



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**Revisión taxonómica del genero *Heterandria*  
usando morfometría geométrica**

T E S I S  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
B I O L O G O  
P R E S E N T A:  
Luis Eduardo García Molina



**Director de Tesis:**

**M. en C. Héctor Salvador Espinosa Pérez**

**2013**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## Hoja de datos del jurado

### Datos del alumno

García  
Molina  
Luis Eduardo  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Facultad de Ciencias  
Biología  
304181607

### Datos del tutor

M. en C.  
Héctor Salvador  
Espinosa  
Pérez

### Datos del sinodal 1

Dr.  
José Jaime  
Zúñiga  
Vega

### Datos del sinodal 2

M. en C.  
Alicia de la Luz  
Durán  
González

### Datos del sinodal 3

M. en C.  
Patricia  
Fuentes  
Mata

### Datos del sinodal 4

M. en C.  
Xavier Gilberto  
Valencia  
Díaz

### Datos del trabajo escrito

Revisión taxonómica del genero *Heterandria* usando morfometría geométrica  
--pp.  
2013

*Esta Tesis está dedicada a mis padres y familia, gracias por todo su amor, apoyo y paciencia otorgados durante toda mi vida, gracias a mi tutor y maestro Héctor S. Espinosa Pérez por darme la oportunidad de trabajar en la gran Colección de Peces del IBUNAM y a todos mis buenos compañeros que trabajan en ella, a mi compañera Gisela gracias por tu paciencia, amor y cuidados, a mis hermanos de toda la vida, Luis, Jair, Belisario, Jaziel y Gustavo, desde hace casi 10 años caminando juntos y a mis colegas biólogos que conocí a lo largo de toda la carrera gracias por la amistad, los buenos momentos y las conversaciones sustanciosas en esos viajes tan entrañables.*

*"El futuro nos tortura y el pasado nos encadena. He ahí por qué se nos escapa el presente".*

*Gustav Flaubert.*

# CONTENIDO

Resumen .....	VII
Abstract.....	2
Introducción .....	3
Marco teórico .....	5
La morfología.....	5
Morfometría tradicional .....	5
Morfometría geométrica.....	5
Antecedentes .....	6
Historia y sistemática del género Heterandria .....	8
Pregunta de investigación .....	10
Hipótesis.....	10
Justificación .....	11
Objetivo general .....	11
Objetivos particulares .....	11
Distribución .....	11
Material y metodo .....	12
Resultados hembras .....	15
Análisis de componentes principales (ACP) .....	16
Primer componente principal.....	19
Segundo componente principal .....	20
Tercer componente principal.....	21
Análisis al interior del género .....	22
Análisis de variables canónicas general (ACV).....	23
Primer variable canónica.....	25
Segunda variable canónica.....	26
Tercer variable canónica.....	27
Distancias de Procrusto y Mahalanobis .....	28
Análisis de función discriminante.....	29
Resultados machos .....	47
Análisis de componentes principales .....	47
Primer componente principal.....	50
Segundo componente principal .....	51
Tercer componente principal.....	52
Análisis de variables canónicas (general) .....	53
Primer variable canónica .....	55
Segunda variable canónica.....	56
Tercer variable canónica.....	57
Distancias de Mahalanobis y Procrusto .....	58
Análisis de función discriminante.....	59
Resultados del análisis intra-específico: Heterandria (Pseudoxiphophorus) bimaculata .....	77
Análisis de variables canónicas: H. bimaculata.....	77
Primer variable canónica.....	80
Segunda variable canónica.....	82
Tercer variable canónica.....	83

Resultados del análisis intra específico para Heterandria ( <i>Pseudoxiphophorus</i> ) jonesii .....	84
Análisis de variables canónicas: <i>H. jonesii</i> .....	84
Primer variable canónica: análisis al interior de <i>H. Jonesii</i> .....	86
Segunda variable canónica.....	87
Tercer variable canónica .....	88
Morfología tradicional.....	89
Fotografías y merística del Gonopodio.....	92
Discusión.....	98
Conclusiones.....	101
Bibliografía.....	103

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura I. Esquema de gonopodio y fotografía carácter en el radio gonopodial 6 .....	7
Figura II. Suspensorio gonopodial.....	7
Figura III. Distribución del género <i>Heterandria</i> .....	12
Figura IV. Radiografía de un macho de la especie <i>Heterandria dirempta</i> .....	14
Figura V. Posición de los ejemplares en la placa de Rayos X.....	14
Figura VI. Fotografía de gonopodio, <i>Pseudoxiphophorus</i> .....	15
Figura 1.1 Gráfica de acumulación de componentes principales. ACP. Hembras .....	16
Figura 1.2 Primer componente principal vs segundo componente principal. Estudio-Hembras.....	17
Figura 1.3 Tercer componente principal vs. cuarto componente principal. Estudio-Hembras.....	18
Figura 1.4 Entramados y gradillas de deformación. ACP; componente 1 .....	20
Figura 1.5 Entramados y gradillas de deformación. ACP; componente 2, .....	21
Figura 1.6 Entramados y gradillas de deformación. ACP; componente 3, .....	22
Figura 2.1 Gráfica de dispersión CV1 Vs CV2, AVC Hembras. ....	24
Figura 2.2 Gráfica de dispersión CV1 Vs CV3, AVC Hembras .....	25
Figura 2.3 Entramados y gradillas de deformación. AVC; variable canónica 1 .....	26
Figura 2.4 Entramados y gradillas de deformación. AVC; variable canónica 2 .....	27
Figura 2.5 Entramados y gradillas de deformación. AVC; variable canónica 3 .....	28
Figura 3.1 Diagrama de entramado, <i>Heterandria bimaculata-Heterandria cataractae</i> . ....	29
Figura 4.1 Diagrama de entramado, <i>H. bimaculata</i> y <i>H. dirempta</i> .....	30
Figura 5.1 Diagrama de entramado, <i>H. bimaculata</i> y <i>H. formosa</i> .....	31
Figura 6.1 Diagrama de entramado, <i>H. bimaculata</i> y <i>H. jonesii</i> .....	31
Figura 7.1 Diagrama de entramado, <i>H. bimaculata</i> y <i>H. litoperas</i> .....	32
Figura 8.1 Diagrama de entramado, <i>H. bimaculata</i> y <i>H. obliqua</i> .....	32
Figura 9.1 Diagrama de entramado, <i>H. bimaculata</i> y <i>H. tuxtlaensis</i> .....	33
Figura 10.1 Diagrama de entramado, <i>H. cataractae</i> y <i>H. dirempta</i> . ....	34
Figura 11.1 Diagrama de entramado, <i>H. cataractae</i> y <i>H. formosa</i> . ....	34
Figura 12.1 Diagrama de entramado, <i>H. cataractae</i> y <i>H. jonesii</i> .....	35
Figura 13.1 Diagrama de entramado, <i>H. cataractae</i> y <i>H. litoperas</i> .....	36
Figura 14.1 Diagrama de entramado, <i>H. cataractae</i> y <i>H. obliqua</i> .....	36
Figura 15.1 Diagrama de entramado, <i>H. cataractae</i> y <i>H. tuxtlaensis</i> .....	37
Figura 16.1 Diagrama de entramado, <i>H. dirempta</i> y <i>H. formosa</i> .....	37
Figura 17.1 Diagrama de entramado, <i>H. dirempta</i> y <i>H. jonesii</i> .....	38
Figura 18.1 Diagrama de entramado, <i>H. dirempta</i> y <i>H. litoperas</i> .....	39
Figura 19.1 Diagrama de entramado, <i>H. dirempta</i> y <i>H. obliqua</i> . ....	39
Figura 20.1 Diagrama de entramado, <i>H. dirempta</i> y <i>H. tuxtlaensis</i> . ....	40
Figura 21.1 Diagrama de entramado, <i>H. formosa</i> y <i>H. jonesii</i> . ....	41
Figura 22.1 Diagrama de entramado, <i>H. formosa</i> y <i>H. litoperas</i> . ....	41
Figura 23.1 Diagrama de entramado, <i>H. formosa</i> y <i>H. obliqua</i> . ....	42
Figura 24.1 Diagrama de entramado, <i>H. formosa</i> y <i>H. tuxtlaensis</i> .....	42
Figura 25.1 Diagrama de entramado, <i>H. jonesii</i> y <i>H. litoperas</i> .....	43
Figura 26.1 Diagrama de entramado, <i>H. jonesii</i> y <i>H. obliqua</i> .....	44
Figura 27.1 Diagrama de entramado, <i>H. jonesii</i> y <i>H. tuxtlaensis</i> .....	44
Figura 28.1 Diagrama de entramado, <i>H. litoperas</i> y <i>H. obliqua</i> . ....	45
Figura 29.1 Diagrama de entramado, <i>H. litoperas</i> y <i>H. tuxtlaensis</i> .....	45
Figura 30.1 Diagrama de entramado, <i>H. obliqua</i> y <i>H. tuxtlaensis</i> .....	46
Figura 31.1 Primer componente principal vs segundo componente principal. Estudio-machos.....	48
Figura 31.2 Primer componente principal vs tercer componente principal. Estudio-machos .....	49
Figura 31.3 Entramados y gradillas de deformación. ACP; componente 1 .....	50
Figura 31.4 Entramados y gradillas de deformación. ACP; componente 2 .....	51
Figura 31.5 Entramados y gradillas de deformación. ACP; componente 3 .....	52
Figura 32.1 Gráfica de dispersión, CV1 Vs CV2; AVC, machos .....	54
Figura 32.2 Gráfica de dispersión, CV1 Vs CV3; AVC, machos .....	55

