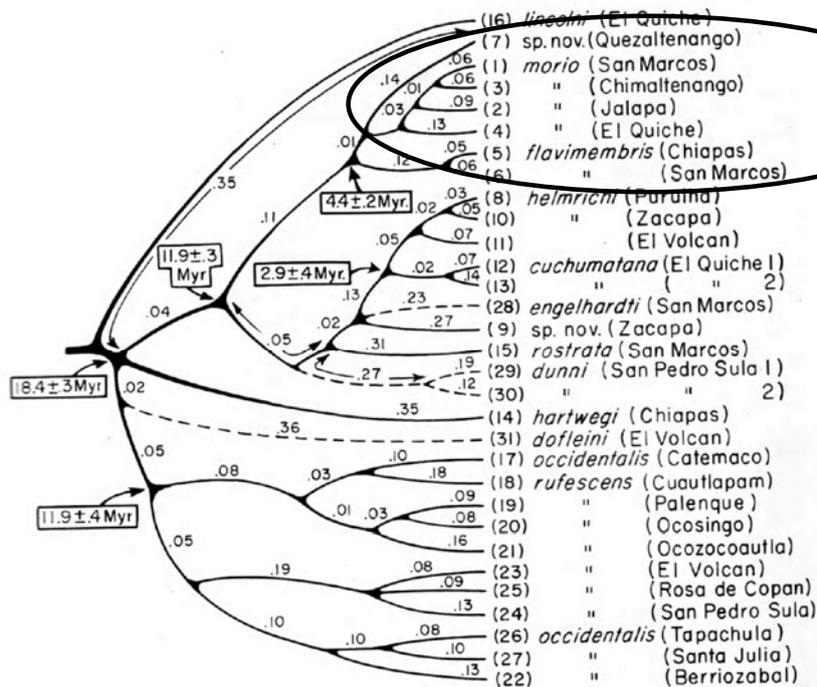


Figura No. 2: Muestra el árbol filogenético construido a partir de los datos de proteínas de Larson (1983).

Durante los últimos 15 años se han descrito 35 nuevas especies de salamandras en Centro América nuclear, entre las que se mencionan: *Dendrotriton sanctibarbarus*, 1997; *Nototriton lignicola*, 1997; *Cryptotriton monzoni*, 1998; *Cryptotriton wakei*, 1998; *Nototriton brodiei*, 1998; *Nototriton limnospectator*, 1998; *Bolitoglossa synoria*, 1999; *Nototriton stuarti*, 2000; *Bolitoglossa heiroreias*, 2004; *Bolitoglossa oresbia*, 2005; *Oedipina tomasi*, 2006; *Bolitoglossa insularis*, *Oedipina quadra*, *Oedipina leptopoda*, *Oedipina kasios*, 2008; *Cryptotriton sierraminensis*, 2009; *Bolitoglossa cataguana*, 2009; *Nototriton tomamorum*, 2010, *Bolitoglossa zacapensis*, *Bolitoglossa centenorum*, *B. daryorum*, *B. eremia*, *B. huehuetenanguensis*, *B. kaqchikelorum*, *B. la*, *B. ninadormida*, *B. nussbaumi*, *B. nympa*, *B. pacaya*, *B. psephena*, *B. suchitanensis*, *B. tzultacaj*, *B. xibalba*, *Dendrotriton chujorum* y *D. kekchiorum* (McCranie, 2006; Sunyer, et al., 2008; McCranie, et. al. 2008; Vásquez-Almazán, et. al. 2009; Townsend, et al., 2009; Townsend, et. al., 2010; Rovito et. al., 2010; Campbell et. al, 2010). Esto demuestra que en la región aún faltan estudios, por lo cual las poblaciones actuales merecen nuestra atención y estudios más detallados son necesarios.

### 3.4 Referente Teórico de las Especies

#### 3.4.1 *Bolitoglossa morio* (Cope, 1869)

- Geotriton carbonarius* (parte) Cope, 1868:313
- Oedipus morio* Cope, 1869, Proc. Acad. Nat. Sci. Philadelphia 21:77, 103 **Holotipo:** USNM 6888, ahora perdido según Stuart, 1963. **Localidad Tipo:** "Mountains of Guatemala"
- Geotriton morio*: Smith, 1877, Tailed Amphib., 158 pp. (74).
- Spelerpes morio*: Boulenger, 1882, Cat. Batr. Grad. Coll. Brit. Mus., 503 pp. (70).
- Spelerpes bocourti*: Brocchi, 1883, Miss. Sci. Mex. Am. Cent. 3:97-122 (111); pl. 18, fig. 2.

**Holotipo:** MNHN tipo no identificado definitivamente según Stuart, 1963. **Localidad Tipo:** "heights of Tonicapam [sic = Totonicapán], Guatemala."

-*Magnadigita morio*: Taylor, 1944, Univ. Kansas Sci. Bull. 30:189-232 (218).

-*Magnadigita omniunctorum* Stuart, 1952, Proc. Biol. Soc. Washington 65:1-12 (4).

**Holotipo:** UMMZ 102285. **Localidad Tipo:** Todos Santos, Huehuetenango, Guatemala, 2500 m.

-*Magnadigita morio* Stuart, 1952, Proc. Biol. Soc. Washington 65:1-12 (5).

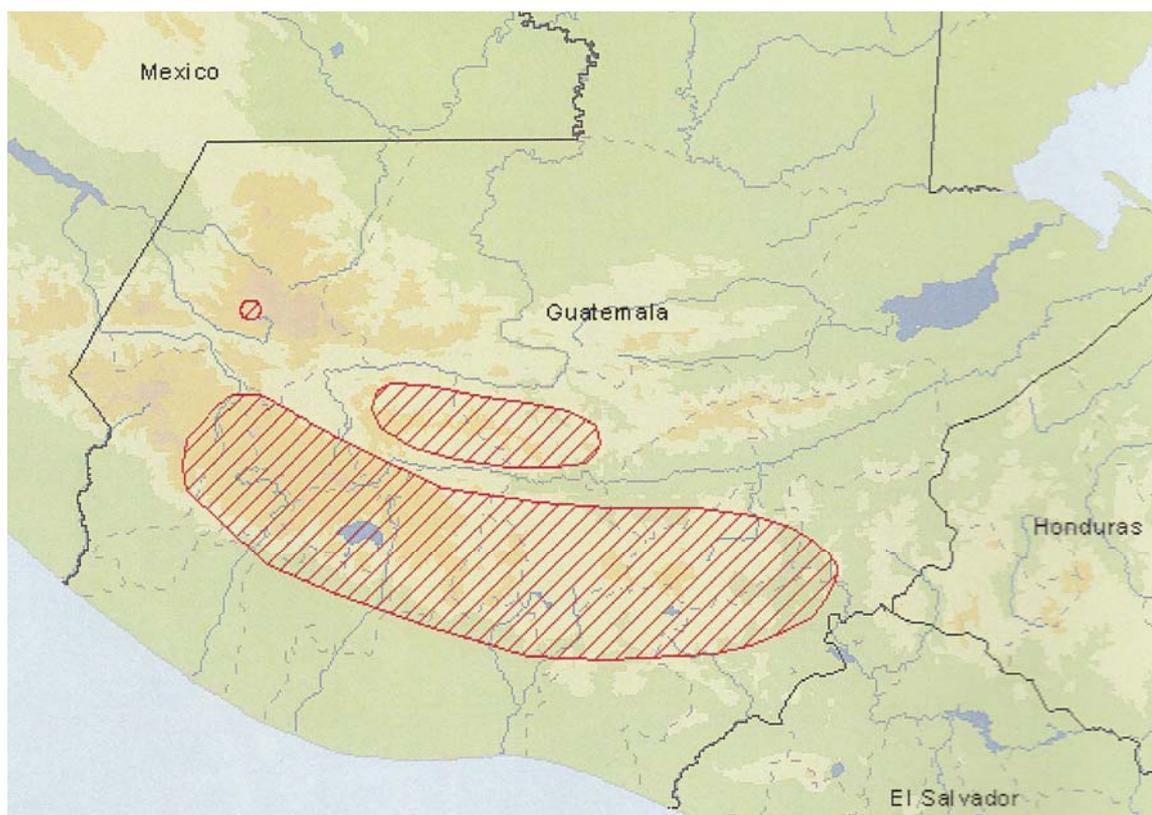
-*Magnadigita omniunctorum* Stuart, 1963, Misc. Publ. Mus. Zool. Univ. Michigan 122:1-150 (22).

-*Magnadigita morio* Stuart, 1963, Misc. Publ. Mus. Zool. Univ. Michigan 122:1-150 (21)

-*Bolitoglossa omniunctorum* Wake and Brame, 1963, Copeia 1963:382-387 (386).

-*Bolitoglossa morio* Wake and Brame, 1963, Copeia 1963:382-387 (386).

**3.4.1.1 Rango de distribución:** Esta especie se encuentra a lo largo de las tierras altas del suroeste y el sureste de Guatemala, incluida la vertiente del pacífico. Esta especie es conocida de las montañas de Cuilco, la Sierra de Chuacús, mayormente de la región de la meseta central de Guatemala, varios de los volcanes del pacífico, y el bloque de tierras altas denominado Las Nubes al este de la ciudad de Guatemala.



**Figura 3.** Distribución de *Bolitoglossa morio* en Guatemala. (GAA, 2007)

**3.4.1.2 Hábitat y hábitos:** Habita en bosques de pino-encino, bosques de pino, bosques de encino, bosques nubosos, bosques latifoliados mixtos y en bosques perturbados en la Meseta central de Guatemala. *B. morio* puede encontrarse bajo troncos, dentro de troncos, en paredones y grietas, bajo rocas, en bromelias y puede encontrarse activa en las noches lluviosas. Se distribuye en la alta zona subtropical y las bajas zonas de bosque templado aproximadamente entre los 1300 y 3000 metros sobre el nivel del mar (Wake & Lynch, 1976).

**3.4.1.3 Estado de Conservación:** Según la Evaluación Global de Anfibios (<http://www.iucnredlist.org>) en Guatemala esta especie se encuentra catalogada como de menor importancia pues sus poblaciones aún son bastante abundantes en el altiplano guatemalteco y su rango de distribución es menor a los 20,000 km<sup>2</sup> (<http://www.globalamphibians.org>).

## 3.4.2 *Bolitoglossa flavimembris* (Schmidt, 1936)

- *Oedipus flavimembris* Schmidt, 1936, Field Mus. Nat. Hist. Publ., Zool. Ser. 20:135-166[158, fig. 17].

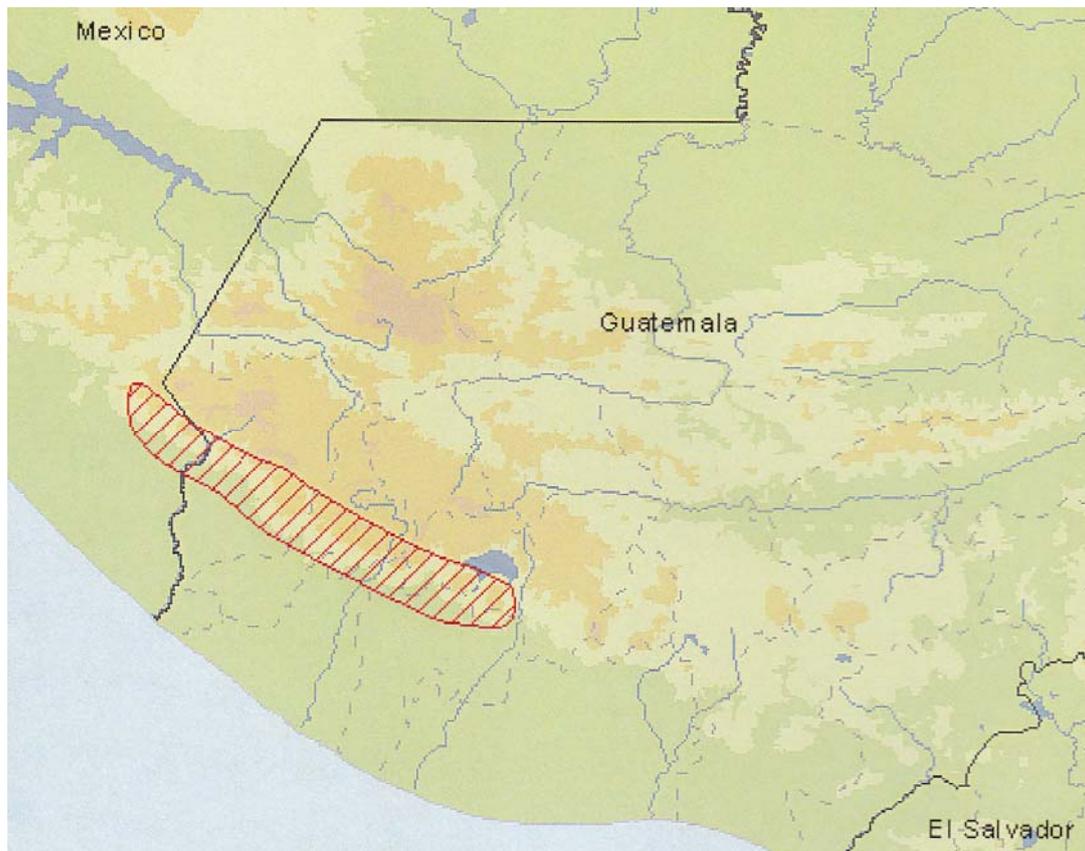
**Holotype:** FMNH 20381. **Type-locality:** "Volcán Tajumulco, at 7200 feet, on the trail above El Porvenir, San Marcos, Guatemala."

-*Magnadigita flavimembris*-Taylor, 1944, Univ. Kansas Sci. Bull. 30:189-232[218].

-*Magnadigita flavimembris*-Stuart, 1963, Misc. Publ. Mus. Zool. Univ. Michigan 122:1-150[20].

-*Bolitoglossa flavimembris*-Wake and Brame, 1963, Copeia 1963:382-387[386].

**3.4.2.1 Rango de distribución:** Esta especie se encuentra a lo largo de la cordillera volcánica, desde las faldas del Volcán Tacaná en Chiapas, México hasta las montañas a lo largo del suroeste de la Cadena Volcánica en Guatemala. En particular en el Volcán Atitlán, Tajumulco, y Tacaná (Wake & Lynch, 1976).



**Figura 4.** Distribución de *Bolitoglossa flavimembris* en Guatemala. (GAA, 2007)

**3.4.2.2 Hábitat y hábitos:** Habita en las vertientes de las montañas cubiertas de bosques de pino-encino y bosques nubosos. Vive entre la vegetación, la hojarasca, bajo la corteza de troncos, raramente en bromelias. No es común encontrarla en el suelo, y no se encuentra en hábitats perturbados. Su rango altitudinal es desde los 1,800 hasta los 2,200 metros sobre el nivel del mar. (<http://www.iucnredlist.org>)

**3.4.2.3 Estado de Conservación:** Según la Evaluación Global de Anfibios (<http://www.iucnredlist.org>), en Guatemala esta especie se encuentra catalogada En Peligro pues es una especie con poblaciones raras en el altiplano guatemalteco y su rango de distribución es menor a los 5,000 km<sup>2</sup>. Su hábitat esta severamente fragmentado y continua su declinación en extensión y calidad de su hábitat (<http://www.globalamphibians.org>).

## 4. JUSTIFICACIÓN

Este proyecto es una contribución a la sistemática del complejo de salamandras "*Bolitoglossa morio*". Larson (1983) realizó un estudio basado en una comparación de alozimas de diferentes poblaciones de *B. morio*. Larson evidencia según sus resultados que una población en el altiplano guatemalteco de *B. sp* "*Chicabal*" es lo suficientemente cuestionable desde el punto de vista de la especie a la que esta designada. Además menciona que es morfológicamente diferente del resto de las poblaciones conocidas, e intermedia entre su taxón hermano *Bolitoglossa flavimembris*.

Por otro lado, Parra-Olea et. al., en 2004 realizó un estudio filogenético para evaluar la evolución y la biogeografía de la radiación tropical del género *Bolitoglossa*. Esto lo realizaron guiados en una hipótesis filogenética con ADN mitocondrial de la mayoría de las especies y de representantes de todos los grupos de especies formalmente reconocidos. La hipótesis filogenética generada en este estudio es consistente con el reconocimiento de las especies estudiadas, excepto en tres casos. Uno de los cuales es *Bolitoglossa morio*, que se muestra como un complejo de especies, con muestras que no son hermanas, y colocan al taxón hermano *B. flavimembris* en el medio. Esta muestra resulto siendo un ejemplar de *B. sp* "*Chicabal*". Los autores recomiendan hacer estudios adicionales con este complejo, y sugieren que los resultados podrían presentar otro panorama.

Esta investigación es importante por diversas razones, y una de las más básicas es que aún no está claro el estatus taxonómico de algunas localidades del complejo *Bolitoglossa morio*. Se hace necesario conocer la diversidad de anfibios en algunas zonas como el altiplano en la meseta central, y las tierras altas del noroccidente y suroriente de Guatemala. Por lo anterior se plantea este estudio para brindar una contribución a la sistemática del complejo de especies de *B. morio*, por medio de un análisis morfológico de distintas localidades distribuidas en Guatemala.

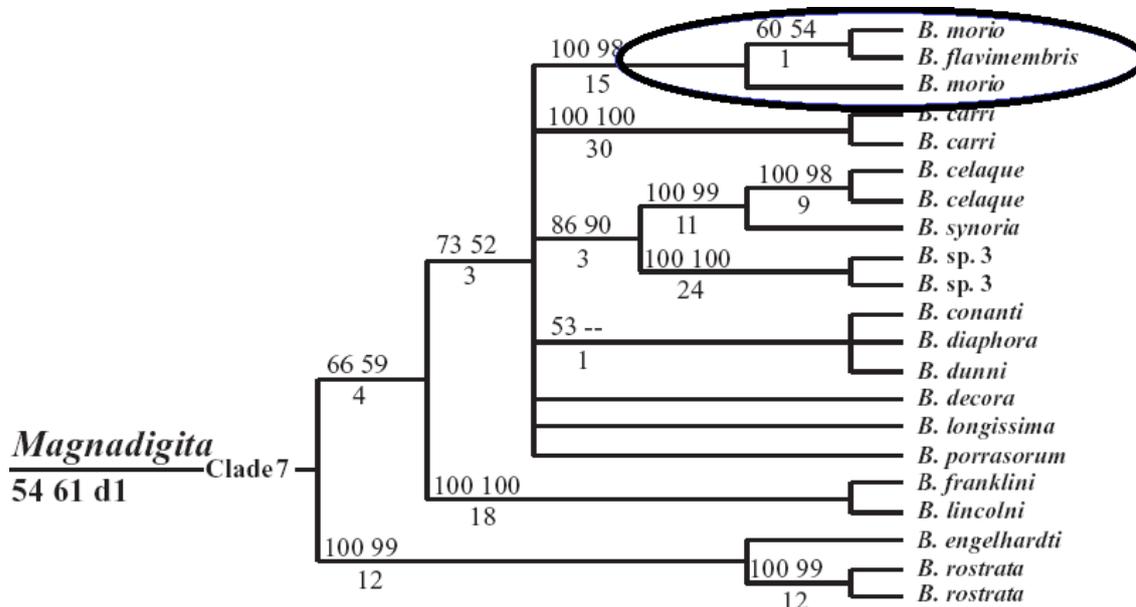


Figura No. 5: Muestra el árbol filogenético construido a partir de información de ADN mitocondrial en Parra-Olea et. al, 2004.

## 5. OBJETIVOS

### 5.1 General

Contribuir a la sistemática del grupo de salamandras *Bolitoglossa morio*, presente en el altiplano y la meseta central de Guatemala por medio de un estudio morfológico.

### 5.2 Específicos

5.2.1 Comparar la morfología de ejemplares de diferentes localidades del complejo de especies *Bolitoglossa morio* distribuidas en Guatemala.

5.2.2 Evaluar a través de un análisis morfológico en diferentes localidades de *B. morio* si se apoya una división del complejo en más de una especie.

5.2.3 Evaluar la posición taxonómica del grupo *B. morio* en la localidad del Volcán de Chicabal.

## 6. HIPÓTESIS

*Bolitoglossa morio* como complejo de especies basado en análisis moleculares, se diferencia morfológicamente de los ejemplares *B. sp "Chicabal"* de la localidad del Volcan Chicabal, Quetzaltenango.

## 7. MATERIALES Y METODOS

### 7.1 Población y Muestra

Se emplearon ejemplares de distintas localidades de la especie *Bolitoglossa morio* depositados en la colección del Museo de Zoología de Vertebrados (MVZ) de la Universidad de California. Las localidades evaluadas fueron: Quiché, Jalapa, Huehuetenango, Chimaltenango, Escuintla y San Marcos. También se incluyó una población no esclarecida de Quetzaltenango, llamada en el pasado *B. morio*, *B. flavimembris* y *Bolitoglossa sp.* "Chicabal". Para fines de comparación, se utilizó ejemplares de la localidad San Marcos, Guatemala de *Bolitoglossa flavimembris* que es especie hermana de *B. morio* (Larson, 1983). Aproximadamente se cuenta con 700 ejemplares de *Bolitoglossa morio* depositados en esta colección. De cada una de las localidades se escogieron los adultos, pues éstos presentan un desarrollo completo de su morfología y de las estructuras que podrían marcar una diferencia entre las distintas localidades estudiadas. Luego de esta primera separación se identificaron machos (♂) de hembras (♀) pues existe dimorfismo sexual entre ambos en cuanto a las dimensiones de tamaño y esto podía ser un factor de sesgo en el estudio. El mismo procedimiento anteriormente descrito se empleó con la población de la especie *Bolitoglossa flavimembris* y la población de *B. sp.* "Chicabal".

### 7.2 Materiales

Frascos de vidrio  
Alcohol etílico al 70%  
Pinzas de diferentes medidas  
Hojas tabuladas  
Lápiz  
Marcadores  
Cinta adhesiva de colores  
Bandejas de diversos tamaños  
Estereoscopio  
Vernier

### 7.3 Métodos

Se realizaron mediciones a los ejemplares de *Bolitoglossa morio*; respectivamente a hembras y machos de distintas localidades de Guatemala. También se realizaron mediciones a ejemplares de *Bolitoglossa flavimembris* que es el taxón hermano de *B. morio* (Larson, 1983). Las mediciones se realizaron con un Vernier manual de aproximadamente 0.1 mm de error. Se escogieron los especímenes sexualmente maduros (determinación basada en la inspección de la cloaca y/o en el desarrollo de las características sexuales secundarias). Se midieron 17 caracteres morfológicos para los análisis multivariados: longitud hocico-cloaca (LHC), largo de cola (CI), longitud entre axila y cadera (CA), ancho de cabeza (AC), largo pata delantera derecha (LPD), largo pata trasera derecha (LPT), ancho pata derecha (APD), largo dedo mas largo pata derecha (LDML), largo primer dedo pata derecha (L1D), distancia minima entre ojos (DMEO), distancia orbitonarial (OR), distancia internarial (IN), diámetro del ojo horizontal (DO), distancia nariz-gular (NG), ancho pecho (AP), dientes maxilares y premaxilares (DM) y dientes vomerinos (DV). Para los dientes maxilares y vomerinos los valores presentados corresponden a los lados izquierdo y derecho sumados. Todas las medidas (LHC, CI, CA, AC, LPD, LPT, APD, NG, AP) fueron hechas cercanas a 0.1mm, con un Calíper manual. Cuando fue

necesario se utilizó un microscopio para las siguientes medidas (APD, LDML, L1D, DME0, OR, IN, DO) y utilizamos en todos los ejemplares el lado derecho. En el caso de los dientes maxilares (DM) y dientes vomerinos (DV) se contaron ambos lados de la mandíbula. (Ver Anexo 2).

Para reducir la dimensionalidad del grupo de datos de las medidas morfológicas, se hizo un análisis de componentes principales (PCA; JMP versión 5.1, SAS Institute Inc.). Antes del análisis, se evaluó la normalidad de las variables con una prueba de Shapiro Wilk, (Normalidad; JMP versión 5, SAS Institute Inc.), y se utilizó solamente las variables con distribuciones que pasaron la prueba de normalidad. Para eliminar el efecto del tamaño del cuerpo, se hizo una regresión lineal por LHC para cada variable medida, y entonces se usaron los residuos en un segundo análisis de componentes principales (PCA). Se realizó un análisis multivariado de función discriminante (JMP versión 5.1, SAS Institute Inc.) con todas las medidas y con los residuos de la regresión lineal por LHC para determinar si las características morfológicas soportan la agrupación entre los ejemplares de las diferentes especies en estudio.

## 8. RESULTADOS

### 8.1 Toma de medidas morfológicas

En total se midieron 193 ejemplares de salamandras del complejo *Bolitoglossa morio*, repartidos entre machos y hembras. En las hembras se midió un total de 76 ejemplares, repartidos entre 40 *B. morio*, 20 *B. flavimembris* y 16 *B. sp. "Chicabal"*. En machos se midieron un total de 117 ejemplares, repartidos en 78 *B. morio*, 19 *B. sp. "Chicabal"* y 20 *B. flavimembris*.

### 8.2 Prueba de Normalidad

Se evaluó por medio de un análisis de Shapiro-Wilk la normalidad de las variables utilizadas tanto para machos como para hembras de todas las localidades del estudio. Esto se hizo con el fin de determinar si las variables pueden someterse a un análisis de estadística multivariada presentando una distribución normal.

**Tabla No. 1.** Valor de *p* obtenido con el Análisis de Shapiro-Wilk realizado a las diferentes variables, para machos y hembras de las diferentes localidades evaluadas.

Variables	Machos ♂		Hembras ♀	
	Valor P	Distribución	Valor P	Distribución
Longitud hocico cloaca (LHC)	0.0032	No Normal	<b>0.4604</b>	<b>Normal</b>
Crecimiento Axilar (CA)	0.0064	No Normal	<b>0.3654</b>	<b>Normal</b>
Cola (CI)	<b>0.6736</b>	<b>Normal</b>	<b>0.8755</b>	<b>Normal</b>
Ancho Cabeza (AC)	0.0015	No Normal	<b>0.2925</b>	<b>Normal</b>
Largo Pata Delantera (LPD)	<b>0.1553</b>	<b>Normal</b>	<b>0.282</b>	<b>Normal</b>
Largo Pata Trasera (LPT)	<b>0.2231</b>	<b>Normal</b>	<b>0.8892</b>	<b>Normal</b>
Ancho Pata Derecha (APD)	<b>0.2469</b>	<b>Normal</b>	0.0383	No Normal
Largo Dedo Mas Largo (LDML)	0.0151	No Normal	0.0176	No Normal
Largo 5to Dedo (L1D)	0.0001	No Normal	0.0001	No Normal
Distancia Mínima entre ojos (DMEO)	0.0001	No Normal	<b>0.1366</b>	<b>Normal</b>
Orbitonarial (OR)	0.0054	No Normal	0.0004	No Normal
Internarial (IN)	0.0025	No Normal	0.0211	No Normal
Diámetro ojo (DO)	0.0256	No Normal	0.0007	No Normal
Nariz – Gula (NG)	0.0001	No Normal	<b>0.4393</b>	<b>Normal</b>
Ancho Pecho (AP)	0.0077	No Normal	<b>0.1647</b>	<b>Normal</b>
Dientes Maxilares (DM)	0.0001	No Normal	<b>0.1117</b>	<b>Normal</b>
Dientes Vomerinos (DV)	<b>0.1133</b>	<b>Normal</b>	0.0005	No Normal

Este análisis nos muestra que para los machos las variables que presentan una distribución normal son la cola, largo pata delantera, largo pata trasera, ancho pata derecha y los dientes vomerinos. Para las hembras las variables con una distribución normal fueron longitud hocico-cloaca, crecimiento axilar, cola, ancho cabeza, largo pata delantera, largo pata trasera, distancia mínima entre ojos, nariz-gula, ancho pecho y dientes maxilares. Estas variables se sometieron a los análisis de estadística

variada, con excepción de los dientes maxilares y vomerinos que presentan otra unidad de medida distinta a las otras variables y por lo tanto se analizaron por separado.

Posteriormente se condujo un análisis de componentes principales para determinar si existen diferencias entre los ejemplares medidos de las localidades estudiadas, utilizando únicamente las variables que poseen una distribución normal.

### 8.3 Análisis de Componentes Principales

Se condujo un análisis de componentes principales para disminuir la dimensionalidad de los datos y conocer y evaluar la varianza en cada uno de los ejes. Se examinó los resultados del ACP para ver si las especies del estudio forman grupos distintos en el morfoespacio. Este análisis se condujo tanto para machos como para hembras.

#### 8.3.1 Análisis hembras con efecto del tamaño

En el análisis de componentes principales efectuado con las variables medidas en hembras, el componente principal 1 muestra un porcentaje de variación del 87.90%, y junto al componente principal 2 ambos presentan un porcentaje de variación equivalente al 92.20% del total. Los valores en el componente principal 1 presentan valores positivos y casi iguales para todas las variables, lo que significa que básicamente es un eje de tamaño. Mientras más grande el valor de PC1 que tiene un ejemplar, mayor es su tamaño. Los valores en el componente principal 2 presentan valores positivos y negativos lo que nos refiere que las variables nos indican las proporciones y se refieren en la forma del cuerpo del ejemplar. La distancia mínima entre los ojos presenta el valor más alto y positivo, también el crecimiento axilar con signo negativo presenta un valor alto, lo que significa que este componente está mayormente influenciado por estas variables. Por lo tanto este componente separa los ejemplares que presentan una distancia mínima entre ojos mayor y un crecimiento axilar menor de los que tienen características opuestas. A continuación se muestran los primeros cinco componentes en la tabla 2 y los valores de cada variable en los primeros cinco componentes en la tabla 3.

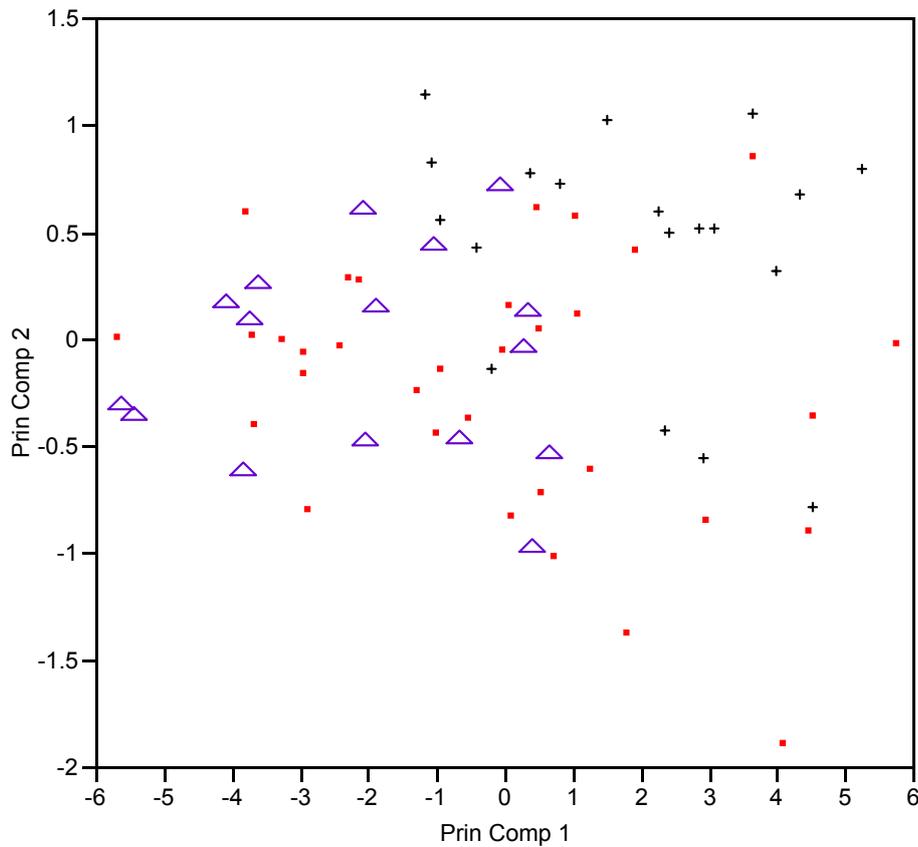
**Tabla 2.** Tabla que muestra los primeros cinco componentes principales y sus valores, el porcentaje de varianza y el porcentaje acumulado de la variación total de los componentes. Este análisis corresponde a las hembras con el efecto del tamaño incluido.

Componente Principal	Eigenvalor	% de varianza	% acumulado
1	7.9114	87.9049	87.9049
2	0.3868	4.2976	92.2025
3	0.2335	2.5949	94.7974
4	0.1536	1.7062	96.5036
5	0.1298	1.4419	97.9455

**Tabla 3.** Tabla que muestra los valores de los primeros 5 componentes principales, PC1, PC2, PC3, PC4 y PC5, de 9 variables morfológicas usadas en el análisis de las hembras con el efecto del tamaño incluido.

Eigenvectors	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5
LHC	0.34692	-0.20921	0.11152	-0.01132	0.33807
CA	0.34047	-0.26504	0.0497	-0.0216	0.57527
CI	0.34081	-0.05981	-0.28086	-0.29538	0.26269
AC	0.341	-0.07901	0.13932	0.1013	-0.34108
LPD	0.33692	0.03472	-0.53107	-0.04964	-0.40682
LPT	0.342	-0.06135	-0.43294	0.14601	-0.13289
DME0	0.28958	0.91838	0.08151	0.12872	0.21498
NG	0.33	-0.16489	0.39115	0.66524	-0.17279
AP	0.32867	0.02409	0.50763	-0.6473	-0.33196

**Figura 6.** Muestra el análisis de PC2 vs PC1 de las 9 variables morfológicas para hembras. Triángulos morados representan las muestras de *B. sp. "Chicabal"*, puntos rojos representan las muestras de *B. morio* y cruces negras representan las muestras de *B. flavimembris*. *B. flavimembris* se muestra separada de *B. morio* y *B. sp. "Chicabal"* a lo largo del PC 1.



### 8.3.2 Análisis machos con efecto del tamaño

El análisis de componentes principales efectuado con las variables medidas con los machos, puede observarse que el componente principal 1 muestra un porcentaje de variación del 84%, y junto al componente principal 2 ambos presentan un porcentaje de variación equivalente al 93.14% del total. Los valores en el componente principal 1 presentan valores positivos y casi iguales para todas las variables, lo que significa que básicamente es un eje de tamaño. Mientras más grande el valor de PC1 que tiene un ejemplar, mayor es su tamaño. Los valores en el componente principal 2 presentan valores positivos y negativos lo que nos refiere que las variables nos indican las proporciones y se refieren en la forma del cuerpo del ejemplar. El ancho de la pata derecha influye mayormente el PC2, seguido de la cola que tiene el mayor valor con signo negativo. Esto indica que este componente separa los ejemplares con ancho de pata derecha mayor y menor cola con los que poseen características opuestas. A continuación se muestran los cuatro componentes en la tabla 4 y los valores de cada variable en los cuatro componentes en la tabla 5.

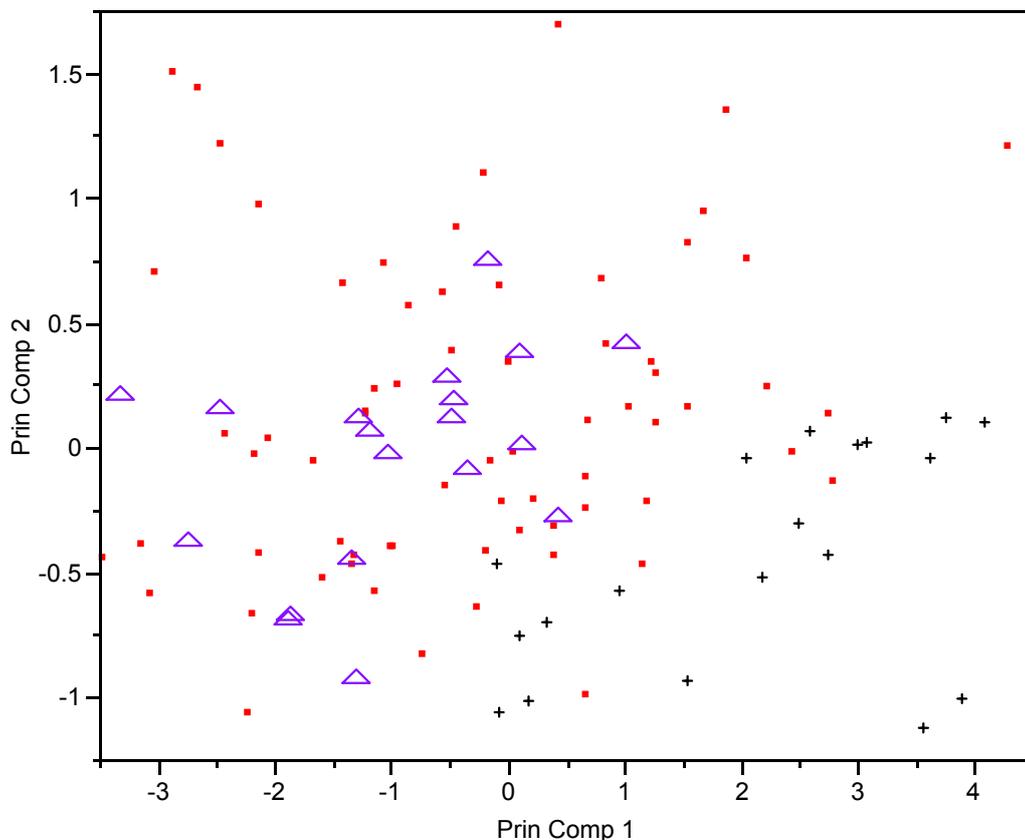
**Tabla 4.** Tabla que muestra los primeros cinco componentes principales y sus valores, el porcentaje de varianza y el porcentaje acumulado de la variación total de los componentes. Este análisis corresponde a los machos con el efecto del tamaño incluido.

Componente Principal	Eigenvalor	% de varianza	% acumulado
1	3.3602	84.0049	84.0049
2	0.3656	9.1389	93.1438
3	0.2067	5.1663	98.3101
4	0.0676	1.6899	100

**Tabla 5.** Tabla que muestra los valores de los primeros 5 componentes principales, PC1, PC2, PC3, PC4 y PC5, de 4 variables morfológicas usadas en el análisis de los machos con el efecto del tamaño incluido.

Eigenvectors	PC1	PC2	PC3	PC4
CI	0.49458	-0.37247	0.78485	0.0258
LPD	0.52048	-0.20491	-0.44815	0.69733
LPT	0.52132	-0.21902	-0.40892	-0.71627
APD	0.4612	0.87824	0.12632	-0.00499

**Figura 7.** Muestra el análisis de PC2 vs PC1 de las 4 variables morfológicas para machos. Triángulos morados representan las muestras de *B. sp. "Chicabal"*, puntos rojos representan las muestras de *B. morio* y cruces negras representan las muestras de *B. flavimembris*. *B. flavimembris* se muestra separada de *B. morio* y *B. sp. "Chicabal"* a lo largo del PC 1 y en menor medida en PC2.



Luego para reducir la dimensionalidad del tamaño y así evitar que el mismo incidiera en las diferencias entre los ejemplares de distintas localidades, se condujo otro análisis de componentes principales pero con los residuos obtenidos al efectuar una regresión lineal de todas las variables, tanto para machos como para hembras de las distintas localidades y especies evaluadas.

#### 8.4 Regresión Lineal

Se realizó una regresión lineal con todas las variables de cada individuo para eliminar el efecto del tamaño en los datos de todos los ejemplares. Luego de obtener los residuos de la regresión lineal, se evaluaron de nuevo por medio de una prueba de Shapiro-Wilk la normalidad de las variables utilizadas tanto para machos como para hembras de todas las localidades del estudio para luego seguir con los análisis multivariados.

Este análisis nos muestra que para los machos las variables que presentan una distribución normal son residuo cola, residuo ancho cabeza, residuo largo pata delantera, residuo largo pata trasera, residuo ancho pata derecha, residuo largo dedo mas largo, residuo distancia mínima entre ojos, residuo orbitonarial, residuo internarial, residuo diámetro del ojo, residuo ancho pecho, residuo dientes

maxilares y residuo dientes vomerinos. Para las hembras las variables con una distribución normal fueron residuo cola, residuo crecimiento axilar, residuo ancho cabeza, residuo largo pata delantera, residuo largo pata trasera, residuo ancho pata derecha, residuo largo 1er dedo, residuo distancia mínima entre ojos, residuo orbitonarial, residuo internarial y residuo ancho pecho. Estas variables se sometieron a los análisis de estadística variada. Los resultados de la prueba de normalidad de los residuos de las variables pueden verse en la tabla 6.

Posteriormente se condujo un análisis de componentes principales para determinar si existen diferencias entre los ejemplares medidos de las localidades estudiadas, utilizando únicamente las variables que poseen una distribución normal.

**Tabla No. 6.** Valor de  $p$  obtenido con la prueba de Shapiro-Wilk realizado a los residuos obtenidos al realizar la regresión lineal a las diferentes variables, tanto para machos y hembras de las diferentes localidades evaluadas.

Variables	Machos		Hembras	
	Valor P	Distribución	Valor P	Distribución
Residuo CI	<b>0.723</b>	<b>Normal</b>	<b>0.3996</b>	<b>Normal</b>
Residuo CA	0.0001	No Normal	<b>0.1962</b>	<b>Normal</b>
Residuo AC	<b>0.3428</b>	<b>Normal</b>	<b>0.1438</b>	<b>Normal</b>
Residuo LPD	<b>0.4059</b>	<b>Normal</b>	<b>0.8495</b>	<b>Normal</b>
Residuo LPT	<b>0.3743</b>	<b>Normal</b>	<b>0.2072</b>	<b>Normal</b>
Residuo RAPD	<b>0.5209</b>	<b>Normal</b>	<b>0.9487</b>	<b>Normal</b>
Residuo LDML	<b>0.3466</b>	<b>Normal</b>	0.0481	No Normal
Residuo L1D	0.0001	No Normal	<b>0.0999</b>	<b>Normal</b>
Residuo DMEO	<b>0.0964</b>	<b>Normal</b>	<b>0.5807</b>	<b>Normal</b>
Residuo OR	<b>0.7933</b>	<b>Normal</b>	<b>0.6594</b>	<b>Normal</b>
Residuo IN	<b>0.755</b>	<b>Normal</b>	<b>0.2117</b>	<b>Normal</b>
Residuo DO	0.0496	No Normal	0.452	No Normal
Residuo NG	0.0006	No Normal	0.0401	No Normal
Residuo AP	<b>0.0881</b>	<b>Normal</b>	<b>0.2891</b>	<b>Normal</b>
Residuo DM	<b>0.9783</b>	<b>Normal</b>	0.035	No Normal
Residuo DV	<b>0.0776</b>	<b>Normal</b>	0.0001	No Normal

### 8.3.4 Análisis hembras sin efecto del tamaño

En el análisis de componentes principales efectuado con los residuos de las variables medidas con las hembras, el componente principal 1 muestra un porcentaje de variación del 29.9%, y junto al componente principal 2 ambos presentan un porcentaje de variación equivalente al 49.74% del total. Las variables en el componente principal 1 presentan valores positivos y negativos, ahora con el efecto del tamaño fuera estos valores nos indican la disposición de la forma y conformación del cuerpo del ejemplar. Este componente separa los ejemplares con grandes patas delanteras, grandes patas traseras, gran distancia internarial, de los que tienen características opuestas a estas, en este eje se observa la separación entre los ejemplares de *B. flavimembris* de las otras especies. El componente principal 2 presenta valores positivos y negativos con cantidades variadas, lo que nos refiere que las variables nos indican que separa ejemplares con mayor ancho de pata derecha, mayor largo 1er dedo, mayor distancia orbitonarial, menor distancia mínima entre ojos, y menor ancho de cabeza de ejemplares con características opuestas. En este eje no se observa una clara separación entre ejemplares, aunque los ejemplares de *B. flavimembris* en general tienen valores menores del PC2. A

continuación se muestran los primeros 5 componentes en la tabla 7, los valores de las variables en cada componente en la tabla 8 y una gráfica comparando el PC1 con el PC2 en la figura 8.

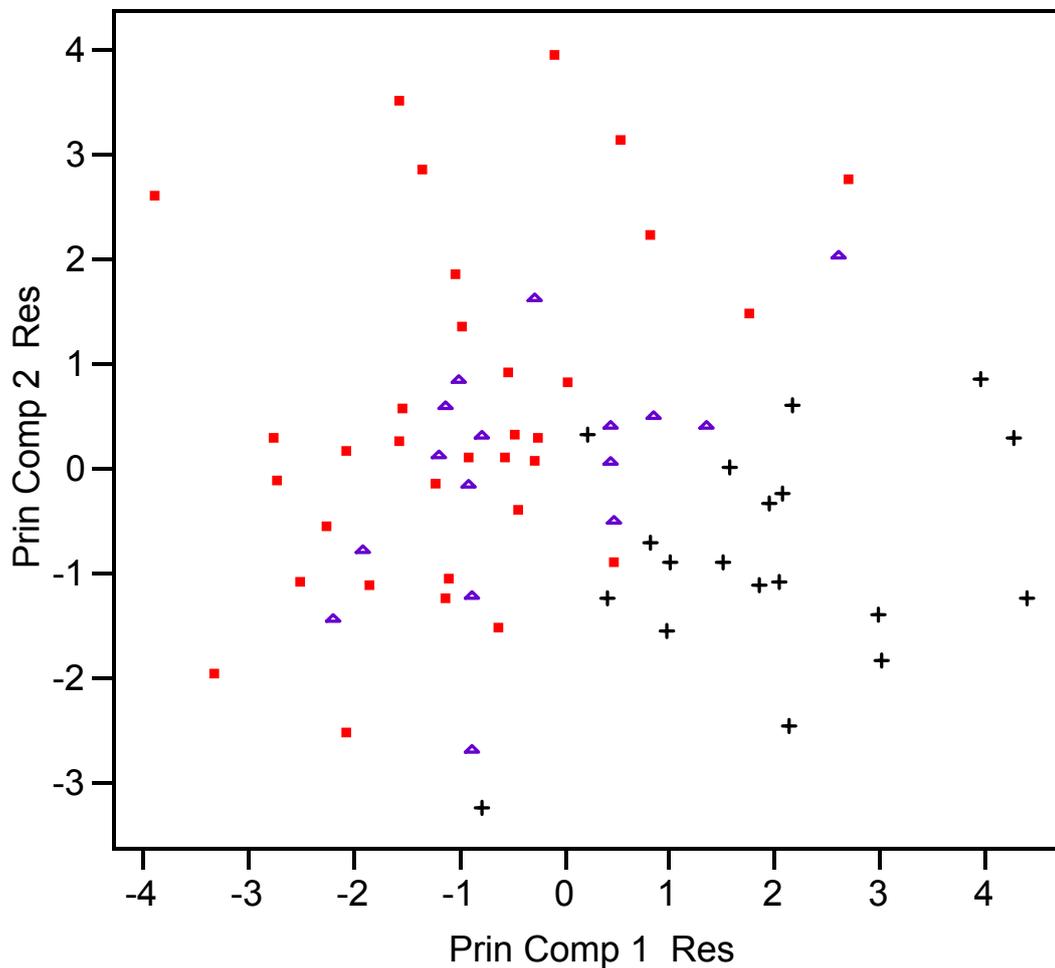
**Tabla 7.** Tabla que muestra los primeros cinco componentes principales y sus valores, el porcentaje de varianza y el porcentaje acumulado de la variación total de los componentes. Este análisis corresponde a las hembras eliminando previamente el efecto del tamaño.

Componente Principal	Eigenvalor	% de varianza	% acumulado
1	3.2894	29.9035	29.9035
2	2.1828	19.8436	49.7471
3	1.4093	12.8115	62.5586
4	0.8763	7.9667	70.5253
5	0.8529	7.7533	78.2786

**Tabla 8.** Tabla que muestra los valores de los primeros 5 componentes principales, PC1, PC2, PC3, PC4 y PC5, de 11 variables morfológicas usadas en el análisis de las hembras sin el efecto del tamaño.

Eigenvectors	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5
Residuo CI	0.32532	0.20986	0.24771	0.57057	-0.02851
Residuo CA	-0.03177	-0.07972	0.64017	0.2469	0.53922
Residuo AC	0.36044	-0.15868	-0.10244	-0.22264	0.47796
Residuo LPD	0.45279	0.26345	0.0685	-0.13857	-0.09542
Residuo LPT	0.41812	0.17182	0.27319	-0.24512	-0.19092
Residuo APD	-0.02083	0.50406	-0.33139	0.01926	0.34194
Residuo L1D	-0.21079	0.52615	-0.10573	-0.00575	-0.04108
Residuo DME0	0.33528	-0.14942	-0.10294	0.34225	-0.45787
Residuo OR	0.02163	0.506	0.11148	0.05891	0.00893
Residuo IN	0.41765	-0.04027	-0.1082	-0.37398	0.15288
Residuo AP	0.22633	-0.12087	-0.53224	0.47304	0.28763

**Figura 8.** Muestra el análisis de PC2 vs PC1 de 11 variables morfológicas para hembras sin el efecto del tamaño. Triángulos morados representan las muestras de *B. sp. "Chicabal"*, puntos rojos representan las muestras de *B. morio* y cruces negras representan las muestras de *B. flavimembris*. *B. flavimembris* se muestra separada de *B. morio* y *B. sp. "Chicabal"* a lo largo del PC 1.



### 8.3.5 Análisis machos sin efecto del tamaño

En el análisis de componentes principales efectuado con los residuos de las variables medidas en machos, puede observarse que el componente principal 1 muestra un porcentaje de variación del 25.01%, y junto al componente principal 2 ambos presentan un porcentaje de variación equivalente al 39.51% del total. Las variables en el componente principal 1 presentan valores grandes y positivos, lo cual nos indica que este eje aún se refiere al tamaño en las variables del cuerpo de los ejemplares. Este componente separa los ejemplares con grandes patas delanteras, grandes patas traseras, ancha pata derecha, y larga cola de los que tienen características opuestas a estas, en este eje no se observa una clara separación entre los ejemplares de las especies.

El componente principal 2 presenta valores positivos y negativos con cantidades variadas, lo que nos refiere que las variables nos indican que separa ejemplares con mayor distancia mínima entre

ojos, mayor ancho cabeza, menor largo de patas delanteras, traseras y cola, de ejemplares con características opuestas. En este eje no se observa una clara separación entre ejemplares. A continuación se muestran los primeros 5 componentes en la tabla 9, los valores de las variables en cada componente en la tabla 10 y una gráfica comparando el PC1 con el PC2 en la figura 9.