Figura 32.3 Entramados y gradillas de deformación. AVC; variable 1.....	56
Figura 32.4 Entramados y gradillas de deformación. AVC; variable 2.....	57
Figura 32.5 Entramados y gradillas de deformación. AVC; variable 3.....	57
Figura 33.1 Diagrama de entramado, <i>Heterandria bimaculata</i> - <i>Heterandria cataractae</i> . ....	59
Figura 34.1 Diagrama de entramado, <i>H. bimaculata</i> y <i>H. dirempta</i> .....	59
Figura 35.1 Diagrama de entramado, <i>H. bimaculata</i> y <i>H. formosa</i> .....	60
Figura 36.1 Diagrama de entramado, <i>H. bimaculata</i> y <i>H. jonesii</i> .....	61
Figura 37.1 Diagrama de entramado, <i>H. bimaculata</i> y <i>H. litoperas</i> .....	61
Figura 38.1 Diagrama de entramado, <i>H. bimaculata</i> y <i>H. obliqua</i> .....	62
Figura 39.1 Diagrama de entramado, <i>H. bimaculata</i> y <i>H. tuxtlaensis</i> .....	63
Figura 40.1 Diagrama de entramado, <i>H. cataractae</i> y <i>H. dirempta</i> . ....	63
Figura 41.1 Diagrama de entramado, <i>H. cataractae</i> y <i>H. formosa</i> . ....	64
Figura 42.1 Diagrama de entramado, <i>H. cataractae</i> y <i>H. jonesii</i> .....	65
Figura 43.1 Diagrama de entramado, <i>H. cataractae</i> y <i>H. litoperas</i> .....	65
Figura 44.1 Diagrama de entramado, <i>H. cataractae</i> y <i>H. obliqua</i> .....	66
Figura 45.1 Diagrama de entramado, <i>H. cataractae</i> y <i>H. tuxtlaensis</i> .....	67
Figura 46.1 Diagrama de entramado, <i>H. dirempta</i> y <i>H. formosa</i> .....	67
Figura 47.1 Diagrama de entramado, <i>H. dirempta</i> y <i>H. jonesii</i> .....	68
Figura 48.1 Diagrama de entramado, <i>H. dirempta</i> y <i>H. litoperas</i> .....	68
Figura 49.1 Diagrama de entramado, <i>H. dirempta</i> y <i>H. obliqua</i> . ....	69
Figura 50.1 Diagrama de entramado, <i>H. dirempta</i> y <i>H. tuxtlaensis</i> . ....	70
Figura 51.1 Diagrama de entramado, <i>H. formosa</i> y <i>H. jonesii</i> . ....	70
Figura 52.1 Diagrama de entramado, <i>H. formosa</i> y <i>H. litoperas</i> . ....	71
Figura 53.1 Diagrama de entramado, <i>H. formosa</i> y <i>H. obliqua</i> . ....	71
Figura 54.1 Diagrama de entramado, <i>H. formosa</i> y <i>H. tuxtlaensis</i> . ....	72
Figura 55.1 Diagrama de entramado, <i>H. jonesii</i> y <i>H. litoperas</i> .....	73
Figura 56.1 Diagrama de entramado, <i>H. jonesii</i> y <i>H. obliqua</i> .....	73
Figura 57.1 Diagrama de entramado, <i>H. jonesii</i> y <i>H. tuxtlaensis</i> .....	74
Figura 58.1 Diagrama de entramado, <i>H. litoperas</i> y <i>H. obliqua</i> . ....	75
Figura 59.1 Diagrama de entramado, <i>H. litoperas</i> y <i>H. tuxtlaensis</i> .....	75
Figura 60.1 Diagrama de entramado, <i>H. obliqua</i> y <i>H. tuxtlaensis</i> .....	76
Figura 61.1 Gráfica de dispersión, AVC, <i>H. bimaculata</i> ; CV1 vs.CV2: Localidades, machos.....	79
Figura 61.2 Gráfica de dispersión, AVC, <i>H. bimaculata</i> ; CV1 vs.CV3: Localidades, machos. ....	80
Figura 61.3 Entramados y gradillas de deformación. AVC, <i>H. bimaculata</i> ; Variable 1.....	81
Figura 61.4 Entramados y gradillas de deformación. AVC, <i>H. bimaculata</i> ; Variable 2.....	82
Figura 61.5 Entramados y gradillas de deformación. AVC, <i>H. bimaculata</i> ; Variable 3.....	83
Figura 62.1 Gráfica de dispersión, AVC, <i>H. jonesii</i> ; CV1 vs.CV2: Localidades, machos.....	85
Figura 62.2 Gráfica de dispersión, AVC, <i>H. jonesii</i> ; CV1 vs.CV3: Localidades, machos.....	86
Figura 62.3 Entramados y gradillas de deformación. AVC, <i>H. jonesii</i> ; Variable 1.....	87
Figura 62.4 Entramados y gradillas de deformación. AVC, <i>H. jonesii</i> ; Variable 2.....	88
Figura 62.5 Entramados y gradillas de deformación. AVC, <i>H. jonesii</i> ; Variable 3.....	89
Figura 63.1 Primer bloque de fotografías del gonopodio, <i>H. bimaculata</i> .....	94
Figura 63.2 Segundo bloque de fotografías del gonopodio, <i>H. bimaculata</i> .....	95
Figura 63.3 Tercer bloque de fotografías del gonopodio, <i>H. bimaculata</i> .....	96
Figura 63.4 Fotografía de gonopodio, caracteres intermedios <i>H. jonesii</i> / <i>H. bimaculata</i> .....	96
Figura 63.5 Primer bloque de fotografías del gonopodio, <i>H. jonesii</i> . ....	97
Figura 63.6 fotografía de gonopodio, <i>H. formosa</i> . ....	98