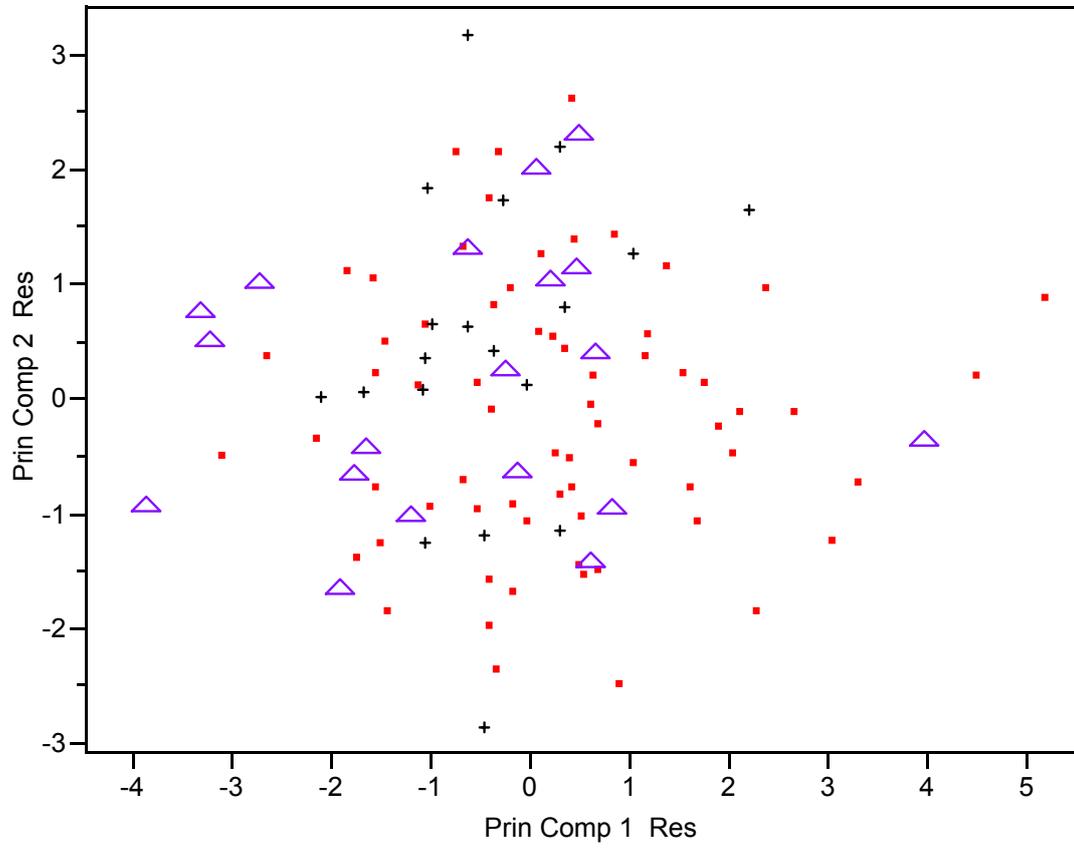
**Tabla 9.** Tabla que muestra los primeros cinco componentes principales y sus valores, el porcentaje de varianza y el porcentaje acumulado de la variación total de los componentes. Este análisis corresponde a los machos eliminando previamente el efecto del tamaño.

Componente Principal	Eigenvalor	% de varianza	% acumulado
1	2.5014	25.0139	25.0139
2	1.4506	14.506	39.5199
3	1.3387	13.387	52.9069
4	1.1299	11.2992	64.2061
5	0.8961	8.9605	73.1666

**Tabla 10.** Tabla que muestra los valores de los primeros 5 componentes principales, PC1, PC2, PC3, PC4 y PC5, de 10 variables morfológicas usadas en el análisis de los machos sin el efecto del tamaño.

Eigenvectors	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5
Residuo CI	0.35649	-0.22845	-0.02591	-0.05731	0.52053
Residuo AC	0.27313	0.50688	-0.01607	-0.25872	0.12473
Residuo LPD	0.49005	-0.27519	-0.21443	-0.0703	-0.25471
Residuo LPT	0.48419	-0.28716	-0.19677	-0.0553	-0.28445
Residuo APD	0.40042	0.02585	0.43126	0.12591	-0.26067
Residuo LDML	0.14835	-0.00623	0.6433	0.42879	0.10577
Residuo DME0	0.04671	0.52353	-0.23997	0.27528	-0.50205
Residuo OR	0.25929	0.29458	-0.14885	0.51616	0.29815
Residuo IN	0.23425	0.29131	-0.25008	-0.12614	0.376
Residuo AP	0.1307	0.2937	0.41505	-0.60329	-0.07902

**Figura 9.** Muestra el análisis de PC2 vs PC1 de las 10 variables morfológicas para machos. Triángulos morados representan las muestras de *B. sp. "Chicabal"*, puntos rojos representan las muestras de *B. morio* y cruces negras representan las muestras de *B. flavimembris*. *B. flavimembris* se muestra separada de *B. morio* y *B. sp. "Chicabal"* a lo largo del PC 1 y en menor medida en PC2.



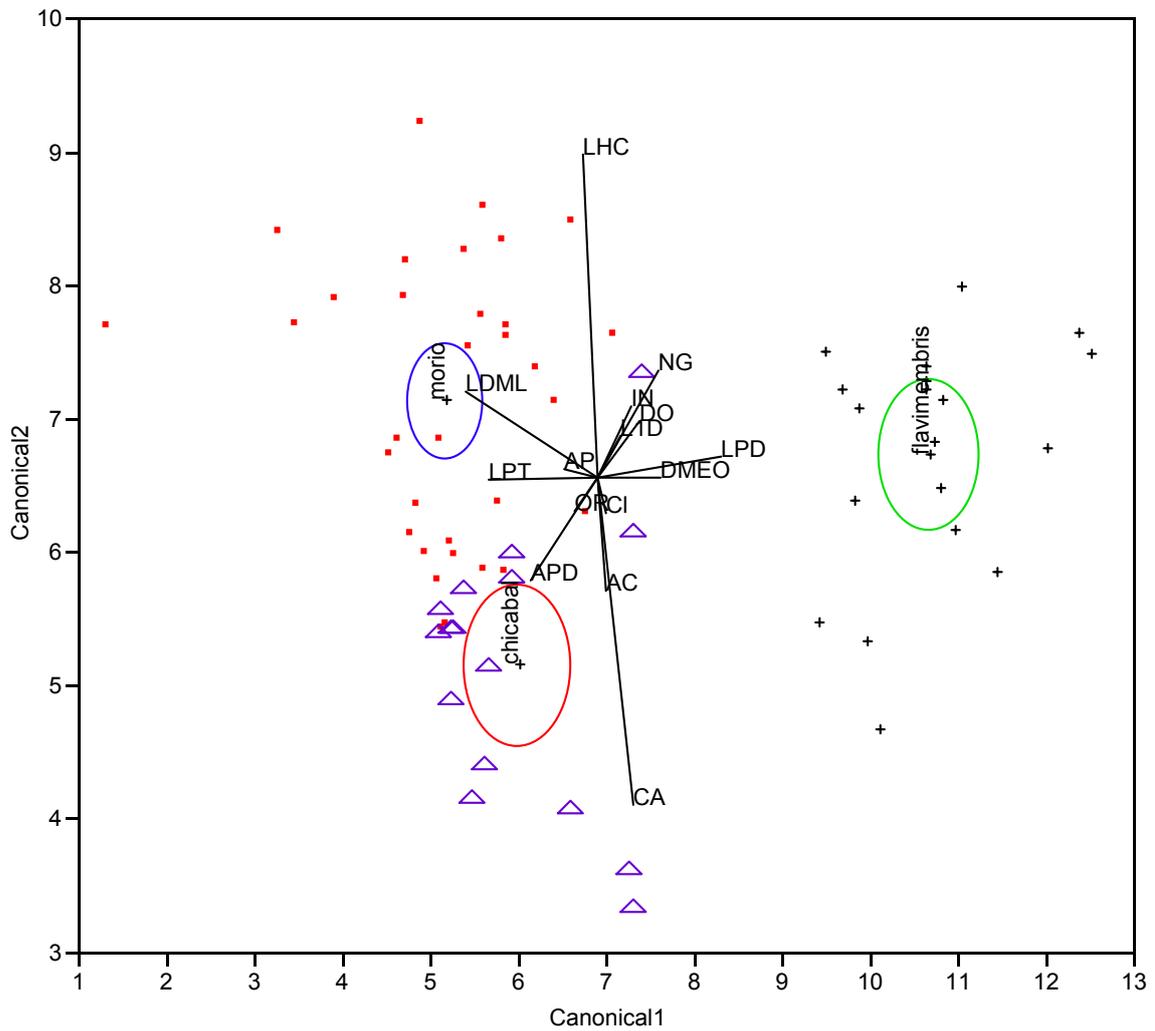
## 8.5 Análisis multivariado de función discriminante

Se realizó un análisis multivariado con función discriminante, para identificar si las características morfológicas soportan la hipótesis taxonómica con 3 especies: *B. morio*, *B. flavimembris*, y *B. sp. "Chicabal"*. Se realizaron los análisis comparando las localidades con el efecto del tamaño y sin el efecto del tamaño influenciando las variables, se desarrollaron por separado para hembras y para machos.

### 8.5.1 Análisis hembras con efecto del tamaño

Se muestra el análisis de todas las variables en hembras con el efecto del tamaño, en el cual se nota una clara separación de las especies utilizadas en el análisis, la localidad de *B. flavimembris* se separa claramente de las otras dos especies en el eje 1 influenciada por tener un largo pata derecha mayor (LPD), distancia mínima entre ojos mayor (DMEO), largo pata trasera mayor (LPT), ancho pata derecha mayor (APD), teniendo una conformación diferente a las demás especies en el espacio. En el eje 2 se separa *B. sp. "Chicabal"* de *B. morio* por poseer una menor longitud hocico-cloaca (LHC), mayor crecimiento axilar (CA), y mayor ancho cabeza (AC).

**Figura No. 10:** Gráfica del análisis discriminante en hembras utilizando todas las variables con el efecto del tamaño incluido.



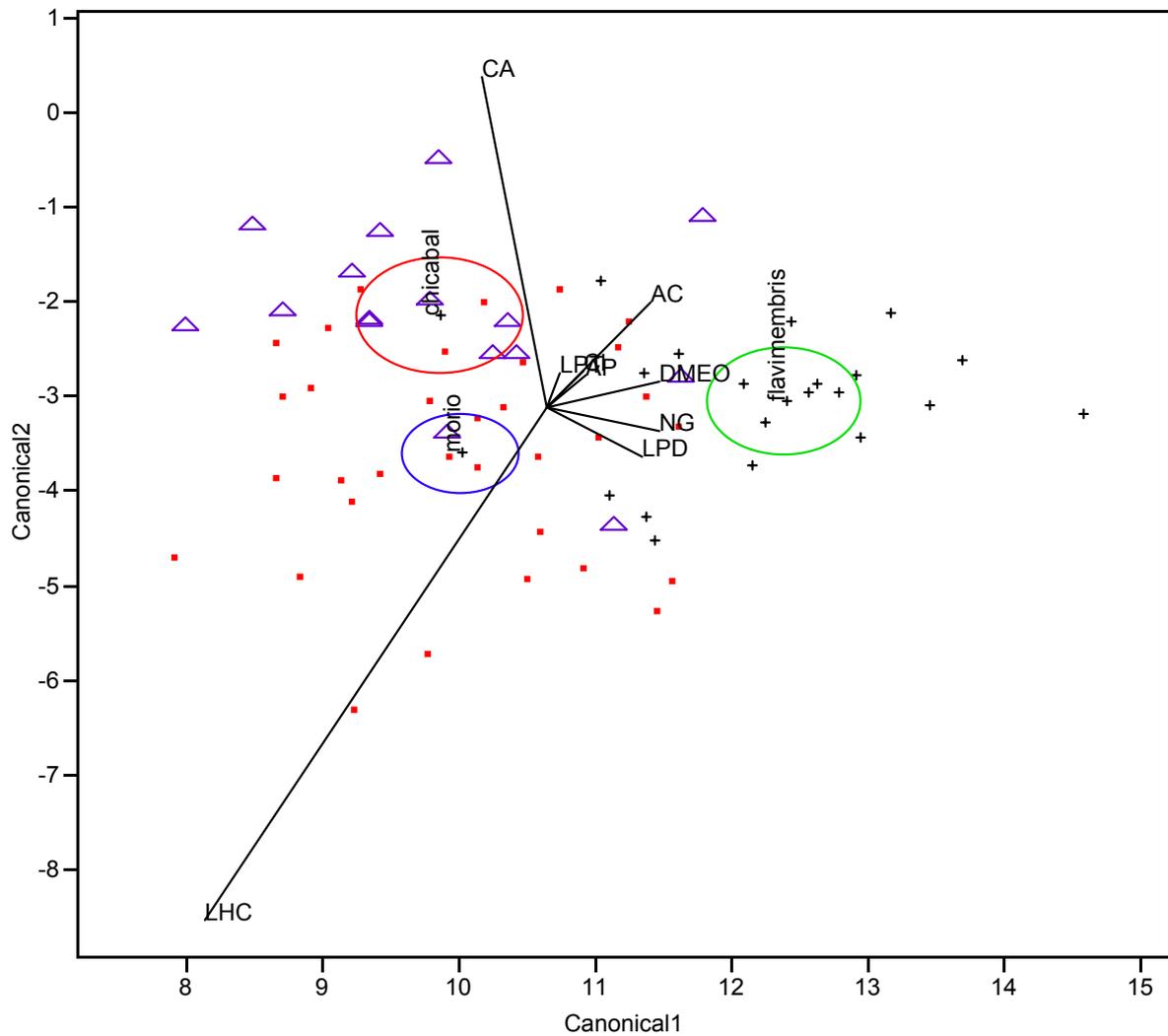
En la tabla 11 de 16 ejemplares de *Bolitoglossa* sp. "*Chicabal*", 15 estaban clasificados correctamente, 1 fue mal clasificado como *B. morio*. De 19 ejemplares de *B. flavimembris*, todos fueron clasificados correctamente. De 33 ejemplares de *B. morio*, 26 fueron clasificados correctamente, 7 fueron mal clasificados como *B. sp. "Chicabal"*. El porcentaje total de clasificación correcta con este análisis es del 88.24%. La tabla de probabilidad nos indica que esta clasificación es significativamente diferente que una clasificación al azar (-2 Loglikelihood = 15.45 > 9.49 valor crítico, alfa = 0.05).

**Tabla No. 11:** Esta tabla compara la asignación de las ejemplares hembras a las especies previamente asignadas, con la predicción obtenida a través de la comparación de todas las variables morfológicas con el efecto del tamaño incluido.

<b>Especies Actuales</b> ↓	<b>Especies Predictas</b> →	<i>B. sp. "Chicabal"</i>	<i>B. flavimembris</i>	<i>B. morio</i>	<b>Total por especie</b>
<i>B. sp. "Chicabal"</i>		15	0	1	16
<i>B. flavimembris</i>		0	19	0	19
<i>B. morio</i>		7	0	26	33
<b>Especies mal clasificadas</b>		8			
<b>% mal clasificado</b>		11.76%			
<b>-2 LogLikelihood</b>		15.45			

El análisis de las variables con distribución normal en hembras con el efecto del tamaño, muestra en la figura 11 que las poblaciones de hembras de *Bolitoglossa morio* y *B. sp. "Chicabal"* se separan en el componente 2 por el tamaño en la variable LHC (longitud hocico cloaca) y en la variable CA (crecimiento axilar). Para los ejemplares de *B. sp. "Chicabal"* la gráfica nos muestra que el cuerpo es menos largo y grande y el crecimiento axilar mayor en comparación a los ejemplares de *B. morio*. En el eje 1 se muestran las variables que separan a los ejemplares de *B. flavimembris* de las otras dos especies. *B. flavimembris* posee un cuerpo con cabeza mas ancha (AC), una cola mas larga comparativamente al cuerpo de *B. morio* y *B. sp. "Chicabal"*, el largo de las patas traseras es mayor (LPT) y la distancia mínima entre los ojos (DMEO) es mayor, y tiene una longitud hocico cloaca relativamente más pequeña que las otras dos especies comparadas.

**Figura No. 11:** Gráfica del análisis discriminante en hembras usando las variables con distribución normal, con efecto del tamaño incluido.



En la siguiente tabla de 16 ejemplares de *B. sp.* “*Chicabal*”, 12 estaban clasificados correctamente, 2 fueron mal clasificados como *B. flavimembris* y 2 mal clasificados como *B. morio*. De 19 ejemplares de *B. flavimembris*, 15 estaban clasificados correctamente, 1 fue mal clasificado como *B. sp.* “*Chicabal*” y 3 mal clasificados como *B. morio*. De 33 ejemplares de *B. morio*, 21 fueron clasificados correctamente, 9 fueron mal clasificados como *B. sp.* “*Chicabal*” y 3 mal clasificados como *B. flavimembris*. El porcentaje total de clasificación correcta con este análisis es del 70.59%. La tabla de probabilidad nos indica que esta clasificación es significativamente diferente que una clasificación al azar (-2 Loglikelihood = 38.62 > 9.49 valor crítico, alfa = 0.05).

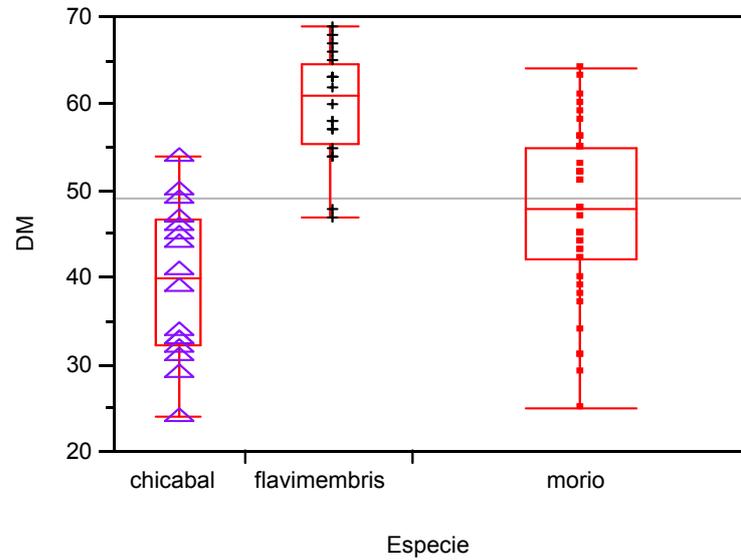
**Tabla No. 12:** Esta tabla compara la asignación de las ejemplares hembras a las especies previamente asignadas, con la predicción obtenida a través de la comparación de las variables morfológicas con el efecto del tamaño incluido.

Especies Actuales ↓	Especies Predictas →	<i>B. sp. "Chicabal"</i>	<i>B. flavimembris</i>	<i>B. morio</i>	Total por especie
<i>B. sp. "Chicabal"</i>		12	2	2	16
<i>B. flavimembris</i>		1	15	3	19
<i>B. morio</i>		9	3	21	33
<b>Especies mal clasificadas</b>		20			
<b>% mal clasificado</b>		29.41%			
<b>-2 LogLikelihood</b>		38.62			

Con las variables de dientes se desarrolló un análisis de varianza (ANOVA) presentando una gráfica en forma de trazos normal en cuantiles cuando presentaban distribución normal. Si no presentaban distribución normal se utilizó una prueba no paramétrica de Wilcoxon y una comparación entre pares de grupos.

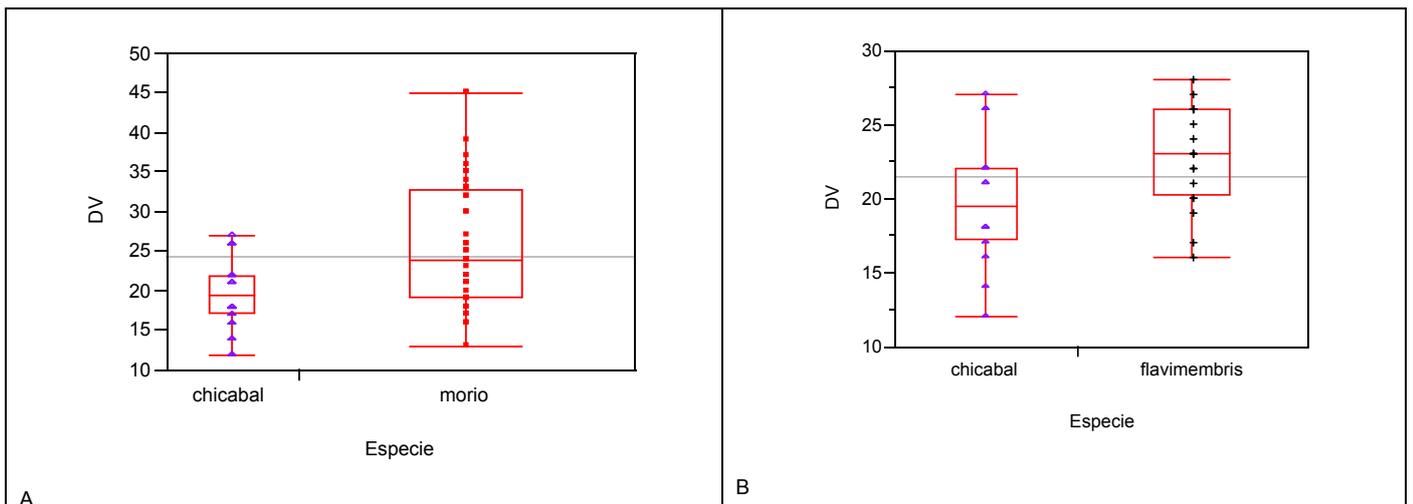
La figura 12 muestra la comparación de la variable dientes maxilares (DM) con una prueba de ANOVA, en la cual se muestra que el resultado del análisis de varianza (F Ratio= 25.8506, Prob > F= <0.0001) dicta que existe una diferencia entre algunas especies. La prueba de Tukey-Kramer HSD nos indica que las diferencias son significativas entre todas las especies.

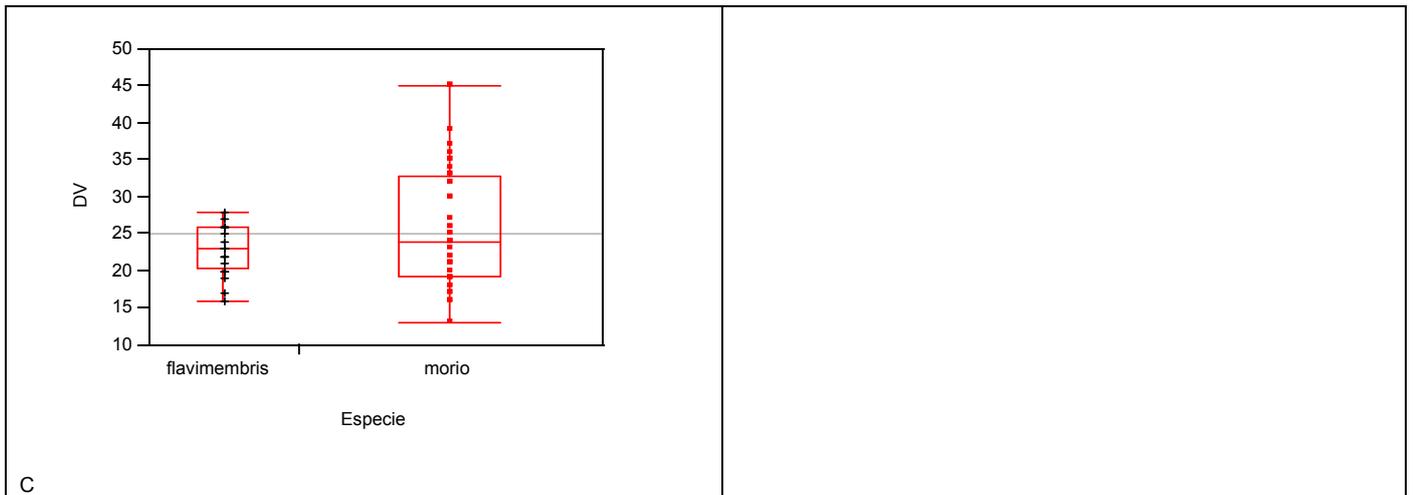
**Fig. 12.** Muestra un análisis de ANOVA con los dientes maxilares en hembras con el tamaño incluido, comparando *B. sp "Chicabal"*, *B. morio* y *B. flavimembris*. Se hizo una comparación de pares por medio de la prueba de Tukey Kramer HSD. Se muestran las especies en el eje X y el número de dientes maxilares en el eje Y.



La figura 13 presenta el análisis de Wilcoxon con la variable dientes vomerinos (DV) y la prueba entre pares de grupos mostrando que existe una diferencia significativa entre *B. sp. "Chicabal"* y *B. morio* ( $\text{Prob} > |Z| = 0.0084$ , alfa 0.05), y entre *B. sp. "Chicabal"* y *B. flavimembris* ( $\text{Prob} > |Z| = 0.0320$ , alfa 0.05) para la variable dientes vomerinos. No existe diferencia en esta variable entre *B. morio* y *B. flavimembris* ( $\text{Prob} > |Z| = 0.2926$ , alfa 0.05).

**Fig. 13.** Muestra un análisis con la Prueba de Wilcoxon con los dientes vomerinos en hembras, con el efecto del tamaño, comparando *B. sp "Chicabal*, *B. morio* y *B. flavimembris*.