## RESUMEN

El género *Heterandria* de la familia Poeciliidae, ha tenido varias modificaciones a través de su historia taxonómica, 8 especies se han integrado desde que el género estaba integrado solo por dos especies *Heterandria formosa* y *Heterandria bimaculata*. Actualmente el género se encuentra integrado por 2 subgéneros y 10 especies, *Heterandria* solo es conformado por *Heterandria formosa* y 9 especies pertenecen a *Pseudoxiphophorus*. Este grupo presenta morfologías muy similares en los integrantes de *Pseudoxiphophorus* y diferencias muy marcadas con *Heterandria*. Aunque Rosen presenta este grupo como monofilético muchos autores posteriores ponen en duda esta idea, así como también que *Pseudoxiphophorus* deba formar parte de *Heterandria*. El presente estudio es una revisión del género que emplea morfometría geométrica con imágenes de Rx, morfología tradicional y se complementa con fotografías del gonopodio, con la intención de comparar la forma y caracteres de 8 especies del género. Los resultados sugieren que las formas de las especies de *Pseudoxiphophorus* son muy cercanas morfológicamente pero conservan su individualidad, en cambio *Heterandria formosa* es muy diferente morfométrica como morfológicamente, por lo que se sugiere separar a *Pseudoxiphophorus* de *Heterandria*. Se encontró gran variación al interior de las categorías *P. bimaculata* y *P. jonesii* y se encontraron formas que se separan del consenso obtenido para estas especies, con esto se sugiere una revisión de estas 2 especies en México.

**Palabras clave:** *Heterandria*, *Pseudoxiphophorus*, morfometría, monofilético, variación.

## **ABSTRACT**

The genus *Heterandria*, family Poeciliidae, has undergone several changes through its taxonomic history, eight species have been included since the genre was composed, initially with only two species *Heterandria formosa* and *Heterandria bimaculata*. Currently the genus is composed of two subgenera and 10 species. The subgenre *Heterandria* includes only *Heterandria formosa*, while *Pseudoxiphophorus* includes nine species, among which there are more morphological similarities than with *H. formosa*. Although Rosen described this group as monophyletic, many authors dispute his work, as well as that *Pseudoxiphophorus* and *Heterandria* should join in the same genus. The present study is a review of the genus *Heterandria* using geometric morphometrics, X-ray images, traditional morphology and photographs of gonopodium, in order to compare the shape and characters of eight species of the genus. The results suggest that the species included in *Pseudoxiphophorus* are morphologically close but retain their individuality, however they are morphometric and morphologically quite different from *Heterandria formosa*. Therefore it is suggested that *Pseudoxiphophorus* and *Heterandria* should be separate genres. Also great variation was found within the populations of *P. bimaculata* and *P. jonesii*, suggesting a review of these two species in Mexico.

**Keywords:** *Heterandria*, *Pseudoxiphophorus*, morphometry, monophyletic, variation.

## INTRODUCCIÓN

Los peces constituyen el primer grupo de animales con esqueleto óseo que aparecieron en la Tierra y sin duda constituyen el grupo más numeroso de los vertebrados (Burnie, 2003). Por lo menos se han descrito 27,977 especies de peces incluidos condriictios para todo el planeta (Nelson, 2006). Los peces óseos se dividen en dos importantes grupos: los peces con aletas radiadas (Subclase Actinopterygii) y los peces con aletas lobuladas (Subclase Sarcopterygii).

Este grupo de vertebrados tiene capacidades adaptativas que les permiten vivir en ambientes de agua salada, salobre y en concentraciones bajas en sales (agua dulce), incluso moverse entre estos ambientes, debiendo así soportar cambios osmóticos muy fuertes. Los peces de agua dulce han evolucionado en ambientes continentales con presiones de selección diferentes a los peces marinos.

México posee una fauna de peces dulceacuícolas rica y diversificada la cual incluye más de 503 especies descritas (Miller et al, 2009), lo que representa 65% de la ictiofauna de agua dulce de EUA y Canadá juntos. Su diversidad se debe a una topografía sumamente variada; una historia geológica larga y compleja; un amplio intervalo latitudinal (de 32°33'N en el norte hasta 14°33'N en el sur); La convergencia de las regiones Neártica y Neotropical, que ha dado lugar a un alto endemismo de la ictiofauna (Miller, 1988). Además de sistemas fluviales grandes y aislados.

De los peces continentales alrededor de 117 (24%) de todas las especies mexicanas son peces dulceacuícolas primarios, es decir que habitan exclusivamente en agua dulce, 217 (44%) son secundarios (toleran cambios en los niveles de salinidad) y el resto (161 especies, 32%) son periféricos (solo pasan un periodo de su vida en agua dulce) (Miller et al., 2009). Las tres familias con mayor riqueza de especies son los *topotes* y *espadas* (Poeciliidae) con 81 especies, las *carpas* y *carpitas* (Cyprinidae) con 76 y las *mojarras* (Cichlidae) con 48.

Los poecílidos son uno de los grupos de peces secundarios más abundantes y dominantes en las aguas dulces y salobres en tierras bajas de América Central y las Antillas, se distribuyen desde el este de Estados Unidos de América hasta el noreste de Argentina. Comprenden unos 22 géneros y 180 especies, la mayoría de ellas pequeñas, 31-70 mm de longitud total, con tallas máximas de hasta 200 mm, (excepto en el género

*Tomeurus*). En ambos sexos los primeros tres primeros radios anales no están divididos y el tercero casi alcanza el margen distal de la aleta. En los machos el cuarto radio se encuentra ramificado. Los caracteres gonopodiales son usados con fines taxonómicos y en la mayoría de los casos las especies de la familia no pueden identificarse sin examinar a los machos adultos.

Las hembras grávidas pueden producir varias camadas sucesivas estando aisladas de los machos hasta por 10 meses o más, debido a un proceso llamado retención de esperma. Algunas especies muestran superfetación, de modo que dos o más camadas en diferentes etapas de desarrollo coexisten en una sola hembra (Miller *et al.*, 2009). Esto ha evolucionado probablemente de manera independiente varias veces en esta familia (Reznik y Miles 1989). Los Poeciliidae presentan gestación intra-folicular y placenta folicular (Wourms *et al.*, 1988), por lo que presentan fecundación interna, que se efectúa por medio del gonopodio de los machos y son vivíparos. Se conocen formas compuestas solo por hembras en el género *Poeciliopsis* (Schulz, 1969) y en el género *Poecilia*, por ejemplo: el topote del Amazonas, *Poecilia formosa* (Mónaco *et al.*, 1984).

El género *Heterandria*, de la familia Poeciliidae perteneciente al orden de los Cyprinodontiformes, se compone de 2 subgéneros y 10 especies: del primer subgénero *Heterandria* se conoce una sola especie; del segundo subgénero *Pseudoxiphophorus* se conocen nueve especies. En este trabajo se realiza una revisión del género *Heterandria* en México, incluyendo a las especies que se conocen para Estados Unidos de América y Guatemala. Se pretende demostrar por medio del método de la morfometría geométrica, la posibilidad de aumentar la diversidad de especies del género, que a partir del trabajo de McEachran y DeWitt (2008), en donde se usó este método y se describió una especie cercana a *H. bimaculata* (*H. tuxtlaensis*) aumentando la diversidad de especies para México. Los resultados encontrados en este trabajo después del análisis morfométrico, coinciden con los encontrados por Morales-Cazan y Albert (2012), por lo que se presenta un reacomodo taxonómico y la posibilidad de encontrar tres formas aun no conocidas para la ciencia.

## **MARCO TEÓRICO**

### ***LA MORFOLOGÍA***

La morfología originalmente enfocada en la descripción de las estructuras observadas, tejidos, células, órganos, huesos, etc., basa las comparaciones entre grupos analizando las diferencias entre los caracteres estructurales. La forma se considera una cualidad de la estructura (Toro *et al.*, 2010) y aunque se acuñaron términos morfológicos mediante los cuales la forma podía ser detalladamente descrita, ésta no se puede analizar cuantitativamente, la morfología se usa ampliamente como una herramienta para la identificación de los taxones, sin embargo se considera que posee grandes limitaciones al ser en gran parte cualitativa e inherentemente subjetiva. Esto se resolvió posteriormente mediante la implementación de análisis de estadística multivariada, con esto se originó la morfometría clásica o tradicional

### ***MORFOMETRÍA TRADICIONAL***

La morfometría tradicional aplica análisis estadísticos multivariados (MANCOVA) como un método para describir cuantitativamente la forma de las estructuras biológicas. Tradicionalmente se basa en medidas lineales como por ejemplo la distancia que existe entre la aleta caudal a la aleta dorsal, la longitud total o longitud patrón y la altura del pedúnculo caudal, este tipo de datos contienen poca información acerca de la forma del organismo y mucha de esta información resulta bastante ambigua (Zelditch *et al.*, 2004). Fue en la década de los años 30 cuando se incorporan los análisis estadísticos multivariados, análisis de componentes principales, de variables canónicas, función discriminante, etc. con el objetivo principal de describir patrones en las formas. Posteriormente se notó que este tipo de morfometría tiene problemas al no considerar la forma pura del objeto siendo sus herramientas limitadas, al considerar el efecto del tamaño, debido a que el tamaño como dato numérico, es la base de su análisis, es decir, el efecto del tamaño no considera la geometría del objeto.

### ***MORFOMETRÍA GEOMÉTRICA***

Una alternativa a los estudios tradicionales es el uso de la morfometría geométrica que se emplea para transformar la subjetividad de la “forma” en cifras cuantitativas y determina un perfil morfométrico de alguna estructura que esté siendo empleada como un carácter taxonómico. La morfometría es simplemente una manera cuantitativa de direccionar las comparaciones entre las formas (Zelditch *et al.*, 2004). La “forma” como la define Kendall

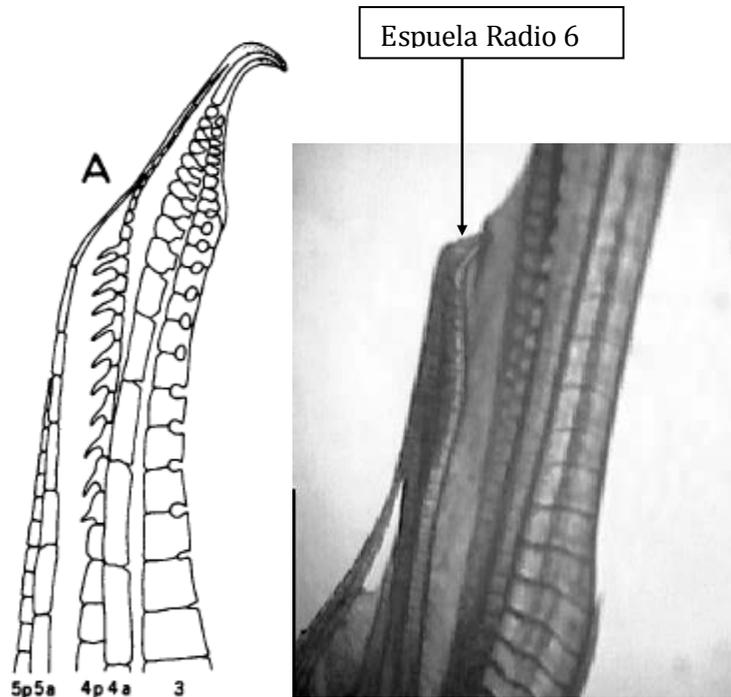
y cuya definición fue la base fundamental de la morfometría geométrica moderna es: “Toda la información geométrica que resta cuando la localización, escala y efectos rotacionales son filtrados fuera del objeto” (Kendall, 1977). Estas técnicas se pueden aplicar en ejemplares completos para comparar las formas de su anatomía. La morfometría está basada principalmente en los “Landmarks” que son puntos en ubicaciones reconocibles y que deben cumplir con el criterio de homología biológica, estos puntos se transforman en coordenadas y constituyen una conformación que será comparada con la conformación de otros ejemplares por medio del conjunto de las varianzas en las coordenadas de los puntos o landmarks.

La morfometría geométrica no describe al objeto de estudio en términos de sus dimensiones, sino por la relación espacial entre sus partes (Toro *et al*, 2010), esto quiere decir que se analiza la forma del objeto o sujeto en conjunto, lo que permite visualizar las zonas específicas donde se encuentran las diferencias de interés en el estudio. En un género como *Heterandria*, con especies morfológicamente cercanas, esto resulta de utilidad al ubicar diferencias específicas que son de ayuda para la discriminación entre especies.

La geometría de la estructura se captura con puntos o landmarks y se aplican distintos métodos de análisis que siguen tres pasos esenciales: 1) obtención de los datos, 2) obtención de la información que describe la forma “pura” y 3) análisis exploratorios y confirmatorios de covariación de la forma con factores causales análisis exploratorios y confirmatorios de covariación de la forma con factores causales (Toro *et al*, 2010).

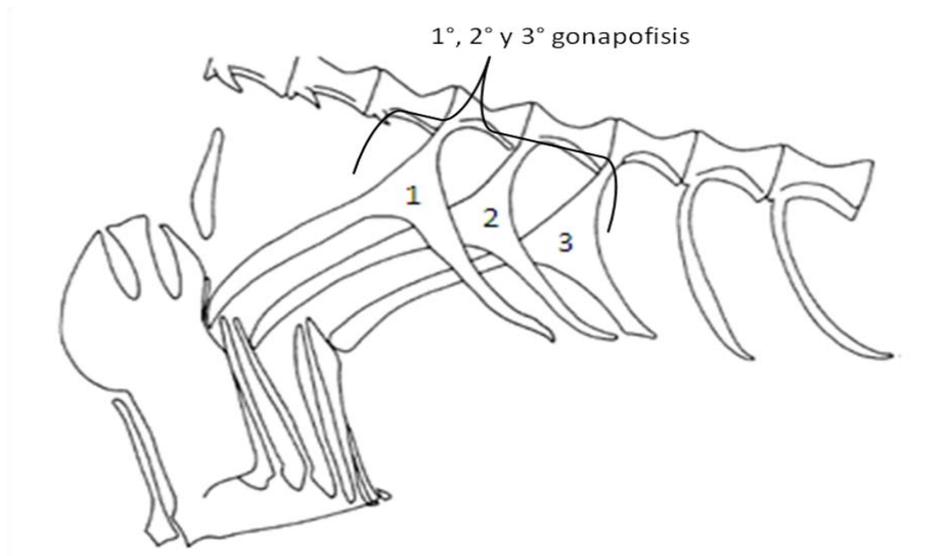
## **ANTECEDENTES**

De acuerdo a la definición de Rosen (1979) el género *Heterandria* se define como peces poecílicos con una mancha basicaudal discreta a difuminada, con bandas discretas de pigmento oscuro en los lados, pigmento oscuro o grisáceo a lo largo del tercio basal de la aleta dorsal y anal; una vaina membranosa en la punta del gonopodio orientada hacia abajo que incorpora la parte distal del radio 4<sup>a</sup>, el tercer radio gonopodial termina cerca de la punta del gonopodio con un extremo distal romo, las espinas ventrales del radio están ubicadas en la parte distal; presentan una serie de 7 a 15 aserraciones subdistales en el radio 4p; el radio 6 del gonopodio se encuentra engrosado y fusionado en la sección distal por una estructura fuerte en forma de espuela orientada oblicuamente hacia la base del radio 5 ( véase figura I).



**Figura I**, Esquema de gonopodio y fotografía carácter en el radio gonopodial 6.

En la figura II, se presenta un esquema del suspensorio gonopodial y de las gonapofisis, estas últimas presenta una serie de horquillas en la mitad basal del eje, la punta del eje esta curvada hacia abajo y la punta de las horquillas se presentan curvadas posteriormente.