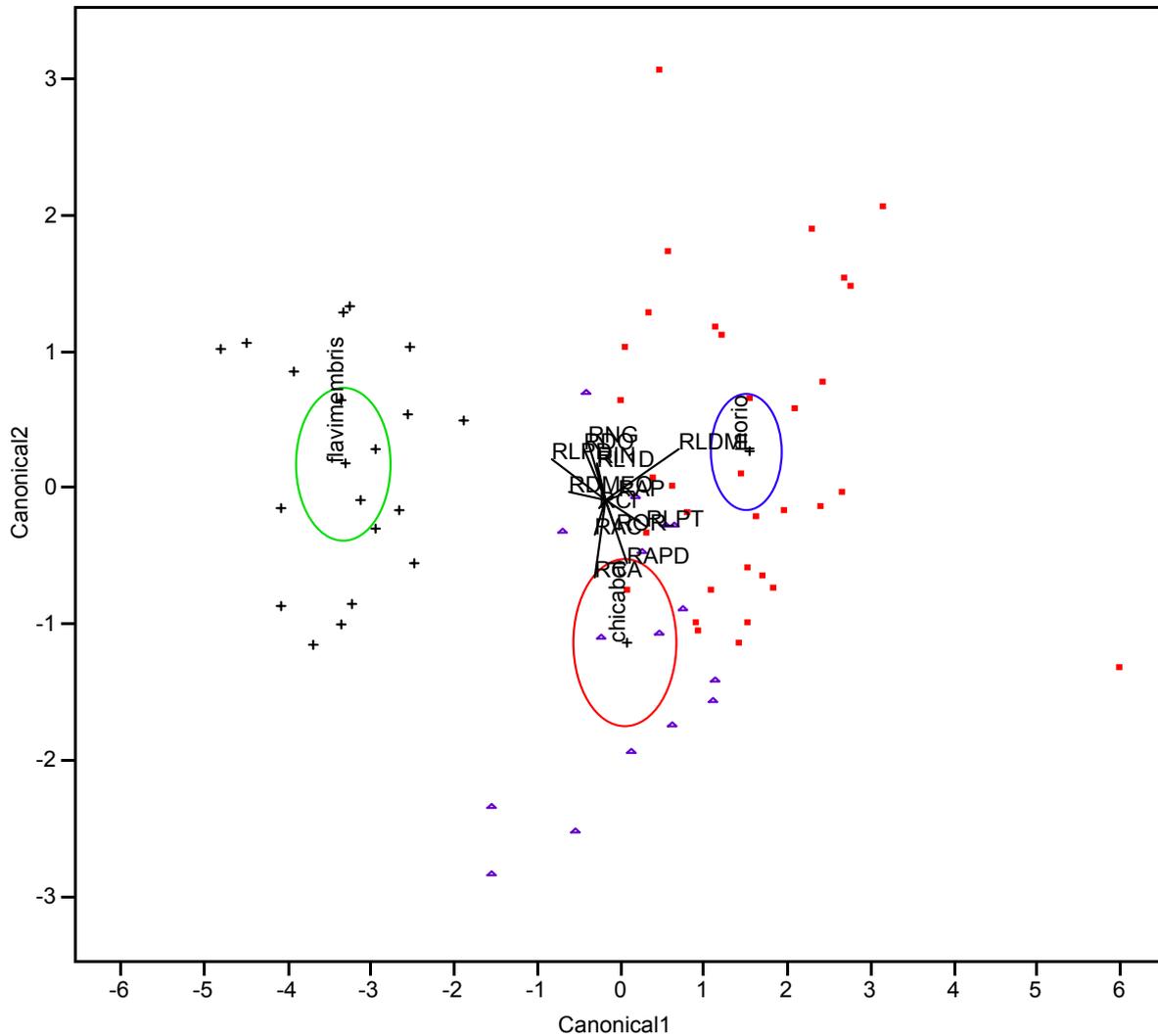




### 8.5.2 Análisis hembras sin efecto del tamaño

Se muestra el análisis de todas las variables en hembras sin el efecto del tamaño, en el cual se observa una separación de las especies utilizadas en el análisis. *Bolitoglossa flavimembris* se separa de las otras dos especies en el eje 1 influenciada por tener un largo pata derecha mayor (RLPD), distancia mínima entre ojos mayor (RDMEO), largo pata trasera menor (RLPT), y largo dedo más largo menor, teniendo una conformación diferente a las demás especies en el morfoespacio. En el eje 2 se separa *B. sp. "Chicabal"* de *B. morio* y *B. flavimembris* por poseer un mayor crecimiento axilar (RCA), un mayor ancho de pata derecha (RAPD), mayor distancia orbitonarial (ROR), mayor largo pata trasera (RLPT), menor largo 1 dedo (RL1D), menor largo pata delatntera, menor distancia intraorbital, y una menor distancia nariz gula (RNG).

**Figura No. 14:** Gráfica del análisis discriminante en hembras sin el efecto del tamaño con todas las variables.



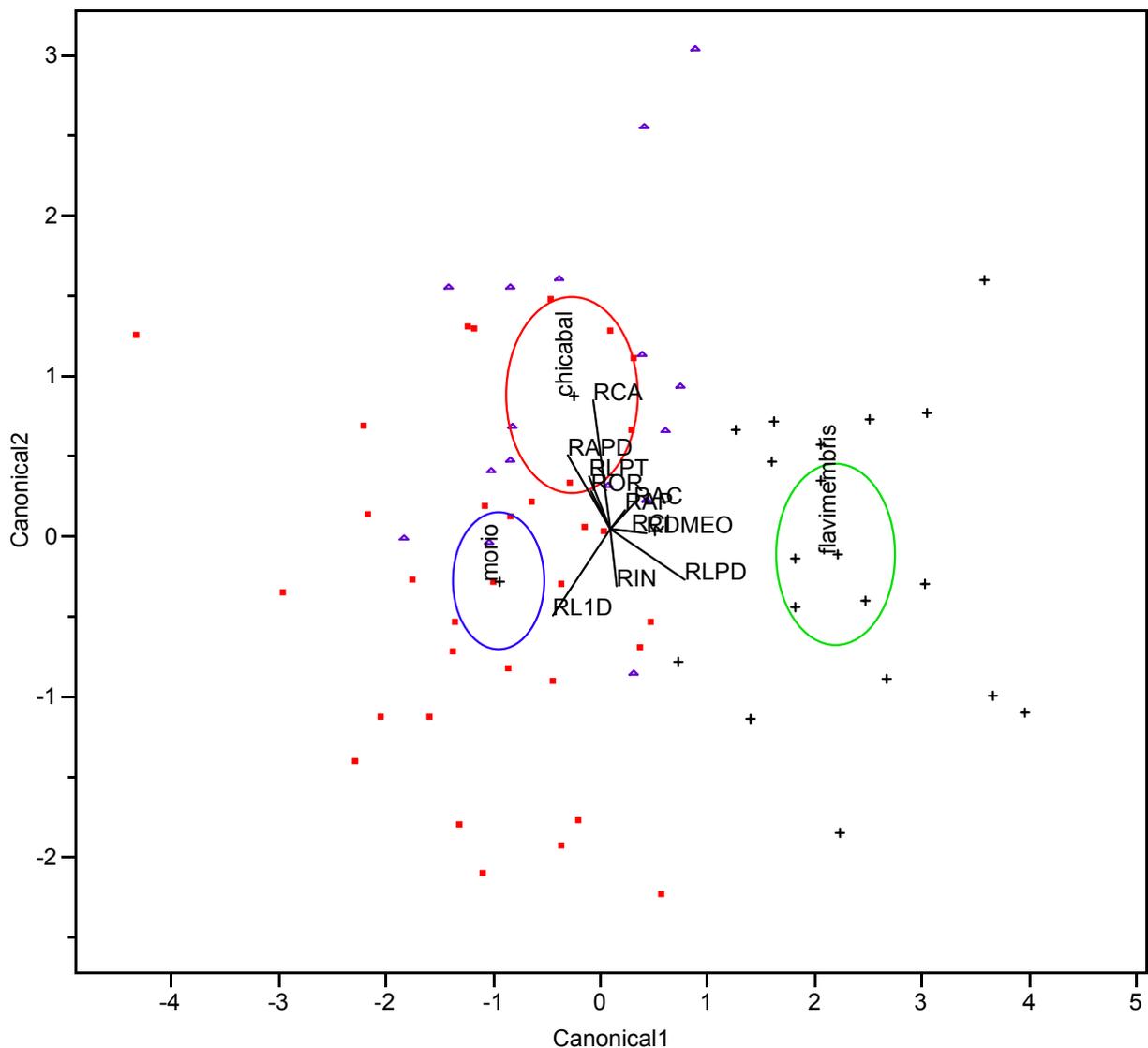
En la tabla 13 de 16 ejemplares de *Bolitoglossa* sp. "*Chicabal*", 15 estaban clasificados correctamente, 1 fue mal clasificado como *B. morio*. De 19 ejemplares de *B. flavimembris*, todos fueron clasificados correctamente. De 33 ejemplares de *B. morio*, 27 fueron clasificados correctamente, 6 fueron mal clasificados como *B. sp. "Chicabal"*. El porcentaje total de clasificación correcta con este análisis es del 89.71%. La tabla de probabilidad nos indica que esta clasificación es significativamente diferente que una clasificación al azar (-2 Loglikelihood = 16.31 > 9.49 valor crítico, alfa = 0.05).

**Tabla No. 13:** Esta tabla compara la asignación de las ejemplares hembras a las especies previamente asignadas, con la predicción obtenida a través de la comparación de todas las variables morfológicas sin el efecto del tamaño.

<b>Especies Actuales</b> ↓	<b>Especies Predictas</b> →	<i>B. sp. "Chicabal"</i>	<i>B. flavimembris</i>	<i>B. morio</i>	<b>Total por especie</b>
<i>B. sp. "Chicabal"</i>		15	0	1	16
<i>B. flavimembris</i>		0	19	0	19
<i>B. morio</i>		6	0	27	33
<b>Especies mal clasificadas</b>		7			
<b>% mal clasificado</b>		10.29%			
<b>-2 LogLikelihood</b>		16.31			

La figura No. 15 nos muestra que las poblaciones de *Bolitoglossa morio* y *B. sp. "Chicabal"* se separan en el componente 2 por el tamaño en las variables RCA (residuo crecimiento axilar), RAPD (residuo ancho pata derecha), y en la variable RL1D (residuo largo 1er dedo). Para los ejemplares de *B. sp. "Chicabal"* la gráfica nos muestra que el cuerpo presenta un crecimiento axilar mayor, al igual que el ancho de la pata derecha en comparación a los ejemplares de *B. morio*, en las cuales el largo del 1er dedo es mayor. En el eje 1 se muestran las variables que separan a los ejemplares de *B. flavimembris* de las otras dos localidades comparadas en este complejo de especies. *Bolitoglossa flavimembris* posee principalmente un cuerpo con la pata derecha más larga (RLPD), un menor largo 1er dedo (RL1D); y con menor influencia una distancia mínima entre ojos mayor (RDMEO), un mayor ancho de pecho (RAP), y una cola más larga (RCI) en comparación a *B. morio* y *B. sp. "Chicabal"*.

**Figura No. 15:** Gráfica del análisis discriminante en hembras sin el efecto del tamaño con las variables de distribución normal.



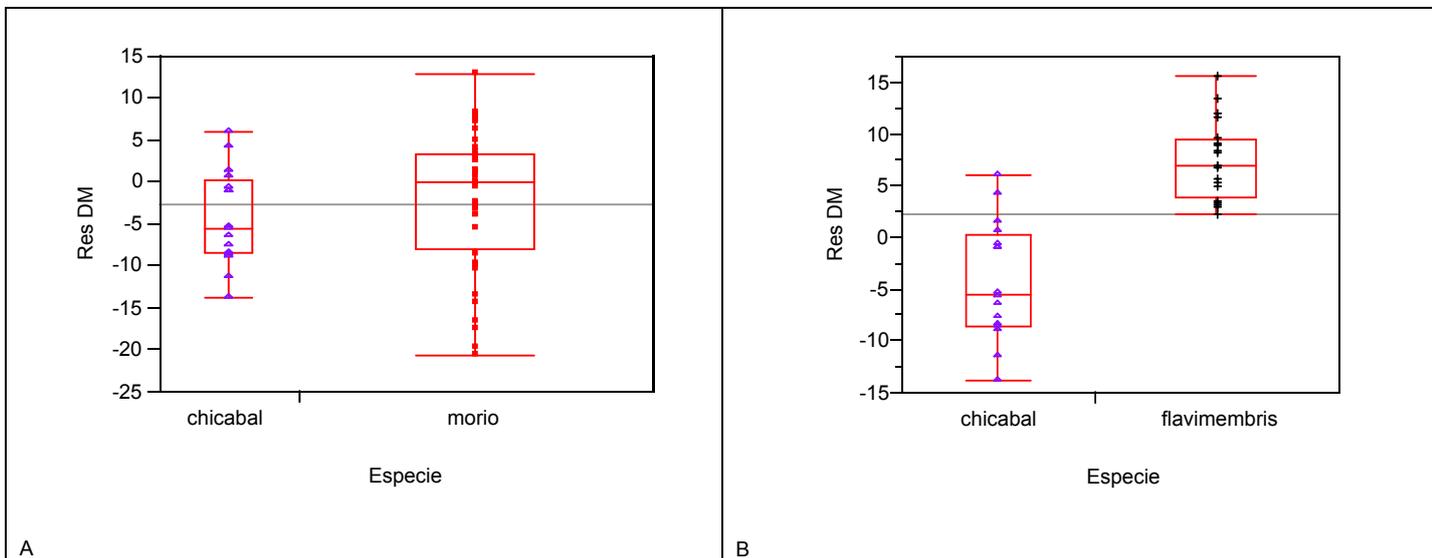
En la tabla 14, de 16 ejemplares de *Bolitoglossa sp.* “Chicabal”, 12 estaban clasificados correctamente y 4 mal clasificados como *B. morio*. De 19 ejemplares de *B. flavimembris*, todos fueron clasificados correctamente. De 33 ejemplares de *B. morio*, 25 fueron clasificados correctamente, 7 fueron mal clasificados como *B. sp.* “Chicabal” y 1 mal clasificado como *B. flavimembris*. El porcentaje total de clasificación correcta con este análisis es del 82.35%. La tabla de probabilidad nos indica que esta clasificación es significativamente diferente que una clasificación al azar (-2 Loglikelihood = 30.21 > 9.49 valor crítico, alfa = 0.05).

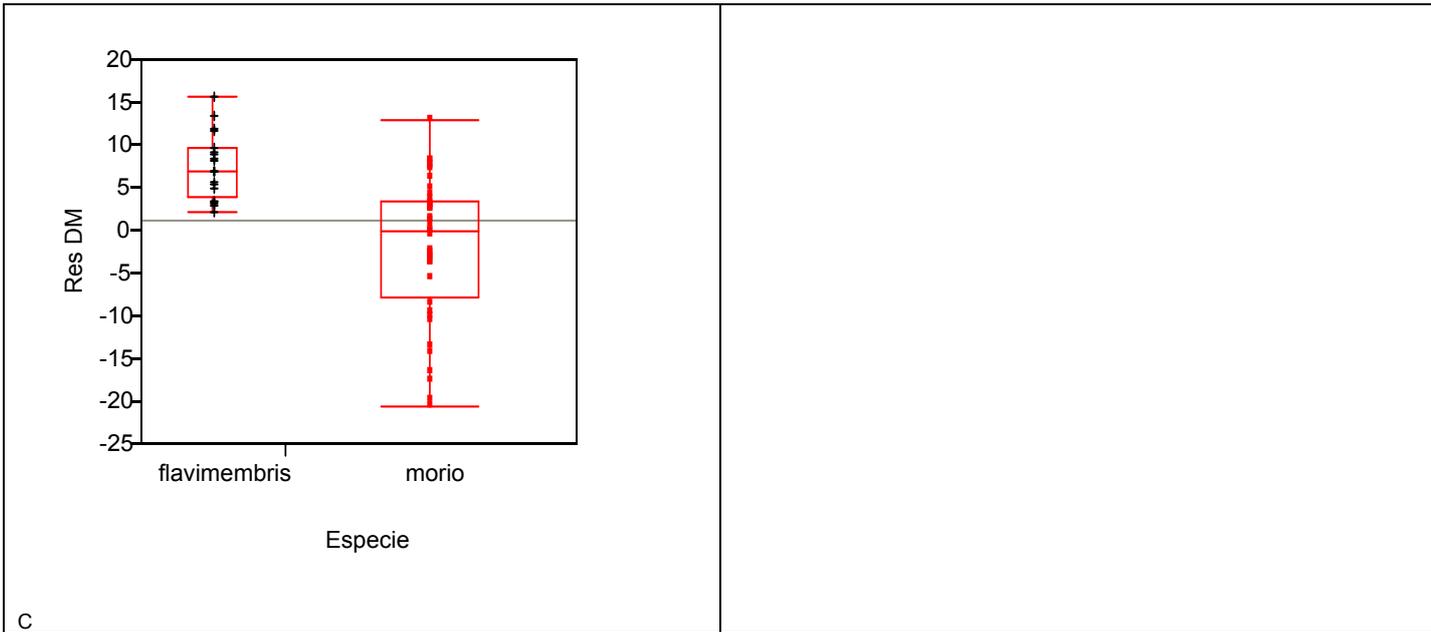
**Tabla No. 14:** Esta tabla compara la asignación de las ejemplares hembras a las especies previamente asignadas, con la predicción obtenida a través de la comparación de las variables morfológicas sin el efecto del tamaño.

Especies Actuales ↓	Especies Predictas →	<i>B. sp. "Chicabal"</i>	<i>B. flavimembris</i>	<i>B. morio</i>	Total por especie
<i>B. sp. "Chicabal"</i>		12	0	4	16
<i>B. flavimembris</i>		0	19	0	19
<i>B. morio</i>		7	1	25	33
<b>Especies mal clasificadas</b>		12			
<b>% mal clasificado</b>		17.65%			
<b>-2 LogLikelihood</b>		30.21			

La figura 16 muestra el análisis de la variable dientes maxilares (RDM) con una prueba de Wilcoxon y la prueba entre pares de grupos, dice que no existe diferencia entre *B. sp. "Chicabal"* y *B. morio* ( $\text{Prob} > |Z| = 0.1885$ , alfa 0.05) para la variable dientes maxilares; y si existe diferencia en esta variable entre *B. sp. "Chicabal"* y *B. flavimembris* ( $\text{Prob} > |Z| = <0.0001$ , alfa 0.05) y entre *B. morio* y *B. flavimembris* ( $\text{Prob} > |Z| = <0.0001$ , alfa 0.05).

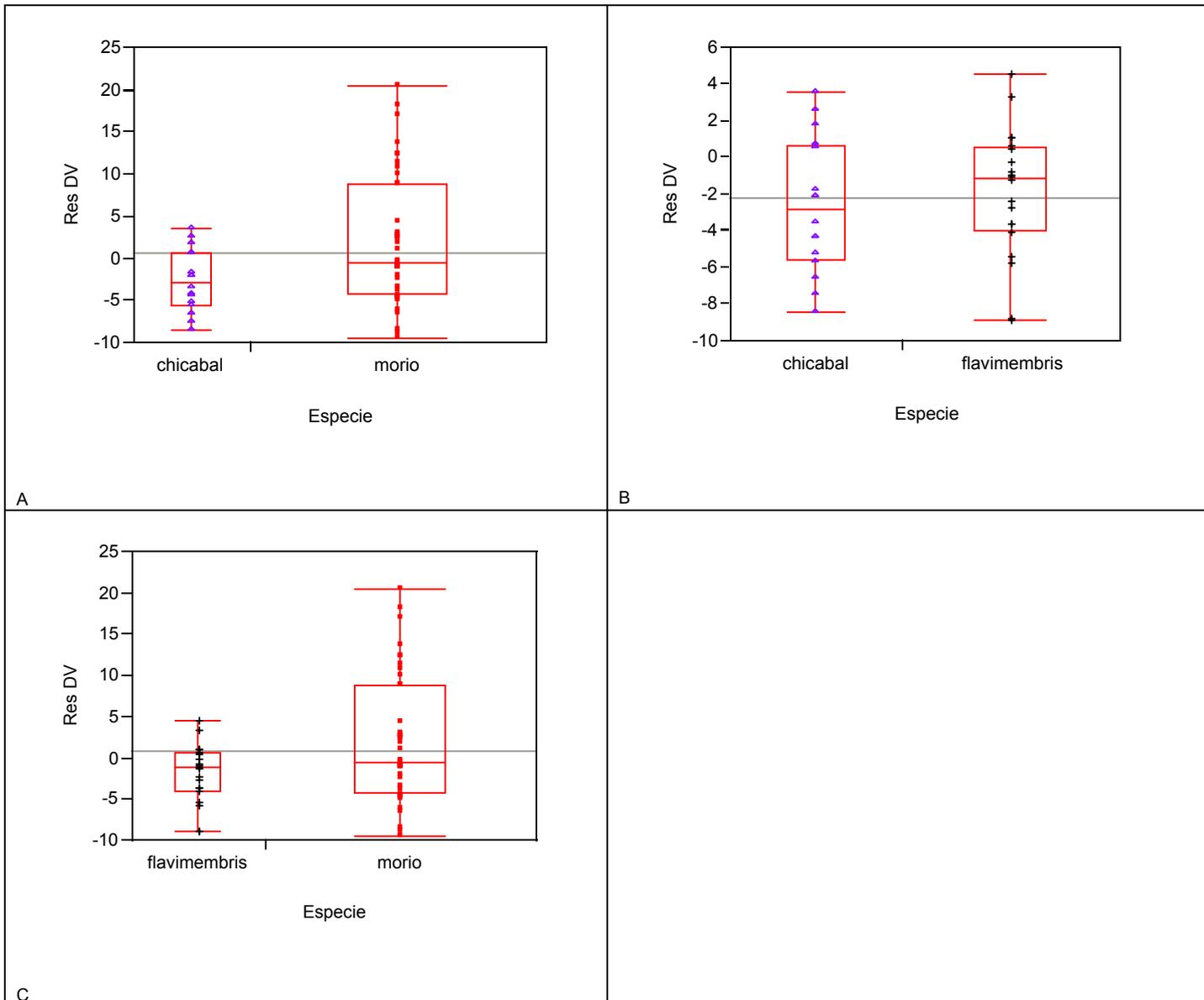
**Fig. 16.** Muestra un análisis con la Prueba de Wilcoxon con los dientes maxilares en hembras, sin el efecto del tamaño, comparando *B. sp "Chicabal"*, *B. morio* y *B. flavimembris*.





La figura 17 presenta el análisis de Wilcoxon con la variable dientes vomerinos (RDV) y la prueba entre pares de grupos mostrando que existe una diferencia significativa entre *B. sp. "Chicabal"* y *B. morio* ( $\text{Prob} > |Z| = 0.0413$ , alfa 0.05). No existe diferencia en esta variable entre *B. sp. "Chicabal"* y *B. flavimembris* ( $\text{Prob} > |Z| = 0.5559$ , alfa 0.05) y entre *B. morio* y *B. flavimembris* ( $\text{Prob} > |Z| = 0.1263$ , alfa 0.05).

**Fig. 17.** Muestra un análisis con la Prueba de Wilcoxon con los dientes vomerinos en hembras, sin el efecto del tamaño, comparando *B. sp "Chicabal*, *B. morio* y *B. flavimembris*.

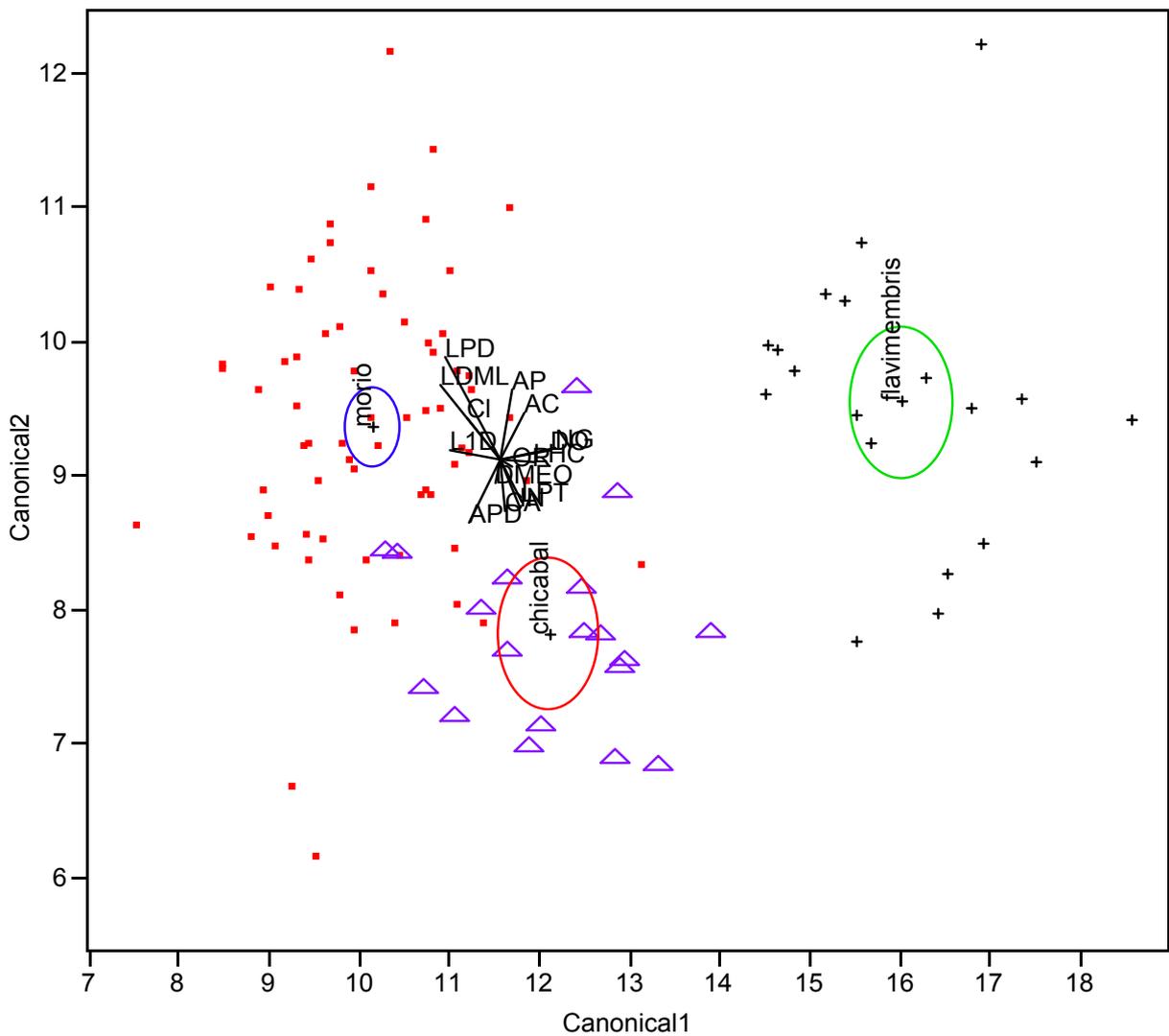


### Análisis Machos Con efecto tamaño

Se muestra una gráfica de todas las variables en machos con el efecto del tamaño, en el cual se observa una separación de las especies utilizadas en el análisis, la localidad de *B. flavimembris* se separa de las otras dos especies en el eje 1 influenciada por tener una distancia nariz-gula mayor (NG), un diámetro ojo mayor (DO), largo hocico cloaca o largo total mayor (LHC), un largo del 1er dedo menor (L1D), y en menor influencia un largo dedo más largo menor (LDML) y un ancho pata derecha mayor (APD), teniendo una conformación diferente a las demás especies en el espacio. En

el eje 2 se separa *B. sp. "Chicabal"* de *B. morio* por poseer mayor crecimiento axilar (CA), menor ancho cabeza (AC), menor cola (CI), mayor largo pata trasera (LPT), menor ancho pecho (AP), menor largo pata derecha (LPD), y con menor influencia una mayor distancia mínima entre ojos (DMEO).