**Figura II.** Suspensorio gonopodial.

Durante el periodo en que se realizó el presente trabajo se publicaron trabajos relacionados con los géneros *Heterandria* y *Pseudoxiphophorus* en los cuales se apoya la hipótesis de monofilia para *Pseudoxiphophorus* (Morales-Cazan y Albert, 2012) en los cuales se da evidencia y sustento para separar también a *Heterandria formosa* como única especie de *Heterandria* pues según el trabajo de Agorreta *et al.*, (2013) no comparte el más reciente ancestro común con *Pseudoxiphophorus* y también se sugiere la existencia de especies no descritas dentro del complejo *Heterandria bimaculatus* (sic) y *Heterandria jonesii*.

### **Historia y sistemática del género *Heterandria***

El género *Heterandria* fue propuesto por Agassiz en 1853, en principio fue monotípico para *Heterandria formosa* (Girard, 1859). Posteriormente Rosen y Bailey (1963) propusieron que *Pseudoxiphophorus bimaculatus* (Heckel, 1848) fuera incluido dentro del género junto con *H. formosa*. En este mismo trabajo se reconocen las propuestas de Hubbs (1924, 1926, 1936) donde trata a *H. bimaculata* como un complejo de 4 subespecies que difieren principalmente en los conteos de radios de la aleta dorsal. Hubbs menciona una correlación entre los factores de altura o elevación, temperatura del agua con el número de radios en la aleta dorsal (según Hubbs las localidades altas y aguas más frías se relacionan con los conteos de radios en aleta dorsal bajos y una menor longitud de esta aleta). La forma del cuerpo y la pigmentación también se incluyen entre las diferencias que se argumentan para estas subespecies de *H. bimaculata*. Rosen y Bailey (1963) comentan acerca de estas diferencias y las califican de grado clínico e imperceptible de una raza a otra. Las 4 subespecies que se mencionan son las siguientes:

*Heterandria bimaculatus jonesii* (Günther, 1874), se localiza en ríos de altas montañas y lagos del este-central de México, del Río Tamesi al Río Tecolutla. Regan (1906) menciona la cercanía de *Gambusia jonesii* con *Gambusia bimaculata*, señalando que difieren principalmente en los conteos de radios en la aleta dorsal, refiere que los ejemplares revisados por el hasta esa fecha mostraban en promedio 12 radios en *H. jonesii* a diferencia de *H. bimaculata* que modalmente tiene 14-15.

*H. b. bimaculata* Heckel, 1848, se localiza en ríos de menor altura y elevaciones moderadas, aguas más templadas, Veracruz, del Río Chachalacas al río Papaloapan. Hubbs (1924) menciona que *H. bimaculata* es un complejo de razas o subespecies en las cuales *H. bimaculata* es una forma intermedia entre las formas del sur y las más nórdicas.

*Pseudoxiphophorus b. peninsulae* (Hubbs, 1936), de acuerdo a Hubbs (1936) se diferencia de *H. bimaculata* de Heckel principalmente por sus colores y patrones de coloración, el punto basicaudal es más grande en *peninsulae*, presenta 2 o 4 barras verticales detrás de la mancha de la cintura escapular, la pigmentación de la aleta dorsal es distinguiblemente más colorida. Se localiza cerca del municipio de Progreso, Yucatán.

*Pseudoxiphophorus bimaculatus taeniatus* (Regan, 1905), habita en zonas bajas del istmo de Tehuantepec, Veracruz, Guatemala, Honduras y Nicaragua. Según Regan (1906), los conteos de radios en la aleta dorsal son consistentemente mayores a los de *H. bimaculata* de Heckel, 1848.

En el mismo trabajo (Hubbs, 1936) se mencionan dos características para el género: Una formación alargada con forma de ala en la parte distal del gonactinosteo número 6 en el suspensorio gonopodial. La forma de los segmentos subdistales en el radio 3 del gonopodio, estos segmentos son achatados y sin puntas libres, a diferencia de su estado en otros Poeciliidos en los cuales estos segmentos están libres y con terminación puntiaguda.

En 1974 Miller redescubre a *Heterandria (Pseudoxiphophorus) jonesii* (Günther, 1874), la incluye en el género *Heterandria* y designa a *Pseudoxiphophorus* como un subgénero de *Heterandria*, argumentando que: anteriormente, con solo dos especies (*H. formosa* y *H. bimaculata*) conformando al género, la necesidad de reconocimiento de subgéneros era mínima, pero ahora que *Pseudoxiphophorus* se convertía en politépico (probablemente con tres o más especies) era necesario implementar el subgénero para discutir a las especies mesoamericanas. En este trabajo Miller compara las estructuras gonopodiales entre los machos de *H. bimaculata* y *H. jonesii*, encuentra diferencias en el segmento terminal del radio gonopodial 4a (que no está recurvado en forma de gancho en *H. jonesii*), los segmentos subdistales de este mismo radio son menos que en *H. bimaculata* (menciona dos a tres para *jonesii*) y el margen anterior de estos segmentos subdistales no está aserrado (en *H. bimaculata* si lo está). Hace énfasis en que son especies claramente distintas debido a los conteos y extensión de la aleta dorsal, *Pseudoxiphophorus jonesii* posee menos radios y una aleta dorsal más pequeña. Respecto a la coloración, menciona el tamaño reducido de la mancha basicaudal de *jonesii* y por ultimo refiere su distribución, Miller (1974) aclara que se encontraba restringido a la zona centro-este de México. Consecuentemente con estos elementos, estructuró las bases taxonómicas necesarias para que se reconocieran dos subgéneros (*Heterandria* y *Pseudoxiphophorus*).

Unos años después Rosen (1979) realizó trabajos de investigación en Guatemala y llevo a cabo una revisión del género donde trata de definir a *Heterandria* como un grupo monofilético añadiendo un carácter osteológico en el sexto radio gonopodial (la punta del radio 6 se encuentra fusionada y recurvada hacia la base del radio 5) y algunas características en los patrones de pigmentación. Rosen describe e incluye seis especies nuevas para el subgénero *Pseudoxiphophorus*: *P. attenuata* (Rosen & Bailey, 1979), *P. anzueto* (Rosen y Bailey, 1979), *P. cataractae* (Rosen, 1979), *P. dirempta* (Rosen, 1979), *P. litoperas* (Rosen & Bailey, 1979), *P. obliqua* (Rosen, 1979).

Así el género quedaría integrado por nueve especies, ocho de las cuales pertenecen al subgénero *Pseudoxiphophorus* y solo una especie para el subgénero *Heterandria*. Las nuevas especies descritas por Rosen se distribuyen de Guatemala hasta Nicaragua.

Recientemente se describió una especie más, *Heterandria tuxtlaensis* (McEachran y DeWitt, 2008) endémica del lago de Catemaco, aislada por fenómenos volcánicos y orogénicos, se diferencia de *H. bimaculata* (su grupo hermano según McEachran y DeWitt, *op cit.*) por tener una aleta dorsal más pequeña y con un número menor de radios, una aleta caudal más corta, un cuerpo ligeramente más esbelto y una mancha basicaudal pequeña y restringida a la zona ubicada por encima de la línea lateral. Esta nueva especie se describió a partir de una metodología no aplicada a este grupo anteriormente, la morfometría geométrica.

## **PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN**

¿Las especies conocidas del género *Heterandria* representan por completo la diversidad de estos organismos, o la diversidad de especies del género cambiará con la aplicación de análisis morfométricos?

## **HIPÓTESIS**

Ho: La diversidad del género *Heterandria* está debidamente representada en la literatura actual, las especies están correctamente diferenciadas y no hay caracteres morfométricos que sean significativamente relevantes para ser incluidos en la diagnosis de las especies.

Ha: La revisión morfométrica mostrará diferencias entre la revisión bibliografía y los resultados obtenidos en este estudio, se obtendrán caracteres morfométricos que serán útiles en la diagnosis adecuada de la diversidad de las especies.

## **JUSTIFICACIÓN**

A partir del trabajo de Rosen y Bailey en 1963, el género se ha dividido en 2 subgéneros *Pseudoxiphophorus* y *Heterandria*, después de revisiones detalladas se han añadido 8 especies a las 2 originales para un total de 10 especies que conforman el género actualmente. Las especies del género *Heterandria* son muy similares entre si y la morfología tradicional puede dejar pasar por alto ciertos detalles útiles para discernir entre una especie y otra, por eso es necesario aplicar nuevos métodos más minuciosos para poder separar correctamente las especies.

## **OBJETIVO GENERAL**

Se pretende hacer una revisión taxonómica mediante un estudio morfométrico, complementado la morfología tradicional con fotografías del gonopodio para el género *Heterandria* para actualizar su estatus.

## **OBJETIVOS PARTICULARES**

Encontrar nuevos caracteres morfométricos para su uso en la identificación de especies del género.

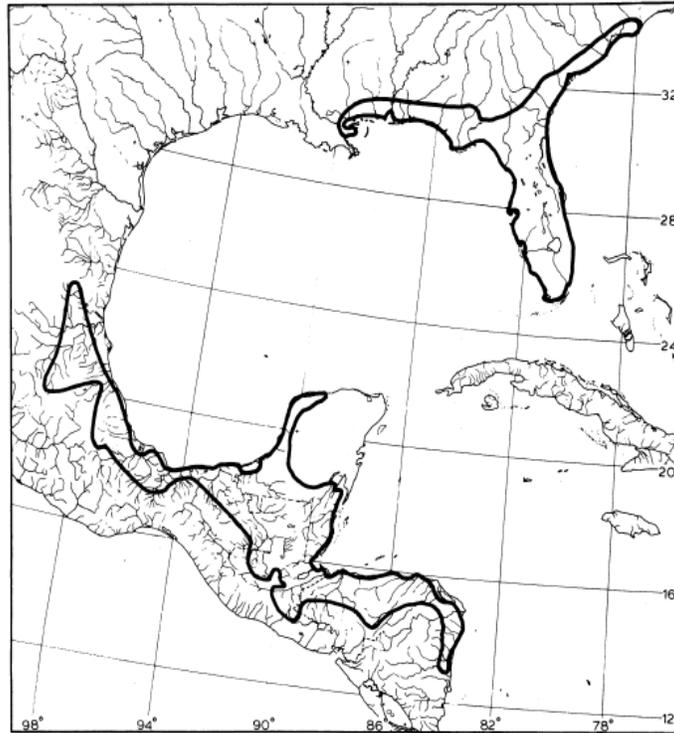
Encontrar diferencias morfométricas significativas, comparando los componentes óseos de cada especie y los caracteres diagnósticos en el gonopodio que sean de utilidad.

Revisar la variación intra-específica de *H. bimaculata* y *H. jonesii* (los grupos de amplia distribución en México), comparar la poblaciones del norte centro y sur, de esta manera descartar o aceptar hipótesis sobre el complejo *H bimaculata*.

## **DISTRIBUCIÓN**

El género es de amplia distribución, solo una especie (*H. formosa*) se encuentra en América del Norte, se distribuye desde el sur de EUA, en los Estados de Carolina del norte, Florida y Louisiana, Las 9 especies del subgénero *Pseudoxiphophorus* se distribuyen desde el Sureste de Tamaulipas en México y hacia el Sur llega a Nicaragua en la vertiente atlántica. Se registró también a *H. bimaculata* en la Vertiente del Pacífico (Gaspar-Dillanes, 1987) y es considerada como una especie introducida en la cuenca alta del Río Balsas (Espinosa *et al*, 1993) en ríos como el Amacuzac, Yautepec y Tembembe,

así como en el Vaso de "El Rodeo" y la laguna de Coatetelco, Morelos, en temperaturas que oscilan de 22.0 a 28.4 °C y altitudes entre 950 y 1 500 m (Gaspar-Dillanes, 1987). Esta especie también fue registrada en los canales de Xochimilco, en el Valle de México (Espinosa *et al.* 1993).



**Figura III.** Distribución del género *Heterandria*, tomado de Rosen (1979).

## **MATERIAL Y METODO**

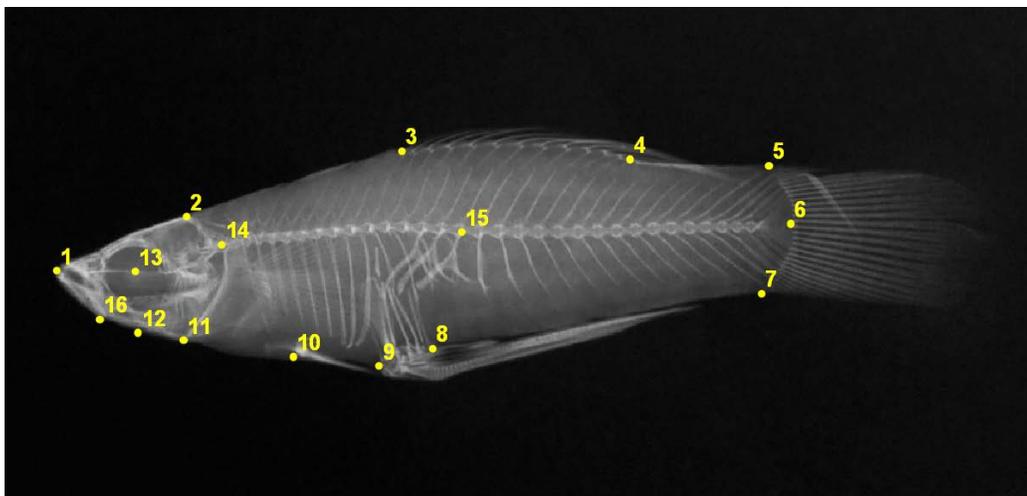
Los ejemplares revisados pertenecen a la Colección Nacional de Peces del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México (CNPE-IBUNAM), las radiografías de las especies centroamericanas fueron solicitadas al departamento de la Colección de peces del Museo Americano de Historia Natural (AMNH), la lista con los números de catálogo y las localidades se muestra en el anexo 1. Se tomaron radiografías de los peces de las especies del género existentes en el catálogo de la CNPE-IBUNAM el tamaño de muestra fue muy variable según la localidad. La toma de radiografías se llevó a cabo en el Hospital Fernando Quiroz del Instituto de Seguridad y Servicios Sociales para los trabajadores del Estado (ISSSTE), con una maquina portátil de Rayos X digital modelo: Phillips Omnidiagnostic Eleva (software Od. release 2.7.3), con las siguientes especificaciones: Kilo voltaje: 40 KV y 1.6 Miliamperes.

Una vez tomadas las radiografías y con el archivo digital de las imágenes con los elementos óseos, se digitalizaron y transformaron en archivos .tps con el programa TpsUtil (Rohlf, 2004a) el cual permite agrupar los archivos de imagen para integrar un archivo de varias observaciones por localidad, se procesaron con el software TPS-Dig Versión 1 y 2 (Rohlf, 2004b), esta aplicación permite establecer los *landmarks* sobre los puntos de interés usando los archivos previamente agrupados con tpsUtil.

El propósito de tomar radiografías fue llevar a cabo un análisis morfométrico basado en los elementos óseos para caracterizar con mayor precisión a las especies del género. Las pruebas y los análisis estadísticos se llevaron a cabo con el programa MorphoJ V2.0 (Klingenberg, 2011), con este programa se eliminan los efectos de escala, translación y rotación efectuando un ajuste de Procrusto alineado por ejes principales. Se generó la matriz de covarianza a partir del conjunto de datos combinado, para efectuar los análisis exploratorios de componentes principales (ACP) y un análisis canónico de variables (ACV), para verifca de donde proviene la mayor fuente de variación y como se agrupan mejor los ejemplares. Para los análisis confirmatorios se utilizó una prueba de función discriminante el cual maximiza la separación entre un par de grupos y pone a prueba la pertenencia de los individuos a sus categorías. Se tomaron radiografías de peces de 38 localidades en la República Mexicana, 1 localidad para E.U. (*H. formosa*) y 5 localidades centroamericanas.