**Figura 18:** Análisis discriminante machos con efecto del tamaño que incluye a todas las variables medidas.



En la tabla 15, de 19 ejemplares de *Bolitoglossa sp. "Chicabal"*, 17 estaban clasificados correctamente y 2 mal clasificados como *B. morio*. De 19 ejemplares de *B. flavimembris*, todos fueron clasificados correctamente. De 67 ejemplares de *B. morio*, 61 fueron clasificados correctamente, y 6 fueron mal

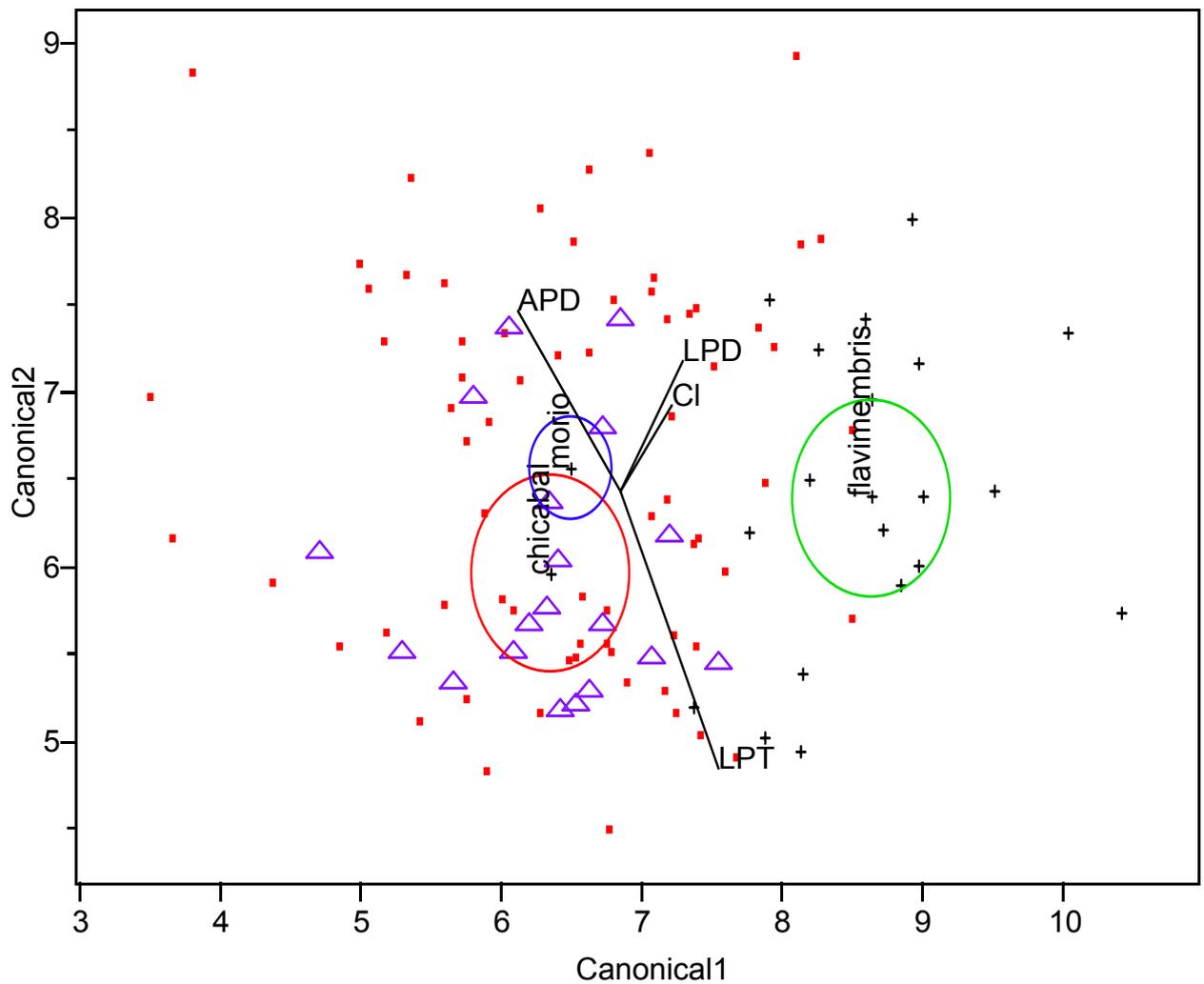
clasificados como *B. sp. "Chicabal"*. El porcentaje total de clasificación correcta con este análisis es del 92.38%. La tabla de probabilidad nos indica que esta clasificación es significativamente diferente que una clasificación al azar (-2 LogLikelihood = 21.29 > 9.49 valor crítico, alfa = 0.05).

**Tabla No. 15:** Esta tabla compara la asignación de los ejemplares machos a las especies previamente asignadas, con la predicción obtenida a través de la comparación de las variables morfológicas con el efecto del tamaño incluido.

Especies Actuales ↓	Especies Predictas →	<i>B. sp. "Chicabal"</i>	<i>B. flavimembris</i>	<i>B. morio</i>	Total por especie
<i>B. sp. "Chicabal"</i>		17	0	2	19
<i>B. flavimembris</i>		0	19	0	19
<i>B. morio</i>		6	0	61	67
<b>Especies mal clasificadas</b>		8			
<b>% mal clasificado</b>		7.619			
<b>-2 LogLikelihood</b>		21.29			

La figura No. 19 nos muestra que las poblaciones de *Bolitoglossa morio* y *B. sp. "Chicabal"* se separan por el tamaño en las variables largo pata delantera (LPD), ancho pata derecha (APD), cola (CI) y en el largo pata trasera (LPT). Para los ejemplares de *B. sp. "Chicabal"* la gráfica nos muestra que el cuerpo presenta unas patas delanteras más cortas y unas patas traseras más largas, un ancho de pata derecha menor, al igual que una cola más corta en comparación a los ejemplares de *B. morio*. En el eje 1 se muestran con menor influencia las variables que separan a los ejemplares de *B. flavimembris* de las otras dos especies. *B. flavimembris* posee un cuerpo con unas patas delanteras (LPD) y traseras (LPT) ligeramente más largas, una cola (CI) más larga y un ancho de la pata derecha (APD) menor comparativamente al cuerpo de *B. morio* y *B. sp. "Chicabal"*, creando una separación por la diferencia en proporciones corporales.

**Figura No. 19:** Gráfica del análisis discriminante en machos con el efecto del tamaño en las variables con distribución normal.



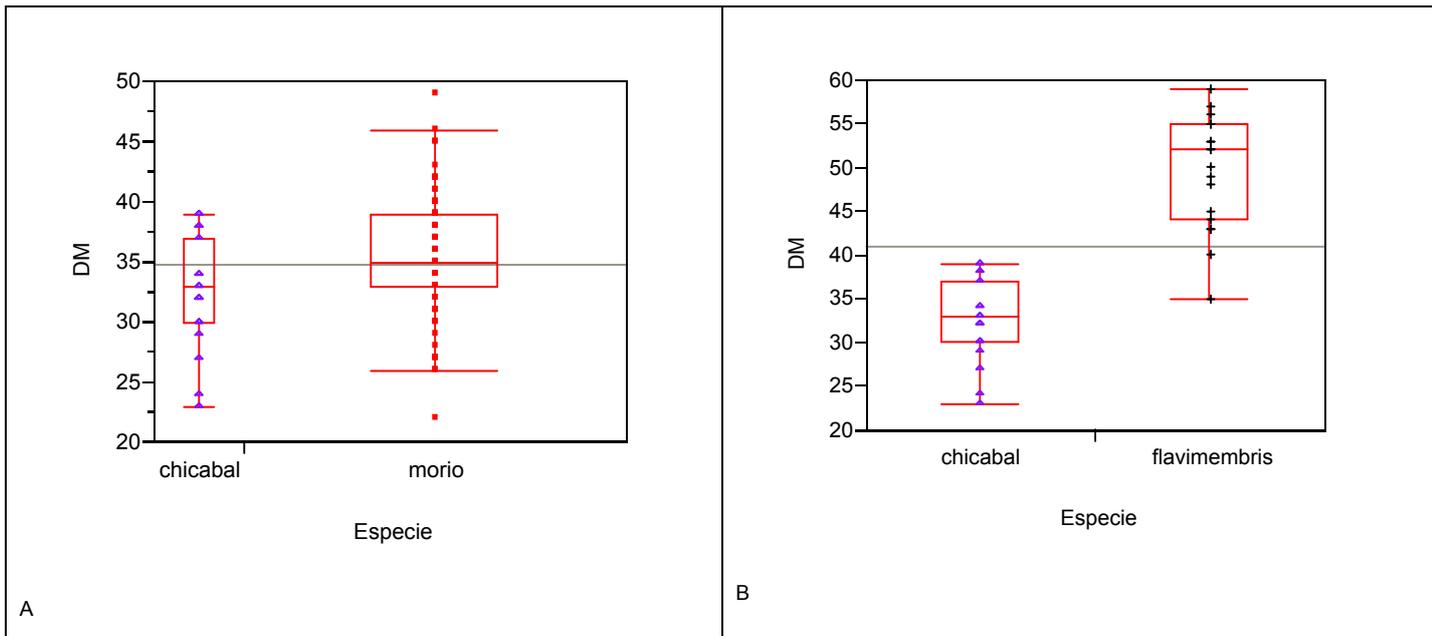
En la tabla 16, de 19 ejemplares de *B. sp.* “*Chicabal*”, 13 estaban clasificados correctamente y 6 mal clasificados como *B. morio*. De 19 ejemplares de *B. flavimembris*, 18 estaban clasificados correctamente y solo 1 fue mal clasificado como *B. morio*. De 69 ejemplares de *B. morio*, 32 fueron clasificados correctamente, 28 fueron mal clasificados como *B. sp.* “*Chicabal*” y 9 mal clasificados como *B. flavimembris*. El porcentaje total de clasificación correcta con este análisis es del 58.58%. La tabla de probabilidad nos indica que esta clasificación es significativamente diferente que una clasificación al azar ( $-2 \text{ Loglikelihood} = 80.24 > 9.49$  valor crítico,  $\alpha = 0.05$ ).

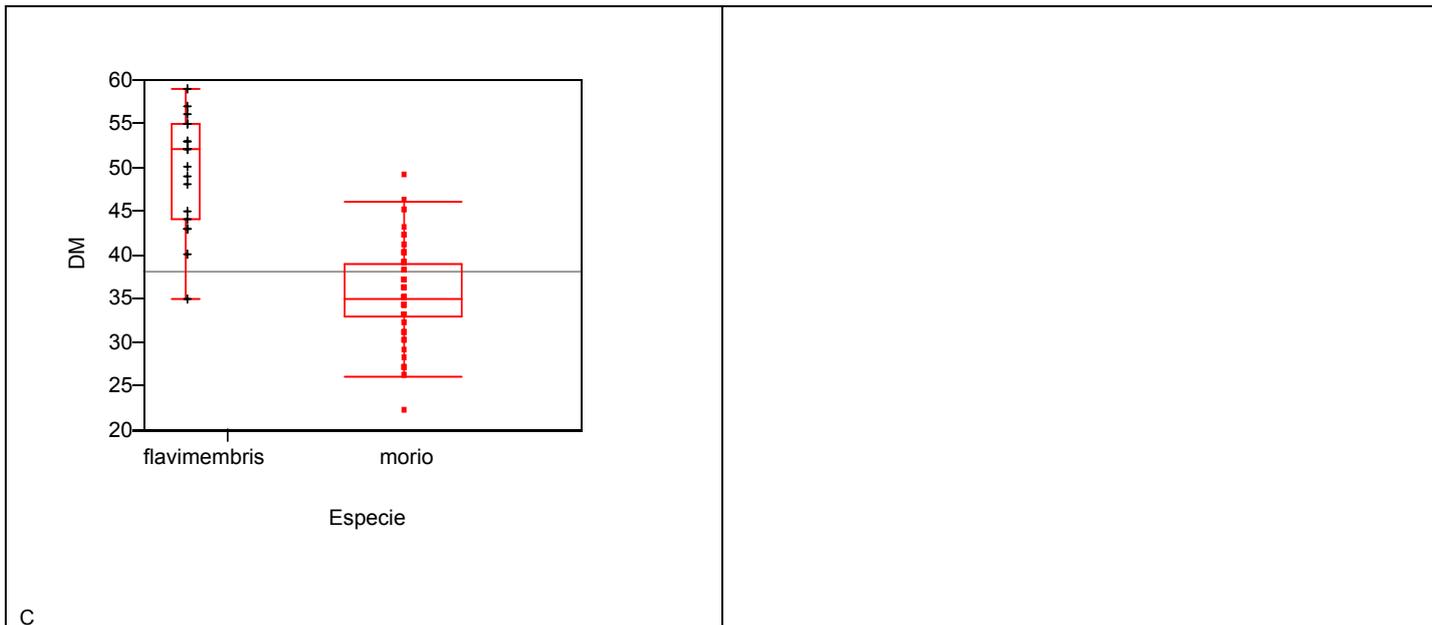
**Tabla No. 16:** Esta tabla compara la asignación de los ejemplares machos a las especies previamente asignadas, con la predicción obtenida a través de la comparación de las variables morfológicas con el efecto del tamaño incluido.

Especies Actuales ↓	Especies Predictas →	<i>B. sp. "Chicabal"</i>	<i>B. flavimembris</i>	<i>B. morio</i>	Total por especie
<i>B. sp. "Chicabal"</i>		13	0	6	19
<i>B. flavimembris</i>		1	18	0	19
<i>B. morio</i>		28	9	32	69
Especies mal clasificadas		44			
% mal clasificado		41.12%			
-2 LogLikelihood		80.24			

La figura 20 muestra el análisis de la variable dientes maxilares (DM) con una prueba de Wilcoxon y la prueba entre pares de grupos, dice que si existe diferencia entre *B. sp. "Chicabal"* y *B. morio* (Prob > |Z| = 0.0253, alfa 0.05); entre *B. sp. "Chicabal"* y *B. flavimembris* (Prob > |Z| = 0.0001, alfa 0.05) y entre *B. morio* y *B. flavimembris* (Prob > |Z| = 0.0001, alfa 0.05) para la variable dientes maxilares.

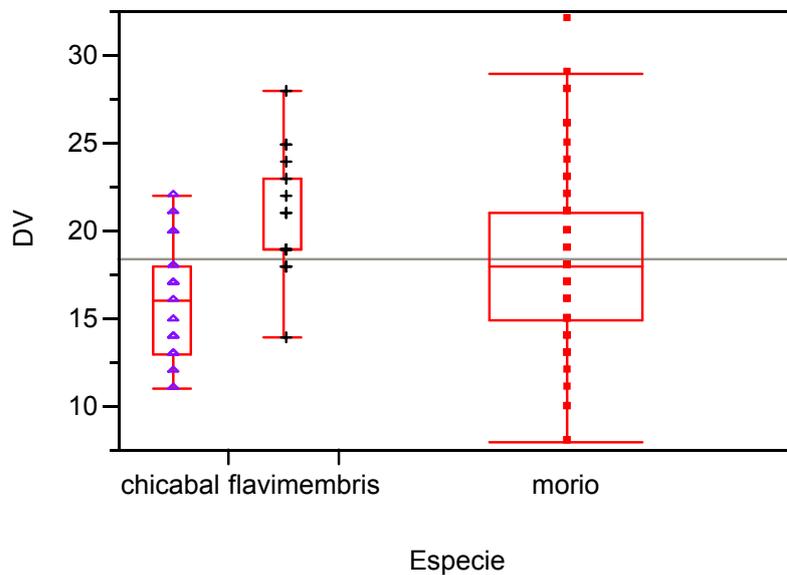
**Fig. 20.** Muestra un análisis con la Prueba de Wilcoxon con los dientes maxilares en machos, con el efecto del tamaño, comparando *B. sp "Chicabal"*, *B. morio* y *B. flavimembris*.





La figura 21 muestra la comparación de la variable dientes vomerinos (DV) con una prueba de ANOVA, en la cual se muestra que el resultado del análisis de varianza (F Ratio= 5.3031, Prob > F= <0.0063) dicta que hay una diferencia significativa entre especies en el número de dientes vomerinos. La prueba de Tukey-Kramer HSD nos indica que la diferencia significativa es entre *B. flavimembris* y *B. sp. "Chicabal"*. Entre las especies *B. morio* y *B. flavimembris* y entre *B. morio* y *B. sp. "Chicaval"* no existe diferencia significativa.

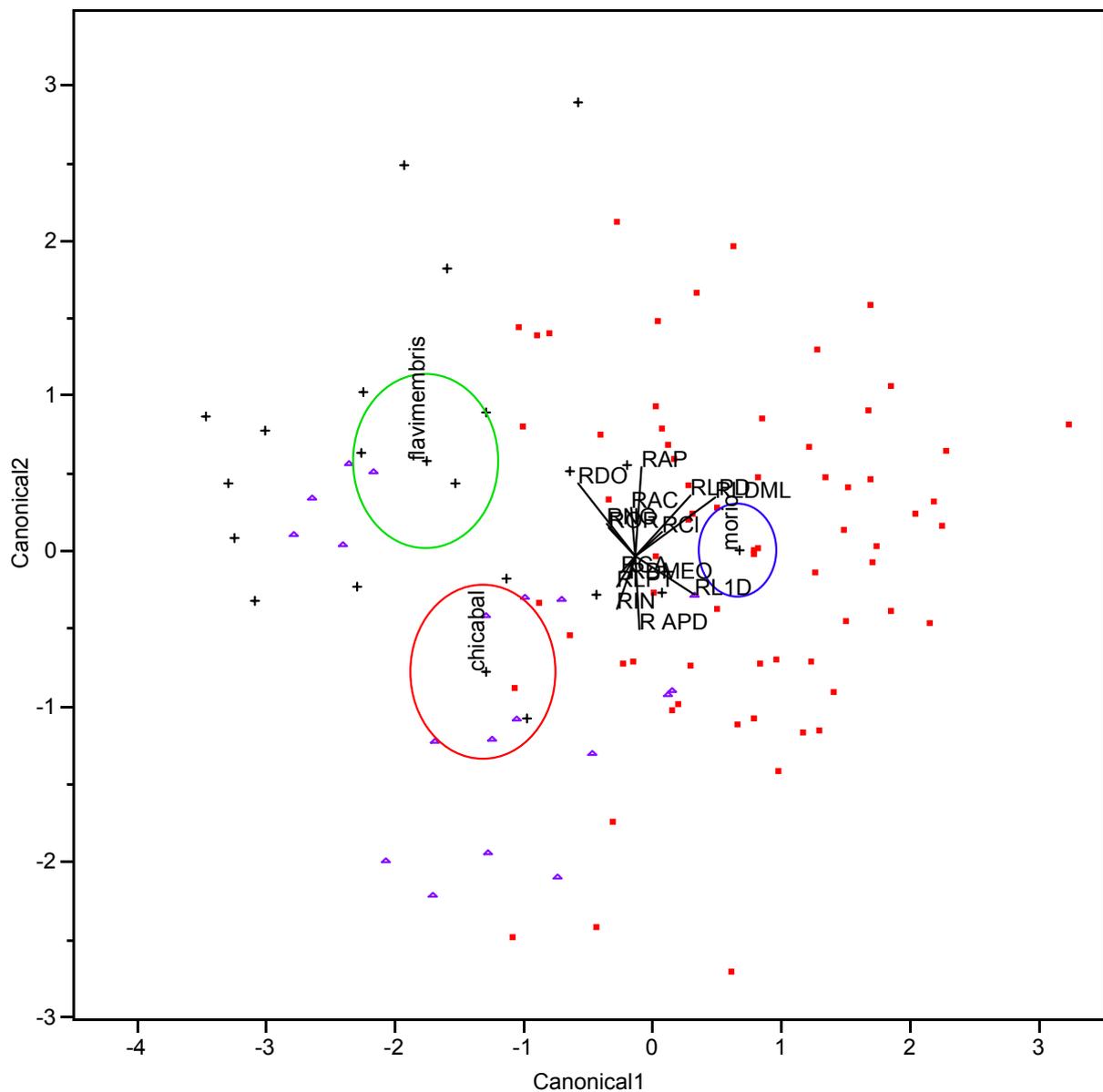
**Fig. 21.** Muestra un análisis de ANOVA con los dientes vomerinos en machos, con el efecto del tamaño, comparando *B. sp "Chicabal"*, *B. morio* y *B. flavimembris*. Se muestran las especies en el eje X y el número de dientes vomerinos en el eje Y.



### Análisis Machos Sin efecto tamaño

Se muestra el análisis de todas las variables en machos sin el efecto del tamaño, en el cual se observa una separación de las especies utilizadas en el análisis. La especie de *B. morio* se separa de las otras dos especies en el eje 1 influenciada por tener un mayor largo dedo más largo (RLDML), un mayor largo 1er dedo (RL1D), un mayor largo pata delantera (LPD), un menor diámetro ojo (RDO), y con menor influencia un mayor largo cola (RCI). En el eje 2 se separan *B. sp. "Chicabal"* de *B. flavimembris* por poseer un menor ancho pecho (RAP), un menor diámetro del ojo (RDO) un mayor ancho pata derecha (APD), y con menor influencia un menor ancho cabeza (RAC), una menor distancia orbitonarial (ROR), y una menor distancia nariz gula (RNG).

**Figura 22:** Análisis discriminante machos sin el efecto del tamaño que incluye a todas las variables medidas.



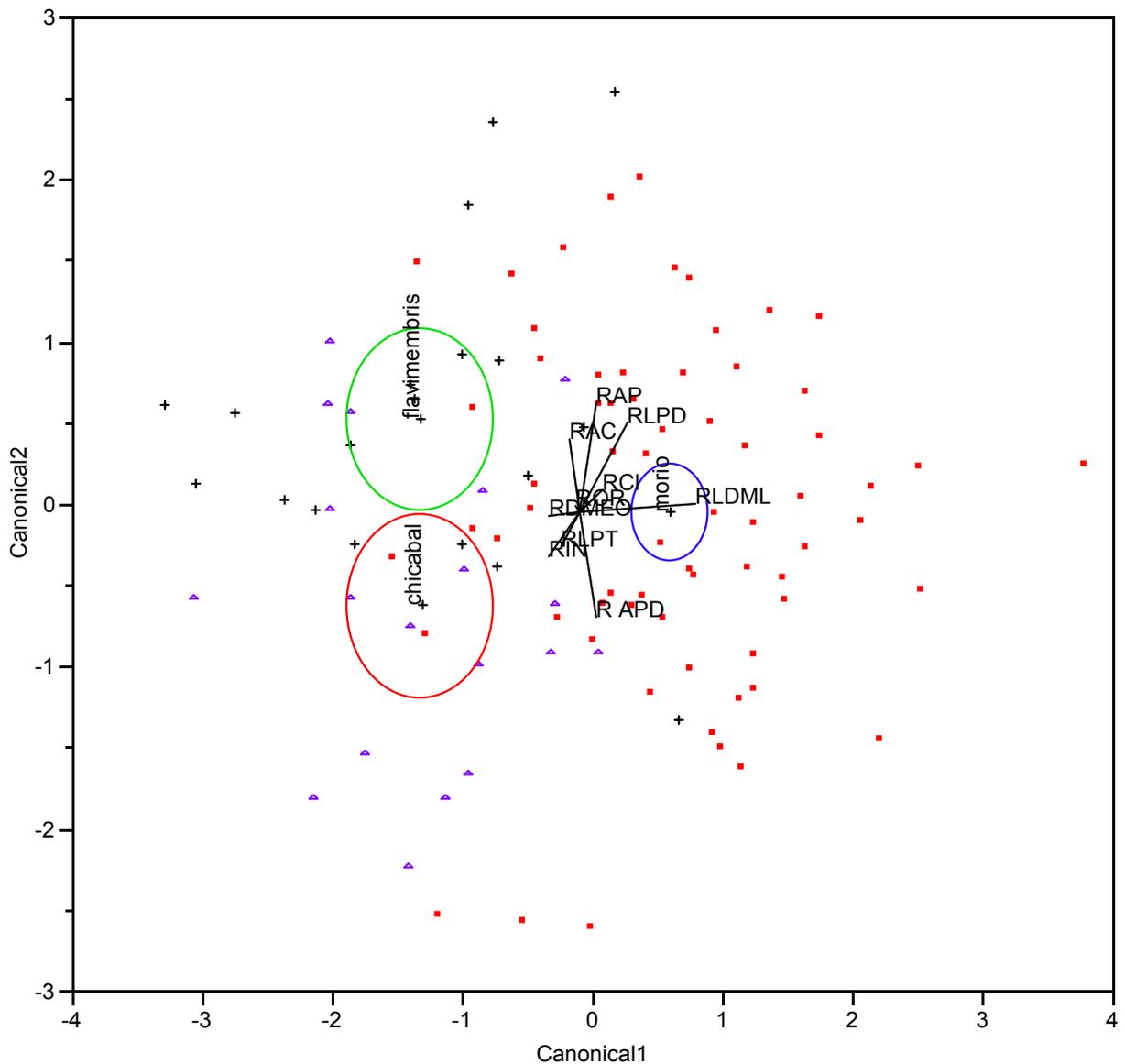
En la tabla 17, de 19 ejemplares de *B. sp.* “*Chicabal*”, 11 estaban clasificados correctamente, 5 mal clasificados como *B. flavimembris* y 3 mal clasificados como *B. morio*. De 19 ejemplares de *B. flavimembris*, 14 estaban clasificados correctamente, 3 estaban clasificados como *B. sp.* “*Chicabal*” y 2 estaban mal clasificados como *B. morio*. De 67 ejemplares de *B. morio*, 54 fueron clasificados correctamente, 8 fueron mal clasificados como *B. sp.* “*Chicabal*” y 5 mal clasificados como *B. flavimembris*. El porcentaje total de clasificación correcta con este análisis es del 75.24%. La tabla de probabilidad nos indica que esta clasificación es significativa ( $-2 \text{ Loglikelihood} = 58.13 > 9.49$  valor crítico,  $\alpha = 0.05$ ).