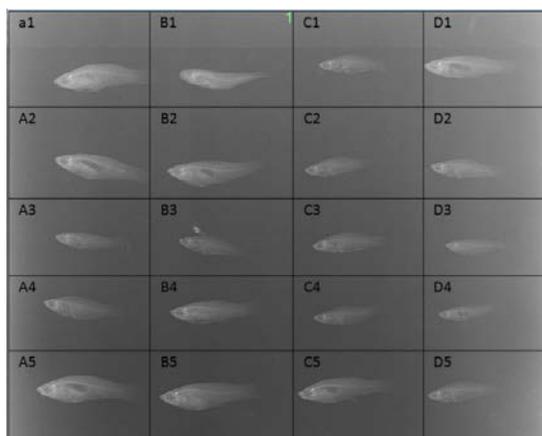
Los conteos dorsales se tomaron digitalmente de las imágenes, las 4 especies disponibles en la colección (*H. bimaculata*, *H. jonesii*, *H. formosa*, *H. tuxtlaensis*) están incluidas en la toma de medidas, las radiografías de las otras 6 especies sudamericanas (*H. dirempta*, *H. cataractae*, *H. obliqua*, *H. litoperas*, *H. attenuata*, *H. anzueto*), se escanearon y se les aplico el mismo procedimiento. Los conteos están referenciados de acuerdo a Rosen y Bailey (1963).

En este estudio 16 landmarks se digitalizaron en las imágenes. Las hembras y machos fueron analizados por separado debido al dimorfismo sexual que existe en los poecilidos.



**Figura IV.** Radiografía de un macho de la especie *Heterandria dirempta* (AMNH-36362, AMNH-36361): se muestran los landmarks usados para el análisis de la forma del cuerpo: 1.-punto superior del maxilar, 2.- término del cráneo, 3.- inserción de la aleta dorsal 4.- término de la aleta dorsal, 5.- inicio dorsal de la aleta caudal, 6.- unión de las placas hipurales, 7.- inicio ventral de la aleta caudal, 8.- término de aleta anal, 9.- inicio de aleta anal, 10- inicio de aleta pélvica, 11.- punto ventral del término del cráneo, 12.- primer radio branquiostego, 13.- centro del ojo, 14.- unión del cráneo con la columna vertebral, 15.- tercer elemento de la gonapofisis, 16.- punto reticular de la mandíbula baja.

Los peces fueron etiquetados para su posterior ubicación y colocación en las placas de RX de la siguiente manera:



**Figura V.** Posición de los ejemplares en la placa de RX

Las imágenes digitales fueron posteriormente editadas para obtener imágenes individuales de los ejemplares.

Se tomaron fotografías a los gonopodios de los machos de localidades de la República Mexicana, se utilizó un microscopio estereoscópico multifocal para obtener una nitidez mayor, observar las ramificaciones en los radios gonopodiales y completar el estudio

comparando los datos obtenidos en el análisis de varianza y las diferencias en los gonopodios.

Las fotografías complementan las diferencias en el gonopodio con las diferencias morfo geométricas. El modelo del microscopio es: Leica Z16APODA y la cámara integrada usada para la toma de imágenes es: Leica DFC490. Este tipo de microscopio, usa un intervalo de capas de enfoque y toma una secuencia de fotografías hasta cubrir el grueso del objeto montado, después la imágenes son integradas en una solo ensamble para obtener una imagen totalmente enfocada y detallada.



**Figura VI.** Fotografía del gonopodio de un macho del grupo *Pseudoxiphophorus*, CNPE-IBUNAM 15647.

Las muestras se montaron sobre una caja Petri para hacer pasar la luz a través de los tejidos translucidos del gonopodio y poder observar los radios ramificados así como las estructuras útiles para la diagnosis con un mayor nivel de contraste, después se ajustó la configuración de la cámara, se determinó la abertura del diafragma, el tiempo de exposición, los niveles de ganancia y gamma, se ajustó el límite superior de enfoque, el límite inferior se le d nombre al archivo y se procede a tomar la sesión de fotografías que serán ensambladas por el software del equipo.

## **RESULTADOS HEMBRAS**

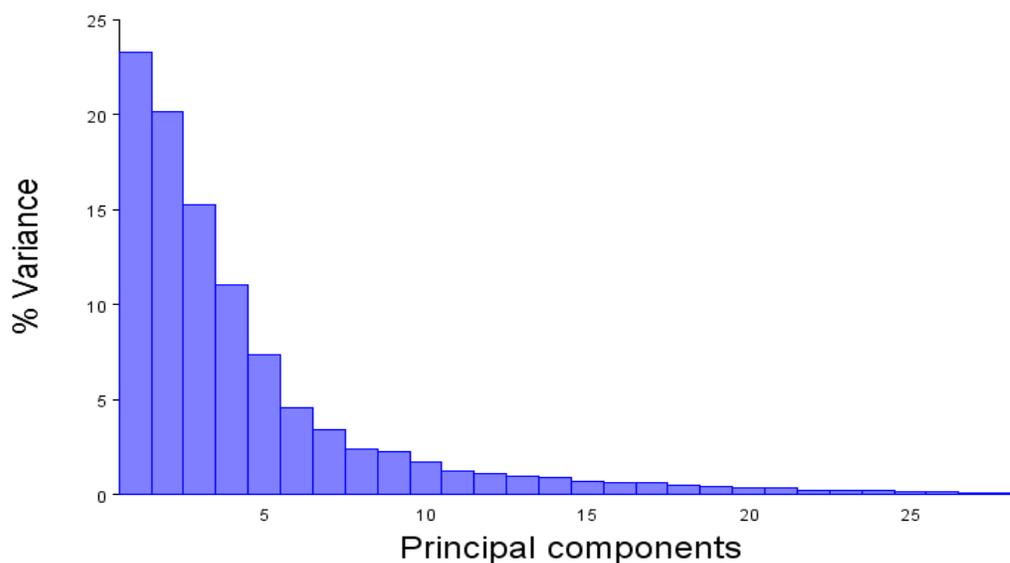
El estudio morfométrico general de las hembras, incluyó a todas las poblaciones de todas las especies disponibles, se realizó con el programa Morpho J (V 1.04a), se agruparon todas las localidades en una sola base de datos, se definió un clasificador de grupos a priori que fue el de especie, con la intención de poner a prueba la solidez de la identidad morfológica de los taxones, reducir el número de grupos de localidades a especies y sintetizar los resultados.

## ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES (ACP)

Una vez realizado el ajuste de Procrusto, y a partir de la matriz de covarianza, se aplicó un Análisis de componentes principales que dio como resultados un total de 28 componentes principales los cuales agrupan el 100% de la variación existente en la muestra. Los primeros 4 explican en conjunto casi el 70% de la variación (véase tabla 1.1), siendo estos también los únicos que explican arriba del 11% de la variación en forma individual, los 24 componentes restantes no explican más del 7.3% de la variación por separado.

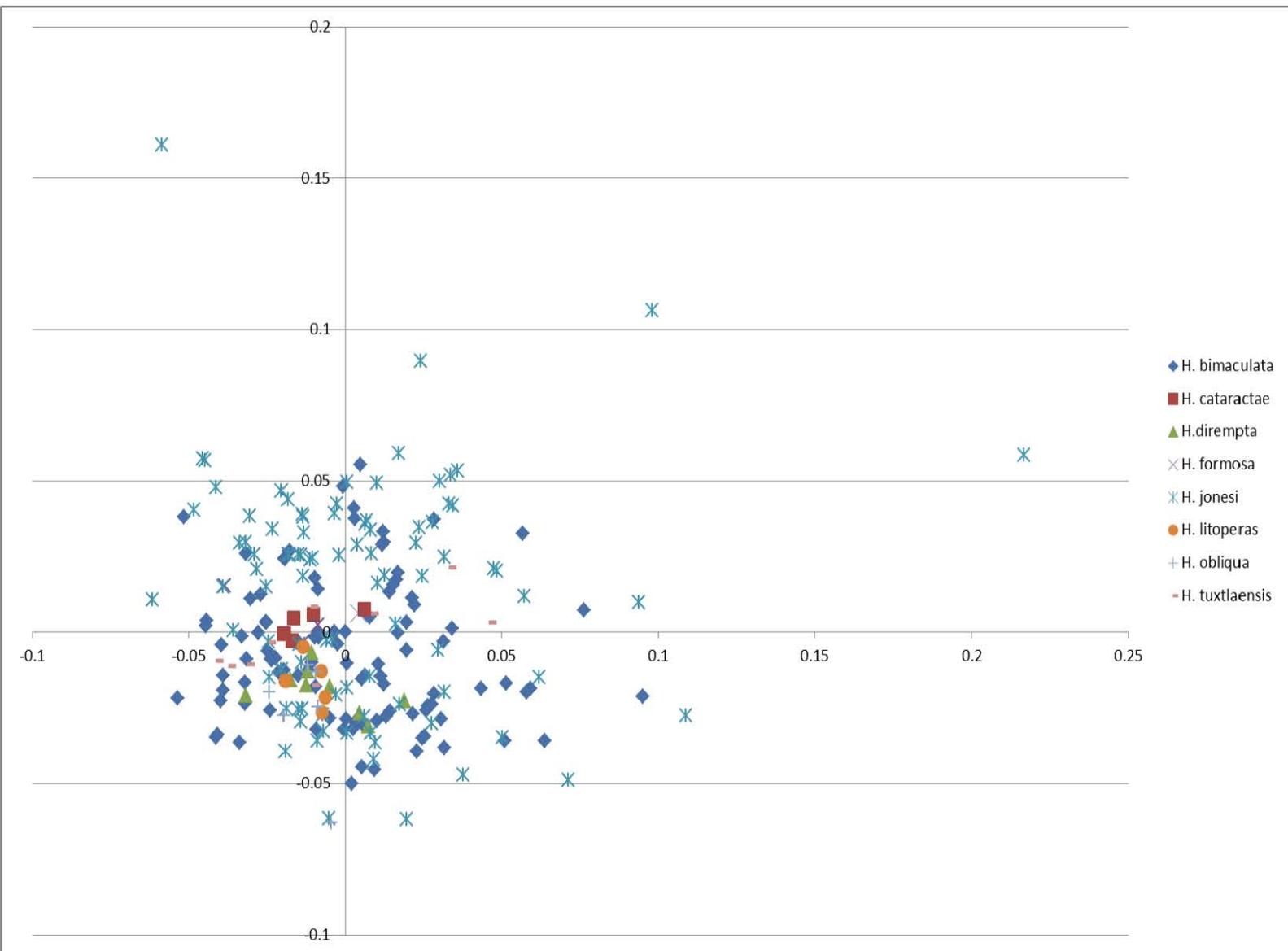
**Tabla 1.1** Valor individual y acumulativo de los primeros 4 Componentes principales.

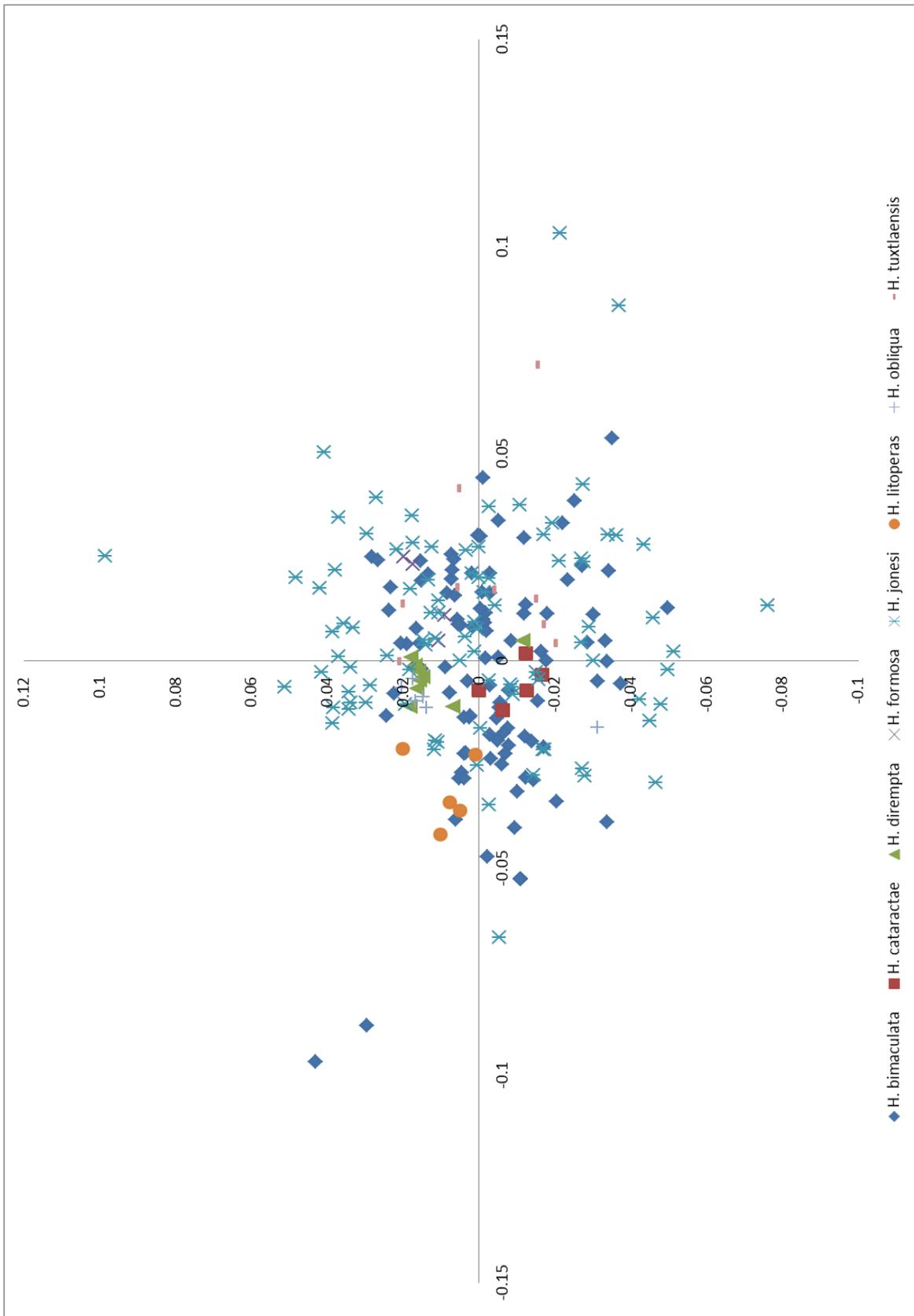
	Eigenvalores	% Varianza	Acumulativo %
1.	0.00103452	23.293	23.293
2.	0.00089447	20.140	43.434
3.	0.00067826	15.272	58.706
4.	0.00049039	11.042	69.747



**Figura 1.1** Gráfica de acumulación de los 28 componentes principales. ACP. Hembras.

Figura 1.2 Primer componente principal vs segundo componente principal. Estudio-Hembras.