**Tabla No. 17:** Esta tabla compara la asignación de los ejemplares machos a las especies previamente asignadas, con la predicción obtenida a través de la comparación de las variables morfológicas con el efecto del tamaño incluido.

<b>Especies Actuales</b> ↓	<b>Especies Predictas</b> →	<b><i>B. sp. "Chicabal"</i></b>	<b><i>B. flavimembris</i></b>	<b><i>B. morio</i></b>	<b>Total por especie</b>
<i>B. sp. "Chicabal"</i>		11	5	3	19
<i>B. flavimembris</i>		3	14	2	19
<i>B. morio</i>		8	5	54	67
<b>Especies mal clasificadas</b>		26			
<b>% mal clasificado</b>		24.76			
<b>-2 LogLikelihood</b>		58.13			

Se muestra el análisis de las variables en machos con normalidad sin el efecto del tamaño, en el cual se observa una separación de las especies utilizadas en el análisis. La especie de *B. morio* se separa de las otras dos especies en el eje 1 influenciada por tener un mayor largo dedo más largo (RLDML), una menor distancia internarial (RIN), y con menor influencia una menor distancia mínima entre ojos (RDMEO). En el eje 2 se separan *B. sp. "Chicabal"* de *B. flavimembris* por poseer un menor ancho pecho (RAP), un mayor ancho pata derecha (APD), un menor ancho cabeza (RAC).

**Figura No. 23:** Gráfica del análisis discriminante en machos sin el efecto del tamaño en las variables con distribución normal.



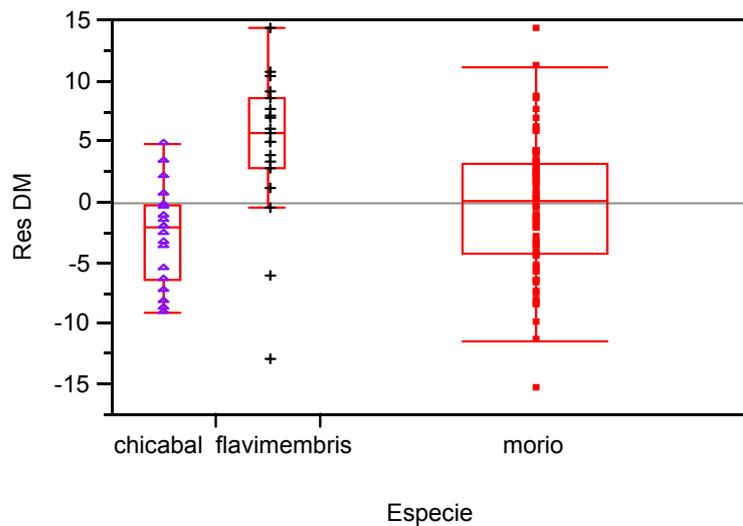
En la tabla 18, de 19 ejemplares de *B. sp. "Chicabal"*, 12 estaban clasificados correctamente, 2 estaban mal clasificados como *B. morio* y 5 fueron mal clasificados como *B. flavimembris*. De 19 ejemplares de *B. flavimembris*, 14 estaban clasificados correctamente, 3 fueron mal clasificados como *B. sp. "Chicabal"* y 2 mal clasificados como *B. morio*. De 67 ejemplares de *B. morio*, 51 fueron clasificados correctamente, 8 fueron mal clasificados como *B. sp. "Chicabal"* y 8 mal clasificados como *B. flavimembris*. El porcentaje total de clasificación correcta con este análisis es del 73.33%. La tabla de probabilidad nos indica que esta clasificación es significativamente diferente que una clasificación al azar ( $-2 \text{ Loglikelihood} = 66.7 > 9.49$  valor crítico,  $\alpha = 0.05$ ).

**Tabla No. 18:** Esta tabla compara la asignación de los ejemplares machos a las especies previamente asignadas, con la predicción obtenida a través de la comparación de las variables morfológicas sin el efecto del tamaño.

Especies Actuales ↓	Especies Predictas →	<i>B. sp. "Chicabal"</i>	<i>B. flavimembris</i>	<i>B. morio</i>	Total por especie
<i>B. sp. "Chicabal"</i>		12	5	2	19
<i>B. flavimembris</i>		3	14	2	19
<i>B. morio</i>		8	8	51	67
<b>Especies mal clasificadas</b>		28			
<b>% mal clasificado</b>		26.67%			
<b>-2 LogLikelihood</b>		66.7			

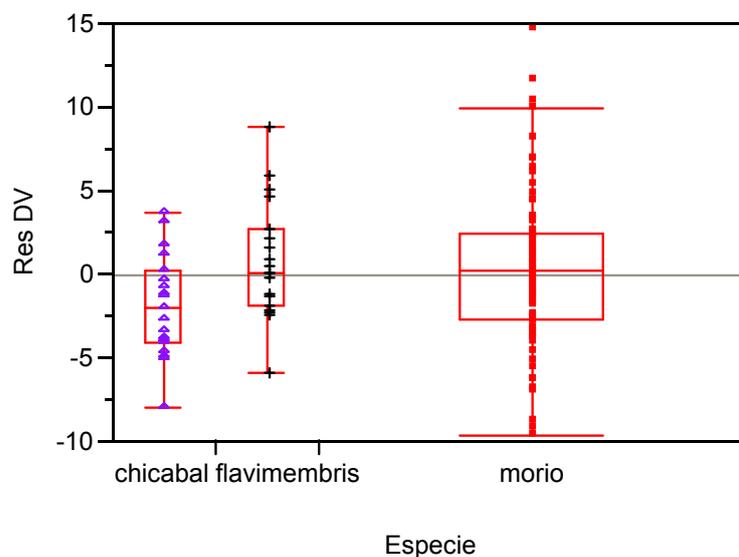
La figura 24 muestra la comparación de la variable dientes maxilares (RDM) con una prueba de ANOVA, en la cual se muestra que el resultado del análisis de varianza (F Ratio= 10.1862, Prob > F= <.0001) dicta que las diferencias entre las especies con esta variable son significativas. La prueba de Tukey-Kramer HSD nos indica que las diferencias son entre *B. flavimembris* y *B. sp. "Chicabal"* y entre *B. flavimembris* y *B. morio*. Entre las especies *B. morio* y *B. sp. "Chicaval"* no existe diferencia.

**Fig. 24.** Muestra un análisis de ANOVA con los dientes maxilares en machos, sin el efecto del tamaño, comparando *B. sp "Chicabal*, *B. morio* y *B. flavimembris*. Se muestran las especies en el eje X y el número de dientes vomerinos en el eje Y.



La figura 25 muestra la comparación de la variable dientes vomerinos (RDV) con una prueba de ANOVA, en la cual se muestra que el resultado del análisis de varianza ( $F \text{ Ratio} = 2.4596$ ,  $\text{Prob} > F = <0.0900$ ) dicta que las diferencias entre las especies con esta variable no son significativas. La prueba de Tukey-Kramer HSD nos indica que no existen diferencias entre las especies *B. flavimembris*, *B. sp. "Chicabal"* y *B. morio* para esta variable.

**Fig. 25.** Muestra un análisis de ANOVA con los dientes vomerinos en machos, sin el efecto del tamaño, comparando *B. sp "Chicabal"*, *B. morio* y *B. flavimembris*. Se muestran las especies en el eje X y el número de dientes vomerinos en el eje Y.



## 9. DISCUSION DE RESULTADOS

En este estudio se midieron un total de 17 variables morfológicas para comprobar la hipótesis planteada “*Bolitoglossa morio* como complejo de especies basado en análisis moleculares, se diferencia también morfológicamente de los ejemplares *B. sp. Chicabal* de la localidad del Volcán Chicabal, Quetzaltenango”. También se evaluó si se sustenta la separación de *B. sp. “Chicabal”* del complejo de salamandras *Bolitoglossa morio* como una especie distinta, lo cual está evidenciado por datos de proteínas (Larson, 1983).

En los resultados de los análisis de Componentes Principales con el efecto del tamaño (LHC) incluido, puede observarse que los primeros dos componentes representan la mayoría de la variación, tanto en el análisis de las hembras como de los machos. En estos resultados está incluido el efecto de la proporción del tamaño total de los ejemplares en el resto de variables morfológicas. Puede notarse que las variables tienen valores iguales positivos con valores altos en el PC1, esto indica que este es un eje del tamaño en general. En el análisis de los machos no se incluyó esta variable pues no presentó una distribución normal para usarla en este análisis, lo cual no implica que no influya en la proporción de los valores de las demás variables medidas.

En el análisis de las hembras, en la figura 6 se muestra una comparación en el espacio entre el PC1 vs PC2. Observamos que los ejemplares de la especie *B. flavimembris* están agrupados en el área que denota mayor tamaño en los ejemplares en el espacio de la gráfica. Por lo tanto se diferencian de las demás principalmente por el tamaño de los ejemplares. *Bolitoglossa morio* y *B. sp. “Chicabal”* se muestran intercaladas en el espacio de PC1 por lo cual se observa que sus tamaños son similares. En la figura 6 no existe una separación clara entre especies en el PC2, el cual es un eje de la forma corporal, y nos muestra que no hay diferencias importantes entre las especies con estas variables.

Para los machos, en la figura 7 se observa en el PC1, el cual es un eje de tamaño general, que no existe una clara separación entre las especies. Estas aparecen intercaladas como nubes de puntos en el morfoespacio. Esto puede deberse a las pocas variables incluidas en este análisis.

En los resultados del siguiente análisis de Componentes Principales ya con los residuos, puede observarse que los resultados han variado. Puede notarse el efecto que aportaba a los análisis anteriores la variable del tamaño del cuerpo (LHC) en la respuesta de las demás variables, ahora las diferencias se deben más a la forma del cuerpo de los ejemplares. En el análisis de las hembras en la figura 8 puede observarse la separación en el PC1 de *B. flavimembris* en el morfoespacio, esto nos indica por sus valores mayores que poseen patas más largas, una distancia intermarial mayor y un primer dedo menos largo que las otras dos especies comparadas, y esta es una diferencia evidente. En el PC2 no existe una clara separación entre las tres especies comparadas. *B. flavimembris* y *B. morio* se ven como una nube de puntos intercalados sin mostrar alguna diferencia o separación en el morfoespacio. En el análisis de machos, si vemos la figura 9 no existe una separación entre las especies comparando PC1 vs. PC2, existe mucha sobreposición entre las especies en el morfoespacio.

Las gráficas de análisis discriminante hechas con las hembras y machos de las localidades en estudio, muestran una separación entre los grupos del complejo *B. morio*. Pueden observarse en el morfoespacio las agrupaciones de las especies como grupos definidos y asignados a las especies analizadas.

Si observamos la figura 10 hecha con todas las variables para las hembras, se identifican los tres grupos claramente definidos asignados a las especies analizadas. *Bolitoglossa flavimembris* se

separa de las otras especies *B. sp. "Chicabal"* y *B. morio* en el eje 1, y puede observarse que se distingue por tener unas patas delanteras más largas y patas traseras menos largas, una distancia mínima entre ojos mayor, un ancho de pata derecha menor, un largo dedo más largo también menor. *Bolitoglossa sp. "Chicabal"* se separa de *B. morio* en el eje 2 por tener un crecimiento axilar mayor, una longitud hocico cloaca menor, y con menor influencia un ancho cabeza mayor y una cola mayor.

Los resultados en el análisis de hembras con el efecto del tamaño en la figura 11 muestran la distancia entre grupos de las especies en estudio en el morfoespacio y soportan la separación por las variables determinando que el crecimiento axilar de las hembras de *Bolitoglossa sp. "Chicabal"* es más grande en relación con la longitud hocico cloaca, al compararlos con los ejemplares de *B. morio*. En el mismo caso *B. flavimembris* se separa de estas dos especies por tener la cabeza más ancha y una cola más larga.

Si comparamos el análisis en hembras en la figura 15 al quitar el efecto de la variable LHC (longitud desde el hocico hasta la cloaca) o sea el tamaño, el panorama no varía mucho pues la separación entre *B. sp. "Chicabal"* está dada por variables de tamaño como una distancia relativamente mayor entre la axila y la cadera, una pata delantera relativamente más ancha y un largo 1er dedo menor en comparación con *B. morio* en el eje 2. *Bolitoglossa flavimembris* es separado en el eje 1 por una distancia mínima entre ojos mayor, una cola relativamente mayor de las otras especies; luego en el eje 2 se separa de *B. sp. "Chicabal"* por tener una pata delantera relativamente más larga, un menor crecimiento axilar, menor ancho pata derecha, menor largo pata trasera, menor distancia orbitonarial, compartiendo estas características en este eje con *B. morio*.

Si observamos la figura 18 hecha con todas las variables para los machos, se identifican los tres grupos claramente definidos asignados a las especies analizadas. *B. flavimembris* se separa de las otras especies *B. sp. "Chicabal"* y *B. morio* en el eje 1 al igual que en las hembras, y puede observarse que posee un diámetro de ojo mayor, una distancia nariz gula mayor, una longitud hocico cloaca mayor, un largo 1 dedo menor, en menor influencia un largo dedo más largo menor, y un ancho pata derecha menor. *B. sp. "Chicabal"* se separa de *B. morio* en el eje 2 por tener un crecimiento axilar mayor, una longitud pata trasera mayor, un ancho pecho mayor, un ancho cabeza menor, y con menos influencia una distancia mínima entre ojos mayor.

Los resultados en el análisis de machos con el efecto del tamaño de la figura 19 muestran un panorama similar a las hembras, se observa la separación entre grupos de las localidades en estudio y soporta la separación por las variables determinando que el cuerpo de los machos de *Bolitoglossa sp. "Chicabal"* poseen unas patas delanteras más cortas y un ancho pata delantera derecha menor comparado con los ejemplares de *B. morio*. En el mismo caso *B. flavimembris* se separa de estas dos especies por tener un largo pata trasera mayor, una cola más larga y una pata delantera derecha menos ancha. Si comparamos el análisis en machos al quitar el efecto de la variable LHC o sea el tamaño en la figura 23, el panorama varía pues la separación entre *B. morio* está dada por variables como largo del dedo más largo mayor, una distancia mínima entre ojos menor, y en menor proporción una cola mayor en comparación con *B. flavimembris* y *B. sp. "Chicabal"*. El grupo *B. flavimembris* es separado de *B. sp. "Chicabal"* por tener un ancho de cabeza mayor, un ancho pecho mayor, un largo pata derecha mayor, un ancho pata derecha menor, y una distancia internarial menor. Estos resultados demuestran que con el tamaño incluido las diferencias se deben a variables que muestran el tamaño del animal, y al quitar el efecto del tamaño total las diferencias se manifiestan por variables que influyen en la forma del cuerpo de los machos.

En el análisis con todas las variables, algunas distinguen las especies para machos y para hembras, *Bolitoglossa morio* es separada por la variable largo dedo más largo para ambos sexos, *B. sp. "Chicabal"* es separada por la variable ancho pata derecha para ambos sexos, *B. flavimembris* es

separada por la variable largo primer dedo para ambos sexos. Los análisis hechos con efecto del tamaño *Bolitoglossa flavimembris* es separada por la variable largo pata derecha para ambos sexos, en las otras especies no existe ninguna otra variable que separe ambos sexos. Al eliminar el efecto del tamaño del cuerpo para todas las variables *B. morio* es separada por las variables largo dedo más largo y largo cola para ambos sexos; *B. flavimembris* es separada por el diámetro ojo y la distancia nariz gula para ambos sexos; *B. sp. "Chicabal"* es separada por las variables crecimiento axilar y ancho pata derecha para ambos sexos. Los análisis con las variables sin el efecto del tamaño *Bolitoglossa flavimembris* se separa por las variables ancho cabeza, largo pata derecha y ancho pecho para ambos sexos; *B. sp. "Chicabal"* es separada por las variables ancho pata derecha y largo pata trasera para ambos sexos; para *B. morio* no existe ninguna variable que separe ambos sexos.

La diferencia entre los análisis de componentes principales y los análisis discriminantes nos dice que para las hembras, *B. flavimembris* siempre está separada en las figuras de PCA, tanto por su tamaño como por la forma de su cuerpo. Para los machos, las especies no forman grupos obvios en el PCA; esto nos sugiere que existen más diferencias entre *B. flavimembris* y las otras especies en hembras que en machos; existe mayor mala clasificación de ejemplares de *B. flavimembris* para machos que para hembras.

Las variables dientes maxilares (DM) y dientes vomerinos (DV) en hembras incluyendo el tamaño muestran que para la variable dientes maxilares (DM) existe una diferencia significativa entre todas las especies. Para los dientes vomerinos (DV) el resultado de la prueba de Wilcoxon dice que existe una diferencia significativa entre las especies *B. sp. "Chicabal"* y *B. morio*, y entre *B. sp. "Chicabal"* y *B. flavimembris*. No existe diferencia entre las especies *B. morio* y *B. flavimembris*. Para los machos incluyendo el tamaño, con la variable dientes maxilares (DM) el resultado nos dice que si existe una diferencia significativa entre todas las especies. al compararlas entre pares de grupos. Para los dientes vomerinos (DV) el resultado de la prueba de ANOVA nos dice que existe una diferencia significativa entre las especies *B. sp. "Chicabal"* y *B. flavimembris*. No existe diferencia para esta variable entre las especies *B. morio* y *B. flavimembris* y entre *B. morio* y *B. sp. "Chicabal"*.

El análisis de hembras sin el efecto del tamaño nos dice que para la variable dientes maxilares (RDM) si existe diferencia significativa entre las especies *B. sp. "Chicabal"* y *B. flavimembris*, y entre *B. morio* y *B. flavimembris*. Esta variable no reporta diferencia significativa entre las especies *B. morio* y *B. sp. "Chicabal"*. Esto nos muestra para estas dos especies que una tiene más dientes maxilares por ser más grande pero al eliminar el efecto del tamaño sus diferencias desaparecen. Para la variable dientes vomerinos (RDV) sin efecto del tamaño en hembras, el análisis reporta una diferencia significativa entre las especies *B. morio* y *B. sp. "Chicabal"* para esta variable. Esto nos dice que para estas especies las diferencias no se deben al tamaño pues las diferencias existen con el efecto del tamaño y se mantienen al eliminarlo. No se reportan diferencias entre las especies *B. morio* y *B. flavimembris*, y entre *B. sp. "Chicabal"* y *B. flavimembris*. Para estas dos últimas especies una tiene más dientes por ser más grande, y al eliminar el tamaño las diferencias desaparecen. El análisis de machos sin el efecto del tamaño, con la variable dientes maxilares (RDM) nos muestra que si existe diferencia significativa entre las especies *B. sp. "Chicabal"* y *B. flavimembris*, y entre *B. flavimembris* y *B. morio*. Esta variable no reporta diferencia significativa entre las especies *B. morio* y *B. sp. "Chicabal"* y esto nos dice para estas dos que una posee mayor número de dientes por ser más grande, pero al eliminar el tamaño sus diferencias desaparecen. Para la variable dientes vomerinos (RDV) nos dice que no existen diferencias significativas entre las especies comparadas con esta variable. Por lo cual las diferencias encontradas entre especies con el efecto del tamaño en los machos se deben al tamaño pues acá desaparecen.

La evidencia en los datos morfológicos discutida en este estudio, principalmente los resultados de los análisis discriminantes, sustenta una separación entre las especies de *B. sp.* "Chicabal" y las demás localidades de *B. morio* y *B. flavimembris* consideradas en este estudio.

Los resultados de los análisis de función discriminante fueron consistentes con los análisis electroforéticos previos reportados por Larson en 1983. Según Larson, 1983, los individuos de la muestra del Volcán Chicabal, son morfológicamente diferentes entre *B. flavimembris* y *B. morio*, aunque no presentó datos morfológicos en su análisis. Esta muestra de Volcan Chicabal se considera como el taxón hermano de *B. morio*. Por lo tanto es considerada como una nueva especie no descrita. En las gráficas de estos análisis discriminantes que se desarrollaron por separado para hembras y para machos, se muestran las características morfológicas que soportan el agrupamiento de los grupos en estudio. Los análisis hechos para hembras y machos incluyendo el efecto del tamaño, y los análisis de hembras y machos sin el efecto del tamaño, separan el complejo *Bolitoglossa morio* en más de dos especies claramente definidas, *B. flavimembris*, *B. sp.* "Chicabal" y *B. morio*.

## 10. CONCLUSIONES

1. La metodología utilizada es adecuada y cumple el objetivo de una comparación a detalle de las poblaciones del complejo de especies *Bolitoglossa morio*.
2. La comparación resultante del análisis morfológico de las poblaciones del complejo *Bolitoglossa morio* apoya la separación del mismo en más de una especie.
3. Existen diferencias morfológicas entre las especies *B. morio* y *B. sp. "Chicabal"* marcada por las variables crecimiento axilar (CA), largo pata trasera (LPT), longitud hocico cloaca (LHC), y ancho cabeza (AC) para las hembras. Las diferencias en los machos de estas especies esta dictada por largo pata trasera (LPT), largo pata delantera (LPD) y largo de cola (CI).
4. Las hembras de *Bolitoglossa morio* y *B. sp. "Chicabal"* se diferencian por los dientes vomerinos únicamente, no existen diferencias para los machos de estas especies entre los dientes.
5. Basado en la información obtenida con los resultados de alozimas (Larson, 1983) y las diferencias morfológicas descritas en este estudio, se concluye que el complejo de salamandras *Bolitoglossa morio* se divide en tres especies claramente definidas. La primera de ellas es *Bolitoglossa flavimembris*, *Bolitoglossa morio* y una tercera especie nombrada tentativamente en este estudio como *Bolitoglossa sp. "Chicabal"*, la cual se considera como una nueva especie aun no descrita.

## 11. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda utilizar un mayor número de ejemplares en estudios de análisis morfológicos, para que cada muestra este representada proporcionalmente de manera equitativa dentro del estudio que se conduce.
2. Se debe tomar en cuenta que al conducir estudios morfológicos, el tamaño proporcional de los organismos (largo total) influye directamente en las proporciones y en la información que brindan las demás variables utilizadas con fines de comparación, por lo tanto debe evaluarse los métodos usados en las comparaciones.
3. Desarrollar mas estudios morfológicos con poblaciones de anfibios de amplia distribución en Guatemala, pues muchas de ellas pueden contener localidades que pueden representar una mala asignación a la especie referida dentro de su estatus taxonómico.

## 12. REFERENCIAS

1. AmphibiaWeb, (2011). Information on Amphibian Biology and Conservation. (Web application) University of California-Berkeley. Available: <http://amphibiaweb.org>
2. Campbell, J., Y Smith, E. (1998). New Species of *Nototriton* (Caudata: Plethodontidae) from Eastern Guatemala. *Sci. Pap. Nat. Hist. Mus. Univ. Kansas*, 6: 1-8
3. Campbell, J. A. (2003). Reptiles and Amphibians of Guatemala. University of Texas at Arlington. <http://www.uta.edu/biology/campbell/guatemala>
4. Campbell, J., Smith, E., Streicher, J., Acevedo, M. Y Brodie, E. (2010). New Salamander (Caudata: Plethodontidae) from Guatemala, with Miscellaneous Notes on known species. *Misc. Publ. Mus. Zoo.*, University of Michigan, No. 200
5. Elias, P. (1984). Salamanders of the Northwestern Highlands of Guatemala. *Contrib. Sci. Mus. Nat. Hist. Los Angeles Co.* 348:1-20
6. IUCN (2011). IUCN Red List of Threatened Species. <http://www.iucnredlist.org>
7. IUCN, Conservation International, and NatureServe. (2008). Global Amphibian Assessment. [www.globalamphibians.org](http://www.globalamphibians.org)
8. Larson, A. (1983). A Molecular Phylogenetic Perspective on the Origins of a Lowland Tropical Salamander Fauna I. Phylogenetic Inferences from Protein Comparisons. *Herpetologica*, 39(2): 85-99
9. Lynch, J. Y Wake, D. (1975). Systematics of the *Chiropterotriton bromeliacia* Group (Amphibia: Caudata), with a description of two new species from Guatemala. *Los Angeles Co. Mus., Contrib. Sci.* 265: 1-45
10. Lynch, J., Wake, D. Y Yang, S. (1983). Genic and Morphological Differentiation in Mexican *Pseudoeurycea* (Caudata: Plethodontidae) with a description of a New Species. *Copeia*, 4: 884-894
11. McCranie, James R. Y Castañeda, F. (2007). Guía de Campo de los Anfibios de Honduras. Bibliomanía, World Bank, RANA. Singapur. 304 pp.
12. McGarigal, K., Cushman, S. Y Stafford, S. (2000). *Multivariate Statistics for Wildlife and Ecology Research*. Springer Science Business Media, Inc. United States.
13. Papenfuss, T.J., Wake, D. Y Adler, C. (1983). Salamanders of the Genus *Bolitoglossa* from the Sierra Madre del Sur of Southern Mexico. *Journal of Herpetology*, Vol. 17 4: 295-307
14. Papenfuss, Theodore. Ph.D. 2006, 2007. Comunicación personal. Investigador. Museo de Zoología de Vertebrados, Universidad de California en Berkeley.
15. Parra-Olea, G. Y Wake, D. (2001). Extreme morphological and ecological homoplasy in tropical salamanders. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 98:7888-7891.
16. Parra-Olea, G., García-Paris, M. Y Wake, D. (2004). Molecular diversification of the genus *Bolitoglossa* and its evolutionary and biogeographic consequences for the invasion of American tropics. *Biological Journal of the Linnean Society* 81:325-346.
17. Parra-Olea, Gabriela. Ph. D. 2006. Comunicación Personal. Investigadora. Instituto de Biología, UNAM.
18. Rovito, S., Vásquez-Almazán, C. Y Papenfuss, T. (2010). A New Species of *Bolitoglossa* (Caudata: Plethodontidae) from the Sierra de las Minas, Guatemala. *Journal of Herpetology*, Vol. 44, No. 4: 516-525.
19. Rovito, Sean. Lic. 2006, 2007. Comunicación personal. Museo de Zoología de Vertebrados, Universidad de California en Berkeley.
20. Rovito, S., Parra-Olea, G., Vásquez-Almazán, C., Papenfuss, T. Y Wake, D. (2009). Dramatic declines in neotropical salamander populations are an important part of the global amphibian crisis. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 106: 3231-3236
21. SAS Institute Inc. (1983). JMP. *The Statistical Discovery Software*. [www.jmp.com](http://www.jmp.com)

22. Stuart, L. C. (1952). Some New Amphibians from Guatemala. *Proceedings of the Biological Society of Washington* Vol. 65, pp. 1-12 (4)
23. Townsend, J., Butler, J., Wilson, L. Y Austin, J. (2010). A distinctive new species of moss salamander (Caudata: Plethodontidae: *Nototriton*) from an imperiled Honduran endemism hotspot. *Zootaxa* 2434: 1-16
24. Vásquez-Almazán, C., Rovito, S., Good, D. Y Wake, D. (2009). A New species of *Cryptotriton* (Caudata: Plethodontidae) from Eastern Guatemala. *Copeia*, 2: 313-319
25. Wake, D. Y Campbell, J. (2000). A new species of diminutive salamander (Amphibia: Caudata: Plethodontidae: *Nototriton*) from the Montañas del Mico of Guatemala. *Proc. Biol. Soc. Washington*, 113: 815-819
26. Wake, D. Y Lynch, J. (1982). Evolutionary Relationships among Central American salamanders of the *Bolitoglossa franklini* group, with a description of a new species from Guatemala. *Herpetologica*, 38(2): 257-272
27. Wake, D. B. Y Lynch, J. (1976). The distribution, ecology, and evolutionary history of plethodontid salamander in tropical America. *Sci. Bull. Nat. Hist. Mus. Los Angeles Co.* 25: 1-65.
28. Wake, D.B. Y Elías, P. (1983). New Genera and New Species of Central American Salamanders, with a Review of the Tropical Genera (Amphibia, Caudata, Plethodontidae) *Contrib.Sci.Nat. Hist. Mus. Los Angeles Co.* 345:1-19
29. Wake, D.E. Y Brame Jr.A. (1969). Systematics and Evolution of Neotropical Salamanders of the *Bolitoglossa helmrichi* Group. *Contributions in Science*, Los Angeles County Museum Num. 175
30. Wake, D.E., Papenfuss, T. Y Lynch, J. (1992). Distribution of Salamanders along Elevational Transects in Mexico and Guatemala. *Tulane Studies in Zoology and Botany. Sup. Pub. No. 1.*
31. Wake, David. Ph.D. (2006, 2007). Comunicación Personal. Profesor y Curador. Museo de Zoología de Vertebrados. Universidad de California en Berkeley.

### 13. ANEXOS

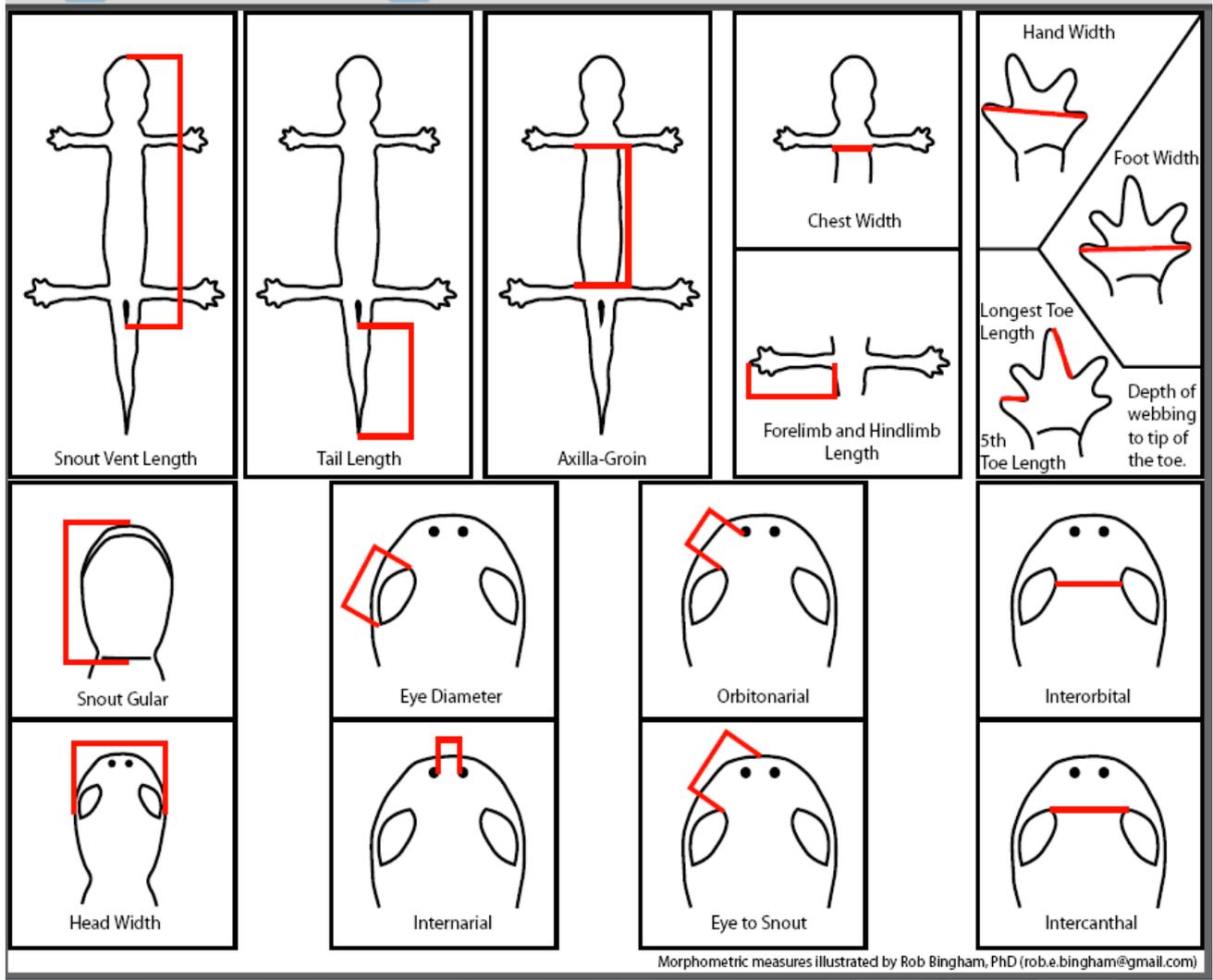
#### 13.1

Formato de anotación de medidas morfológicas de las localidades en estudio

Especie/ Poblaciones	Sexo	Longitud hocico- cloaca	Cola	Crecimiento Axilar	Ancho de la cabeza	Largo pata delantera	Largo pata trasera	Ancho pata derecha	Largo dedo mas largo	Largo 1er dedo	Distancia mínima entre ojos	Orbitarrial	Internarrial	Diámetro ojo	Distancia Nariz- Gula	Ancho Pecho	Dientes Maxilares	Dientes Mandibulares
<b><i>Bolitoglossa morio</i></b>																		
Quiche	♂																	
Quiche	♀																	
Jalapa	♂																	
Jalapa	♀																	
Huehuetenango	♂																	
Huehuetenango	♀																	
Chimaltenango	♂																	
Chimaltenango	♀																	
Escuintla	♂																	
Escuintla	♀																	
San Marcos	♂																	
San Marcos	♀																	
Quetzaltenango	♂																	
Quetzaltenango	♀																	
<b><i>Bolitoglossa flavimembris</i></b>																		
San Marcos	♂																	
San Marcos	♀																	

13.2

Muestra la forma correcta de toma de medidas morfológicas en las localidades en estudio.



## 13.3

Tabla de datos morfológicos en las localidades de hembras de las especies del grupo *B. morio*.

	Numero MVZ	Departamento	Especie	Sexo	Longitud hocico-cloaca	Cola	Crecimiento axilar	Ancho cabeza	largo pata delantera	largo pata trasera	ancho pata derecha	largo dedo mas largo	largo primer dedo	distancia minima entre ojos	Orbitarrial	Internarrial	diametro ojo	nariz-gulia	ancho pecho	dientes maxilares	dientes vomerinos
1	132268	Chimaltenango	morio	♀	6.15	4.84	3.47	0.91	1.57	1.65	0.69	0.19	0.1	0.32	0.22	0.31	0.21	1.25	0.93	58	26
2	109277	Chimaltenango	morio	♀	5.78	4.12	3.31	0.89	1.54	1.66	0.57	0.14	0.06	0.21	0.21	0.28	0.25	1.33	0.75	60	21
3	132262	Chimaltenango	morio	♀	5.82	4.64	3.12	0.81	1.47	1.61	0.63	0.17	0.07	0.28	0.21	0.27	0.26	1.21	0.85	55	24
4	131675	Chimaltenango	morio	♀	5.19	4.58	2.93	0.83	1.39	1.47	0.57	0.16	0.06	0.26	0.23	0.27	0.26	1.35	0.77	48	16
5	131687	Chimaltenango	morio	♀	5.2	4.32	3.04	0.81	1.37	1.52	0.6	0.15	0.07	0.28	0.22	0.26	0.19	1.28	0.78	64	45
6	131676	Chimaltenango	morio	♀	4.38	3.46	2.54	0.73	1.18	1.31	0.52	0.12	0.05	0.21	0.18	0.23	0.21	1.07	0.66	39	33
7	132267	Chimaltenango	morio	♀	3.98	3.25	2	0.69	1.16	1.11	0.51	0.11	0.06	0.21	0.18	0.19	0.21	0.98	0.68	43	35
8	109278	Chimaltenango	morio	♀	4.1	--	2.23	0.71	1.16	1.21	0.47	0.13	0.05	0.2	0.19	0.23	0.21	1.02	0.6	40	34
9	160859	El Quiche	morio	♀	5.07	3.9	2.83	0.84	1.39	1.49	0.5	0.16	0.07	0.27	0.21	0.24	0.22	1.21	0.78	56	26
10	160850	El Quiche	morio	♀	5.18	4.28	2.9	0.86	1.28	1.45	0.58	0.14	0.08	0.22	0.2	0.21	0.21	1.33	0.79	59	21
11	160845	El Quiche	morio	♀	4.39	3.44	2.52	0.74	1.17	1.37	0.42	0.12	0.04	0.23	0.23	0.22	0.18	1.15	0.61	43	25
12	160840	El Quiche	morio	♀	4.93	4.05	2.83	0.85	1.31	1.51	0.49	0.14	0.05	0.24	0.2	0.26	0.19	1.21	0.69	52	20
13	160841	El Quiche	morio	♀	4.86	3.78	2.61	0.79	1.19	1.42	0.52	0.13	0.05	0.22	0.22	0.24	0.21	1.19	0.64	56	19
14	160856	El Quiche	morio	♀	5.03	3.62	2.81	0.84	1.37	1.48	0.57	0.15	0.05	0.25	0.22	0.27	0.2	1.27	0.71	52	27
15	160844	El Quiche	morio	♀	4.05	3.09	2.14	0.72	1.15	1.2	0.42	0.13	0.04	0.18	0.14	0.23	0.2	1.15	0.55	34	21
16	160842	El Quiche	morio	♀	4.2	3.23	2.2	0.74	1.12	1.26	0.49	0.14	0.05	0.2	0.19	0.23	0.22	1.13	0.66	44	13
17	160858	El Quiche	morio	♀	3.52	2.45	1.86	0.66	0.98	1.09	0.37	0.09	0.04	0.17	0.15	0.19	0.18	0.96	0.54	31	19
18	160857	El Quiche	morio	♀	3.73	--	2.03	0.7	1.03	1.03	0.45	0.12	0.04	0.21	0.18	0.23	0.19	1	0.55	37	23
19	160843	El Quiche	morio	♀	4.44	3.3	2.5	0.71	1.15	1.35	0.4	0.13	0.04	0.23	0.2	0.24	0.19	1.18	0.62	45	18
20	160863	Jalapa	morio	♀	5.45	4.67	3.21	0.87	1.31	1.46	0.51	0.14	0.04	0.24	0.2	0.26	0.22	1.35	0.75	53	24
21	183665	Jalapa	morio	♀	5.04	4.34	2.87	0.8	1.3	1.42	0.53	0.14	0.05	0.22	0.21	0.26	0.22	1.1	0.7	52	25
22	143666	Jalapa	morio	♀	5.44	4.37	3.06	0.86	1.35	1.54	0.57	0.16	0.06	0.21	0.19	0.28	0.26	1.23	0.76	61	24
23	143667	Jalapa	morio	♀	4.04	3.47	2.25	0.66	1.15	1.23	0.45	0.11	0.04	0.19	0.18	0.22	0.21	0.94	0.65	42	19
24	130289	Jalapa	morio	♀	4.91	--	2.81	0.82	1.38	1.5	0.56	0.18	0.08	0.23	0.21	0.27	0.22	1.27	0.73	56	35
25	101099	San Marcos	morio	♀	6.44	--	3.89	0.93	1.66	1.92	0.75	0.19	0.1	0.3	0.28	0.32	0.26	1.43	0.84	47	30
26	143677	San Marcos	morio	♀	6.15	5.2	3.44	0.87	1.56	1.62	0.6	0.16	0.08	0.28	0.23	0.34	0.27	--	--	51	45
27	132254	San Marcos	morio	♀	6.46	5.56	3.87	0.9	1.61	1.75	0.72	0.22	0.1	0.22	0.27	0.3	0.22	1.42	0.85	44	32
28	107628	San Marcos	morio	♀	6.32	5.27	3.63	0.94	1.67	1.78	0.71	0.17	0.11	0.26	0.29	0.31	0.23	1.46	0.88	48	30

29	132252	San Marcos	morio	♀	6.23	5.32	3.53	0.94	1.71	1.75	0.75	0.19	0.11	0.28	0.28	0.33	0.24	1.45	0.89	51	37
30	107626	San Marcos	morio	♀	4.34	3.39	2.46	0.72	1.22	1.27	0.47	0.12	0.05	0.2	0.2	0.22	0.21	1.05	0.57	29	16
31	143675	San Marcos	morio	♀	5.19	4.03	2.78	0.76	1.35	1.58	0.59	0.19	0.08	0.21	0.22	0.26	0.21	--	--	48	24
32	107624	San Marcos	morio	♀	4.65	3.63	2.63	0.69	--	1.43	--	--	--	0.23	0.2	0.22	0.2	1.16	0.76	25	22
33	101085	San Marcos	morio	♀	4.27	3.55	2.31	0.7	1.23	1.36	0.45	0.12	0.06	0.17	0.21	0.21	0.19	1.13	0.59	45	39
34	132256	San Marcos	morio	♀	4.75	3.68	2.48	0.8	1.39	1.45	0.57	0.17	0.06	0.22	0.23	0.28	0.19	1.22	0.65	38	32
35	101078	San Marcos	morio	♀	4.19	3.34	2.25	0.69	1.21	1.31	0.49	0.15	0.08	0.2	0.21	0.21	0.2	1.07	0.55	31	17
36	149342	Huehuetenango	morio	♀	6.03	4.57	3.39	0.84	1.36	1.6	0.66	0.13	0.05	0.25	0.21	0.31	0.18	1.57	0.96	42	17
37	149338	Huehuetenango	morio	♀	6.77	5.02	3.86	1.02	1.65	1.76	0.74	0.2	0.07	0.32	0.27	0.34	0.23	1.57	0.93	63	22
38	101034	Escuintla	morio	♀	4.88	4.25	2.8	0.81	1.46	1.56	0.57	0.14	0.05	0.2	0.21	0.27	0.21	1.2	0.75	55	36
39	101071	Escuintla	morio	♀	5.1	4.53	2.9	0.79	1.46	1.62	0.57	0.14	0.09	0.25	0.23	0.28	0.2	1.23	0.63	55	33
40	101033	Escuintla	morio	♀	4.48	4.14	2.5	0.8	1.42	1.46	0.53	0.14	0.07	0.2	0.21	0.26	0.25	1.13	0.68	45	18
1	160781	Quetzaltenango	"Chicabal"	♀	5.11	4.05	3.2	0.84	1.31	1.41	0.49	0.16	0.04	0.25	0.19	0.27	0.2	1.2	0.74	45	26
2	160802	Quetzaltenango	"Chicabal"	♀	5.05	4.46	2.9	0.82	1.45	1.61	0.52	0.12	0.05	0.22	0.21	0.26	0.18	1.19	0.78	49	22
3	160804	Quetzaltenango	"Chicabal"	♀	4.84	3.87	2.75	0.85	1.32	1.44	0.52	0.1	0.04	0.21	0.21	0.26	0.2	1.1	0.73	39	17
4	100814	Quetzaltenango	"Chicabal"	♀	5.06	4.13	2.74	0.81	1.4	1.56	0.55	0.12	0.05	0.25	0.21	0.27	0.22	1.28	0.7	54	22
5	160805	Quetzaltenango	"Chicabal"	♀	4.37	3.79	2.44	0.74	1.24	1.42	0.47	0.11	0.05	0.22	0.19	0.23	0.2	1.09	0.66	29	18
6	160803	Quetzaltenango	"Chicabal"	♀	5.19	4.15	2.96	0.85	1.36	1.53	0.6	0.13	0.05	0.21	0.22	0.26	0.21	1.32	0.7	50	27
7	160801	Quetzaltenango	"Chicabal"	♀	4.89	3.91	2.72	0.82	1.32	1.43	0.54	0.12	0.05	0.27	0.22	0.26	0.21	1.23	0.74	47	18
8	160784	Quetzaltenango	"Chicabal"	♀	4.54	3.49	2.6	0.78	1.16	1.29	0.45	0.12	0.05	0.2	0.18	0.21	0.18	1.16	0.66	46	21
9	160788	Quetzaltenango	"Chicabal"	♀	4.03	3.06	2.39	0.71	1.1	1.22	0.4	0.07	0.03	0.17	0.18	0.22	0.18	1.02	0.59	31	14
10	160790	Quetzaltenango	"Chicabal"	♀	3.63	2.68	2.03	0.63	1	1.07	0.4	0.08	0.03	0.16	0.16	0.19	0.17	0.94	0.54	24	12
11	109337	Quetzaltenango	"Chicabal"	♀	3.95	3.09	2.25	0.7	1.08	1.15	0.45	0.12	0.05	0.2	0.18	0.21	0.2	1	0.56	33	16
12	109336	Quetzaltenango	"Chicabal"	♀	4.05	3.13	2.33	0.72	1.07	1.21	0.44	0.1	0.04	0.21	0.2	0.21	0.18	1.02	0.59	32	18
13	160807	Quetzaltenango	"Chicabal"	♀	4.03	3.32	2.21	0.71	1.08	1.24	0.45	0.1	0.05	0.2	0.18	0.21	0.17	1.02	0.56	33	22
14	143698	Quetzaltenango	"Chicabal"	♀	4.42	4.09	2.54	0.78	1.3	1.37	0.59	0.09	0.03	0.24	0.23	0.25	0.21	1.14	0.73	44	26
15	143702	Quetzaltenango	"Chicabal"	♀	3.58	2.73	1.96	0.65	0.99	1.14	0.41	0.09	0.05	0.16	0.18	0.2	0.18	0.99	0.52	41	21
16	143700	Quetzaltenango	"Chicabal"	♀	4.38	4.11	2.52	0.7	1.32	1.32	0.47	0.14	0.05	0.24	0.21	0.2	0.22	1.05	0.57	34	18
1	100737	Quetzaltenango	flavimembris	♀	5.17	4.4	2.87	0.85	1.43	1.6	0.54	0.11	0.05	0.3	0.19	0.26	0.25	1.3	0.77	54	25
2	100739	Quetzaltenango	flavimembris	♀	5.34	4.44	3.05	0.88	1.55	1.65	0.53	0.11	0.04	0.29	0.2	0.31	0.24	1.34	0.8	58	16
3	100726	Quetzaltenango	flavimembris	♀	6.21	5.59	3.64	0.93	1.72	1.89	0.61	0.12	0.06	0.34	0.23	0.32	0.29	1.45	0.83	67	26
4	100703	Quetzaltenango	flavimembris	♀	5.39	--	3.11	0.87	1.47	1.61	0.53	0.1	0.03	0.27	0.22	0.31	0.27	1.3	0.76	58	26
5	100808	Quetzaltenango	flavimembris	♀	5.69	5.1	3.23	0.89	1.48	1.6	0.54	0.11	0.03	0.3	0.24	0.29	0.27	1.39	0.87	63	20
6	100612	Quetzaltenango	flavimembris	♀	4.49	3.74	2.42	0.77	1.3	1.38	0.45	0.08	0.03	0.27	0.19	0.25	0.24	1.15	0.68	47	19
7	100755	Quetzaltenango	flavimembris	♀	5.69	5.09	3.16	0.97	1.63	1.72	0.55	0.1	0.05	0.29	0.22	0.33	0.29	1.36	0.98	63	23
8	100614	Quetzaltenango	flavimembris	♀	5.12	4.13	2.75	0.81	1.28	1.39	0.43	0.09	0.03	0.28	0.2	0.26	0.22	1.3	0.78	62	23
9	100736	Quetzaltenango	flavimembris	♀	4.54	3.85	2.63	0.75	1.32	1.48	0.43	0.08	0.03	0.26	0.19	0.26	0.22	1.1	0.65	48	22
10	100764	Quetzaltenango	flavimembris	♀	4.82	4.25	2.62	0.83	1.54	1.59	0.51	0.08	0.04	0.27	0.2	0.28	0.25	1.25	0.75	63	28

11	100778	Quetzaltenango	flavimembris	♀	4.89	3.9	2.69	0.8	1.41	1.44	0.53	0.1	0.05	0.23	0.21	0.26	0.25	1.27	0.72	60	27
12	113027	Quetzaltenango	flavimembris	♀	6.06	5.11	3.49	0.97	1.72	1.84	0.65	0.12	0.06	0.26	0.22	0.31	0.29	1.47	0.88	68	23
13	100798	Quetzaltenango	flavimembris	♀	4.6	3.8	2.55	0.8	1.31	1.35	0.48	0.09	0.04	0.25	0.19	0.25	0.2	1.18	0.69	54	24
14	100719	Quetzaltenango	flavimembris	♀	5.44	4.36	3.13	0.88	1.55	1.7	0.55	0.11	0.05	0.29	0.23	0.3	0.22	1.36	0.79	57	21
15	100792	Quetzaltenango	flavimembris	♀	5.56	4.52	3.18	0.92	1.45	1.56	0.58	0.12	0.06	0.25	0.21	0.3	0.28	1.36	0.9	57	20
16	100696	Quetzaltenango	flavimembris	♀	5.76	4.8	3.16	0.93	1.55	1.65	0.58	0.1	0.05	0.25	0.23	0.31	0.26	1.39	0.86	66	17
17	100680	Quetzaltenango	flavimembris	♀	5.9	5.24	3.43	0.97	1.63	1.79	0.58	0.12	0.03	0.32	0.22	0.31	0.28	1.37	0.85	65	26
18	100727	Quetzaltenango	flavimembris	♀	4.62	4	2.59	0.82	1.37	1.4	0.56	0.08	0.04	0.25	0.2	0.26	0.21	1.24	0.69	55	22
19	100706	Quetzaltenango	flavimembris	♀	5.63	4.66	3.21	0.94	1.52	1.64	0.59	0.1	0.02	0.3	0.2	0.32	0.25	1.38	0.77	69	26
20	100698	Quetzaltenango	flavimembris	♀	5.55	4.79	3.07	0.92	1.62	1.69	0.65	0.12	0.06	0.32	0.23	0.32	0.28	1.42	0.93	63	23

13.4

Tabla de datos morfológicos en las localidades de machos de las especies del grupo *B. morio*.

Numero MVZ	Departamento	Especie	Sexo	Longitud hocico-cloaca	Cola	Crecimiento axilar	Ancho cabeza	largo pata delantera	largo pata trasera	ancho pata derecha	largo dedo mas largo	largo primer dedo	distancia minima entre ojos	Orbitonarial	Internarial	diámetro ojo	nariz-gula	ancho pecho	dientes maxilares	dientes vomerinos	
1	160408	El Quiche	morio	♂	3.55	2.66	1.86	0.65	1.08	0.92	0.47	0.11	0.04	0.19	0.18	0.24	0.2	1.04	0.56	31	32
2	160407	El Quiche	morio	♂	3.53	2.43	1.81	0.6	0.98	1.03	0.43	0.15	0.05	0.21	0.19	0.22	0.19	0.96	0.46	33	17
3	160847	El Quiche	morio	♂	3.7	3.19	1.86	0.68	1.16	1.19	0.42	0.1	0.04	0.21	0.2	0.22	0.19	1.1	0.46	36	16
4	160849	El Quiche	morio	♂	3.74	3.16	1.96	0.66	1.06	1.16	0.37	0.12	0.04	0.22	0.21	0.21	0.19	1.07	0.49	36	18
5	160848	El Quiche	morio	♂	3.67	3.14	1.95	0.66	1.05	1.13	0.39	0.13	0.04	0.19	0.2	0.21	0.2	1.01	0.52	37	15
6	143671	Jalapa	morio	♂	4.18	3.19	2.26	0.76	1.21	1.31	0.56	0.15	0.07	0.22	0.2	0.26	0.23	0.95	0.67	38	15
7	143669	Jalapa	morio	♂	4.21	3.59	2.14	0.69	1.22	1.36	0.46	0.13	0.07	0.15	0.23	0.21	0.21	1.12	0.6	31	10
8	143670	Jalapa	morio	♂	4.21	3.37	2.23	0.68	1.15	1.2	0.49	0.15	0.05	0.19	0.18	0.23	0.28	1.03	0.62	36	15
9	130291	Jalapa	morio	♂	3.76	3.1	2.01	0.64	1.1	1.11	0.47	0.14	0.05	0.24	0.22	0.23	0.18	1.01	0.49	33	19
10	143674	Jalapa	morio	♂	3.69	--	2.1	0.69	0.99	1.06	0.41	0.13	0.05	0.21	0.19	0.23	0.21	0.99	0.68	36	13
11	143672	Jalapa	morio	♂	3.9	3.21	2.05	0.68	1.09	1.21	0.45	0.16	0.06	0.21	0.2	0.26	0.22	0.96	0.53	40	17
12	143668	Jalapa	morio	♂	3.81	3.75	2	0.65	1.06	1.12	0.47	0.11	0.05	0.19	0.18	0.26	0.22	0.94	0.63	46	21
13	130290	Jalapa	morio	♂	3.7	--	2.08	0.68	1.04	1.14	0.47	0.11	0.05	0.21	0.21	0.24	0.19	1.02	0.53	42	19
14	130292	Jalapa	morio	♂	3.78	--	2.04	0.7	1.11	1.16	0.46	0.14	0.07	0.24	0.21	0.2	0.27	1.1	0.54	43	18
15	143673	Jalapa	morio	♂	3.89	3.41	1.94	0.65	1.1	1.14	0.46	0.13	0.08	0.21	0.22	0.19	0.21	1.06	0.54	39	14
16	131685	Chimaltenango	morio	♂	4.05	4.22	2.24	0.67	1.2	1.26	0.47	0.11	0.05	0.18	0.21	0.24	0.2	1.05	0.59	36	18
17	131684	Chimaltenango	morio	♂	3.93	4.12	2.17	0.7	1.23	1.29	0.49	0.12	0.05	0.21	0.2	0.24	0.19	1.04	0.57	35	23
18	131673	Chimaltenango	morio	♂	4.05	3.51	2.31	0.64	1.28	1.41	0.51	0.14	0.05	0.21	0.19	0.23	0.2	1.07	0.61	30	21
19	132261	Chimaltenango	morio	♂	4.69	3.97	2.47	0.79	1.3	1.38	0.56	0.12	0.06	0.2	0.19	0.26	0.18	--	--	34	18
20	132263	Chimaltenango	morio	♂	4.48	3.97	2.35	0.76	1.32	1.37	0.51	0.12	0.05	0.21	0.21	0.27	0.21	1.01	--	49	13
21	131688	Chimaltenango	morio	♂	4.05	3.97	2.22	0.67	1.26	1.41	0.52	0.13	0.08	0.2	0.22	0.24	0.22	1.08	0.56	40	21
22	101130	Chimaltenango	morio	♂	3.97	3.81	2.02	0.66	1.23	1.35	0.47	0.12	0.04	0.19	0.2	0.24	0.21	1.09	0.52	38	13
23	97994	Chimaltenango	morio	♂	4.14	--	2.3	0.66	0.99	1.21	--	0.12	0.06	0.18	0.19	0.23	0.19	0.95	0.6	32	17
24	131682	Chimaltenango	morio	♂	3.81	3.24	2.07	0.66	1.19	1.31	0.45	0.11	0.06	0.21	0.19	0.25	0.21	1.03	0.54	38	24
25	132265	Chimaltenango	morio	♂	4.18	3.72	1.94	0.73	1.32	1.44	0.58	0.13	0.06	0.23	0.22	0.25	0.24	1.01	0.62	45	19
26	131686	Chimaltenango	morio	♂	4.45	--	2.47	0.69	1.28	1.38	0.5	0.15	0.09	0.2	0.17	0.26	0.24	1.16	0.62	34	21
27	131683	Chimaltenango	morio	♂	4.05	--	2.18	0.66	1.36	1.52	0.51	0.14	0.07	0.21	0.21	0.25	0.2	1.1	0.61	40	15
28	101126	Chimaltenango	morio	♂	4.15	3.69	2.31	0.67	1.37	1.4	0.44	0.09	0.05	0.21	0.19	0.27	0.25	1.12	0.47	39	22

29	131681	Chimaltenango	morio	3.68	3.18	1.81	0.66	1.12	1.2	0.42	0.09	0.05	0.22	0.18	0.22	0.2	0.97	0.56	34	21
30	132266	Chimaltenango	morio	4.04	4.03	2.19	0.63	1.19	1.29	0.53	0.12	0.05	0.22	0.19	0.21	0.21	1.01	0.57	31	16
31	132264	Chimaltenango	morio	4.19	3.89	2	0.68	1.31	1.36	0.52	0.12	0.05	0.21	0.19	0.26	0.24	0.95	0.61	39	21
32	97992	Chimaltenango	morio	4.02	4.15	2.13	0.62	1.3	1.28	--	0.11	0.05	0.19	0.18	0.21	0.2	0.98	0.54	22	12
33	113092	San Marcos	morio	4.14	3.41	2.26	0.73	1.32	1.4	0.49	0.13	0.05	0.22	0.24	0.26	0.21	1.07	0.55	33	23
34	107621	San Marcos	morio	3.7	3.18	1.96	0.6	1.15	1.15	0.45	0.12	0.04	0.21	0.19	0.28	0.18	1	0.54	27	22
35	199202	San Marcos	morio	4.12	3.78	2.28	0.69	1.35	1.42	0.49	0.13	0.06	0.21	0.22	0.29	0.23	1	0.54	35	21
36	132250	San Marcos	morio	3.93	3.04	2.17	0.68	1.29	1.31	0.41	0.11	0.06	0.2	0.2	0.21	0.2	1.03	0.53	34	18
37	115015	San Marcos	morio	3.56	2.82	1.99	0.58	0.88	1.01	0.48	0.11	0.05	0.2	0.18	0.2	0.18	0.9	0.5	26	17
38	199201	San Marcos	morio	4.44	4.51	2.49	0.74	1.39	1.5	0.55	0.13	0.05	0.23	0.24	0.26	0.22	1.13	0.52	39	18
39	132251	San Marcos	morio	4.1	4.05	2.25	0.69	1.31	1.42	0.52	0.13	0.06	0.22	0.21	0.26	0.21	1.1	0.56	34	19
40	101101	San Marcos	morio	3.83	3.04	2.06	0.66	1.19	1.26	0.5	0.12	0.04	0.22	0.21	0.22	0.2	1.01	0.65	33	19
41	101086	San Marcos	morio	4.21	4.14	2.21	0.73	1.47	1.47	0.53	0.13	0.06	0.21	0.24	0.26	0.21	1.11	0.53	40	21
42	132253	San Marcos	morio	3.87	3.3	2.12	0.63	1.22	1.27	0.5	0.12	0.04	0.18	0.19	0.21	0.18	1.02	0.47	30	17
43	101077	San Marcos	morio	4.09	4	2.31	0.71	1.36	1.36	0.48	0.16	0.06	0.22	0.22	0.27	0.23	1.14	0.5	36	20
44	131677	San Marcos	morio	4.62	4.68	2.56	0.79	1.33	1.56	0.54	0.19	0.05	0.21	0.24	0.29	0.21	1.18	0.63	40	26
45	101093	San Marcos	morio	3.85	3.65	2.13	0.69	1.01	1.11	0.49	0.12	0.06	0.2	0.22	0.23	0.21	0.99	0.61	27	28
46	132255	San Marcos	morio	3.91	3.52	2.01	0.66	1.22	1.26	0.49	0.12	0.05	0.2	0.21	0.25	0.19	1.03	0.52	33	25
47	113089	San Marcos	morio	3.96	3.29	2.16	0.66	1.17	1.23	0.43	0.09	0.05	0.19	0.23	0.25	0.16	1.04	0.51	37	17
48	101087	San Marcos	morio	3.88	3.32	2.07	0.64	1.15	1.24	0.43	0.11	0.04	0.18	0.21	0.24	0.19	1	0.49	37	19
49	113093	San Marcos	morio	3.67	3.28	1.97	0.66	1.12	1.19	0.48	0.12	0.06	0.19	0.21	0.23	0.21	0.97	0.51	37	28
50	113084	San Marcos	morio	3.86	3.45	2.01	0.66	1.2	1.37	0.46	0.12	0.06	0.2	0.19	0.26	0.23	1.06	0.52	35	18
51	149343	Huehuetenango	morio	3.78	--	1.95	0.63	1.1	1.12	0.45	0.12	0.06	0.2	0.21	0.22	0.19	1.04	0.62	27	15
52	149337	Huehuetenango	morio	4.06	3.72	2.17	0.67	1.2	1.23	0.47	0.12	0.05	0.21	0.25	0.23	0.15	1.11	0.5	41	17
53	149341	Huehuetenango	morio	4.13	3.75	2.27	0.66	1.14	1.34	0.44	0.14	0.03	0.2	0.22	0.23	0.18	1.04	0.48	41	13
54	149336	Huehuetenango	morio	3.85	3.38	2.13	0.67	1.19	1.2	0.48	0.12	0.02	0.21	0.21	0.24	0.15	1.04	0.49	37	11
55	149339	Huehuetenango	morio	3.33	2.72	1.72	0.61	1.04	1.04	0.37	0.12	0.04	0.2	0.21	0.19	0.14	0.96	0.5	31	10
56	149335	Huehuetenango	morio	3.48	2.99	1.84	0.64	1.04	1.11	0.42	0.11	0.03	0.21	0.21	0.22	0.15	0.95	0.45	35	8
57	149340	Huehuetenango	morio	3.48	3.1	1.83	0.62	1.11	1.13	0.43	0.12	0.02	0.18	0.17	0.21	0.17	0.96	0.49	35	14
58	101072	Escuintla	morio	4.35	4.09	2.43	0.7	1.35	1.41	0.56	0.12	0.05	0.26	0.21	0.28	0.23	1.1	0.51	37	26
59	101106	Escuintla	morio	4.49	4.3	2.4	0.77	1.57	1.63	0.63	0.13	0.09	0.24	0.26	0.3	0.26	1.22	0.65	33	20
60	101064	Escuintla	morio	3.75	3.42	1.98	0.7	1.35	1.45	0.5	0.13	0.06	0.21	0.2	0.25	0.22	1.01	0.55	36	20
61	101069	Escuintla	morio	4.19	3.9	2.33	0.68	1.3	1.3	0.48	0.11	0.06	0.2	0.21	0.25	0.23	1.06	0.57	42	16
62	101062	Escuintla	morio	3.75	3.18	2	0.64	1.12	1.18	0.41	0.11	0.06	0.17	0.18	0.21	0.18	0.95	0.52	32	20
63	101105	Escuintla	morio	3.8	3.34	1.91	0.64	1.19	1.19	0.52	0.14	0.07	0.15	0.18	0.26	0.21	1.04	0.52	38	20
64	101073	Escuintla	morio	3.7	3.32	1.96	0.68	1.23	1.38	0.47	0.11	0.06	0.2	0.21	0.22	0.18	1.01	0.51	35	17
65	101117	Escuintla	morio	3.68	2.35	1.94	0.62	1.07	1.16	0.46	0.12	0.06	0.19	0.2	0.21	0.17	0.94	0.54	34	20
66	101112	Escuintla	morio	4.29	3.9	2.22	0.73	1.28	1.41	0.55	0.16	0.08	0.21	0.23	0.26	0.23	1.22	0.59	39	18

67	101110	Escuintla	morio	3.59	3.33	1.98	0.64	1.11	1.2	0.42	0.1	0.04	0.18	0.17	0.23	0.18	0.99	0.53	39	29
68	101070	Escuintla	morio	3.7	3.6	2.02	0.6	1.19	1.32	0.45	0.11	0.05	0.19	0.2	0.21	0.2	0.99	0.45	30	23
69	101119	Escuintla	morio	3.69	3.71	2	0.66	1.23	1.32	0.47	0.13	0.07	0.18	0.19	0.22	0.22	1.02	0.45	28	8
70	101109	Escuintla	morio	4.15	4.21	2.2	0.72	1.36	1.48	0.54	0.11	0.06	0.17	0.22	0.26	0.21	1.12	0.62	42	15
71	101068	Escuintla	morio	3.78	--	2.03	0.69	1.26	1.35	0.51	0.13	0.05	0.2	0.21	0.24	0.23	1.01	0.55	33	26
72	101074	Escuintla	morio	3.76	3.44	2.04	0.64	1.12	1.22	0.42	0.12	0.05	0.21	0.19	0.23	0.2	1	0.52	26	17
73	101113	Escuintla	morio	3.5	2.65	1.92	0.61	1.09	1.19	0.42	0.1	0.05	0.16	0.18	0.22	0.17	0.93	0.5	27	14
74	101076	Escuintla	morio	3.34	2.27	1.76	0.58	0.95	1.05	0.47	0.09	0.04	0.17	0.16	0.19	0.17	0.87	0.43	35	14
75	101063	Escuintla	morio	3.48	2.81	1.87	0.6	0.97	1.04	0.38	0.1	0.04	0.17	0.18	0.21	0.18	0.9	0.47	45	18
76	101116	Escuintla	morio	3.32	2.94	1.84	0.58	1.11	1.11	0.4	0.09	0.05	0.18	0.17	0.19	0.17	0.91	0.52	33	20
77	101049	Escuintla	morio	3.3	3.1	1.71	0.53	1.06	0.97	0.42	0.12	0.05	0.17	0.18	0.21	0.19	0.89	0.44	29	17
78	101104	Escuintla	morio	3.04	2.8	1.62	0.59	0.96	0.97	0.37	0.09	0.04	0.16	0.14	0.19	0.18	0.89	0.46	33	18
1	160782	Quetzaltenango	"Chicabal"	4.3	3.92	2.38	0.72	1.25	1.35	0.52	0.1	0.04	0.21	0.23	0.28	0.24	1.14	0.52	37	11
2	160811	Quetzaltenango	"Chicabal"	3.79	3.44	2.16	0.67	1.16	1.13	0.45	0.1	0.04	0.2	0.21	0.26	0.19	1.05	0.51	38	21
3	160806	Quetzaltenango	"Chicabal"	4.25	3.55	2.33	0.77	1.13	1.25	0.47	0.12	0.03	0.21	0.18	0.23	0.18	1.08	0.57	32	20
4	160810	Quetzaltenango	"Chicabal"	3.36	3.3	1.72	0.64	1.13	1.33	0.47	0.07	0.03	0.18	0.21	0.22	0.2	0.96	0.45	29	12
5	160797	Quetzaltenango	"Chicabal"	3.76	3.3	2.03	0.64	1.12	1.13	0.45	0.08	0.03	0.23	0.2	0.24	0.22	1	0.54	39	18
6	160796	Quetzaltenango	"Chicabal"	3.83	3.42	2.17	0.63	1.15	1.2	0.4	0.11	0.05	0.2	0.18	0.22	0.2	1.02	0.44	33	14
7	160808	Quetzaltenango	"Chicabal"	3.88	3.08	2.08	0.68	1.18	1.35	0.5	0.12	0.05	0.22	0.21	0.22	0.2	1	0.51	27	13
8	160800	Quetzaltenango	"Chicabal"	3.79	3.41	2.03	0.63	1.24	1.24	0.46	0.09	0.05	0.17	0.18	0.28	0.2	1.06	0.5	33	14
9	109339	Quetzaltenango	"Chicabal"	3.74	2.87	1.9	0.6	1.02	1.07	0.39	0.09	0.04	0.19	0.19	0.21	0.16	1	0.43	32	15
10	100813	Quetzaltenango	"Chicabal"	4.18	3.11	2.18	0.67	1.34	1.34	0.47	0.11	0.04	0.2	0.2	0.27	0.25	1.06	0.52	39	18
11	160809	Quetzaltenango	"Chicabal"	3.94	3.43	2.19	0.64	1.05	1.12	0.4	0.07	0.03	0.21	0.2	0.25	0.17	1.03	0.52	33	20
12	143705	Quetzaltenango	"Chicabal"	3.59	2.42	1.87	0.61	1.02	0.98	0.4	0.1	0.03	0.21	0.18	0.21	0.18	0.9	0.45	23	14
13	160786	Quetzaltenango	"Chicabal"	3.86	3.32	2.04	0.63	1.06	1.23	0.45	0.1	0.04	0.2	0.18	0.25	0.21	1.01	0.48	30	16
14	160799	Quetzaltenango	"Chicabal"	4.02	3.25	2.16	0.65	1.22	1.37	0.49	0.1	0.05	0.2	0.21	0.26	0.22	1.12	0.53	30	22
15	160787	Quetzaltenango	"Chicabal"	4.02	3.09	2.17	0.64	1.21	1.28	0.47	0.08	0.04	0.22	0.21	0.24	0.2	1.08	0.49	38	17
16	160789	Quetzaltenango	"Chicabal"	3.57	3.35	2	0.65	1.04	1.16	0.4	0.09	0.02	0.25	0.19	0.22	0.18	1.02	0.52	34	17
17	143703	Quetzaltenango	"Chicabal"	3.44	2.77	1.89	0.63	1.02	1.1	0.42	0.09	0.05	0.21	0.2	0.24	0.21	0.95	0.54	24	13
18	143699	Quetzaltenango	"Chicabal"	3.95	3.63	2.18	0.65	1.24	1.4	0.47	0.09	0.04	0.21	0.22	0.23	0.2	1.11	0.53	34	17
19	143701	Quetzaltenango	"Chicabal"	3.67	3.24	2.09	0.62	1.12	1.22	0.42	0.08	0.03	0.22	0.22	0.24	0.2	1	0.56	32	13
1	100799	Quetzaltenango	flavimembris	4.89	4.46	2.68	0.83	1.44	1.56	0.55	0.09	0.04	0.25	0.26	0.33	0.26	1.34	0.65	55	19
2	100753	Quetzaltenango	flavimembris	4.3	3.65	2.36	0.72	1.23	1.38	0.44	0.08	0.03	0.2	0.22	0.27	0.25	1.18	0.56	44	19
3	100810	Quetzaltenango	flavimembris	4.83	4.3	2.62	0.77	1.4	1.52	0.54	0.14	0.02	0.25	0.25	0.29	0.24	1.27	0.58	52	21
4	100613	Quetzaltenango	flavimembris	4.97	4.9	2.62	0.81	1.54	1.59	0.51	0.1	0.03	0.23	0.22	0.26	0.27	1.38	0.69	50	18
5	100779	Quetzaltenango	flavimembris	5.15	4.56	2.85	0.86	1.48	1.65	0.57	0.11	0.05	0.32	0.25	0.32	0.26	1.39	0.67	45	19
6	100754	Quetzaltenango	flavimembris	4.9	4.73	2.63	0.76	1.53	1.73	0.52	0.1	0.04	0.22	0.21	0.27	0.27	1.28	0.65	57	25
7	107635	Quetzaltenango	flavimembris	4.25	3.86	2.35	0.72	1.26	1.33	0.45	0.09	0.04	0.2	0.21	0.25	0.25	1.12	0.63	43	21

8	113029	Quetzaltenango	flavimembris	♂	4.37	4.05	2.38	0.78	1.37	1.51	0.52	0.1	0.05	0.23	0.24	0.29	0.25	1.19	0.62	56	28
9	113028	Quetzaltenango	flavimembris	♂	4.74	4.31	2.72	0.79	1.42	1.52	0.52	0.1	0.04	0.27	0.23	0.3	0.25	1.23	0.66	52	14
10	100762	Quetzaltenango	flavimembris	♂	4.95	4.19	2.78	0.79	1.59	1.74	0.57	0.07	0.03	0.26	0.21	0.26	0.31	1.35	0.67	59	22
11	100801	Quetzaltenango	flavimembris	♂	4.9	4.36	2.73	0.82	1.43	1.58	0.52	0.11	0.05	0.23	0.22	0.31	0.25	1.22	0.68	35	18
12	100724	Quetzaltenango	flavimembris	♂	4.85	4.62	2.65	0.8	1.51	1.58	0.56	0.11	0.04	0.27	0.25	0.32	0.29	1.32	0.62	55	19
13	100682	Quetzaltenango	flavimembris	♂	4.92		2.72	0.81	1.56	1.77	0.55	0.13	0.05	0.25	0.26	0.35	0.27	1.36	0.63	52	23
14	113024	Quetzaltenango	flavimembris	♂	4.49	4.13	2.33	0.72	1.4	1.55	0.5	0.1	0.05	0.21	0.22	0.28	0.25	1.24	0.62	--	--
15	100811	Quetzaltenango	flavimembris	♂	4.27	3.66	2.3	0.78	1.17	1.35	0.45	0.08	0.03	0.2	0.21	0.3	0.23	1.14	0.56	49	24
16	100720	Quetzaltenango	flavimembris	♂	4.33	3.75	2.29	0.72	1.27	1.36	0.43	0.07	0.02	0.22	0.21	0.26	0.26	1.15	0.56	48	25
17	100759	Quetzaltenango	flavimembris	♂	4.08	3.59	2.19	0.7	1.26	1.36	0.42	0.06	0.03	0.22	0.22	0.26	0.23	1.1	0.53	43	19
18	100722	Quetzaltenango	flavimembris	♂	4.43	4.3	2.45	0.73	1.34	1.45	0.47	0.09	0.03	0.23	0.24	0.27	0.25	1.21	0.59	53	19
19	100723	Quetzaltenango	flavimembris	♂	4.85	3.93	2.7	0.8	1.5	1.65	0.54	0.11	0.03	0.28	0.22	0.28	0.29	1.36	0.61	53	18
20	100766	Quetzaltenango	flavimembris	♂	4.28	3.93	2.33	0.75	1.38	1.32	0.47	0.09	0.02	0.21	0.22	0.27	0.24	1.18	0.62	40	19

13.5

Fotos de las especies *Bolitoglossa flavimembris*, *B. morio* de las localidades utilizadas y de *B. sp.* “Chicabal”.



*Bolitoglossa flavimembris*



*Bolitoglossa sp.* “Chicabal”



*Bolitoglossa morio* “Chimaltenango”



*Bolitoglossa morio* “Huehuetenango”



*Bolitoglossa morio* "Escuintla"



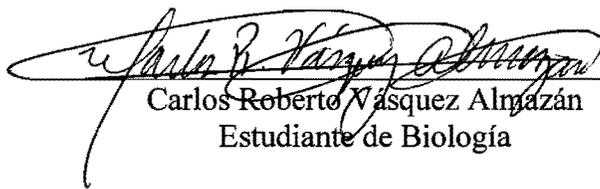
*Bolitoglossa morio* "El Quiche"

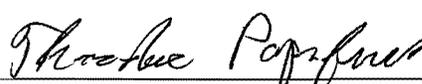


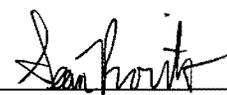
*Bolitoglossa morio* "Jalapa"



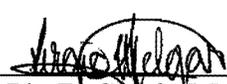
*Bolitoglossa morio* "San Marcos"

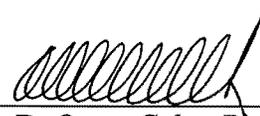
  
Carlos Roberto Vásquez Almazán  
Estudiante de Biología

  
Ph. D. Theodore Papenfuss  
Asesor de Tesis

  
Ph. D. Sean Rovito  
Asesor de Tesis

  
Lic. Claudio Méndez  
Revisor de Tesis

  
Ph. D. Sergio Melgar  
Director Escuela de Biología

  
Ph. D. Oscar Cobar Pinto  
Decano de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia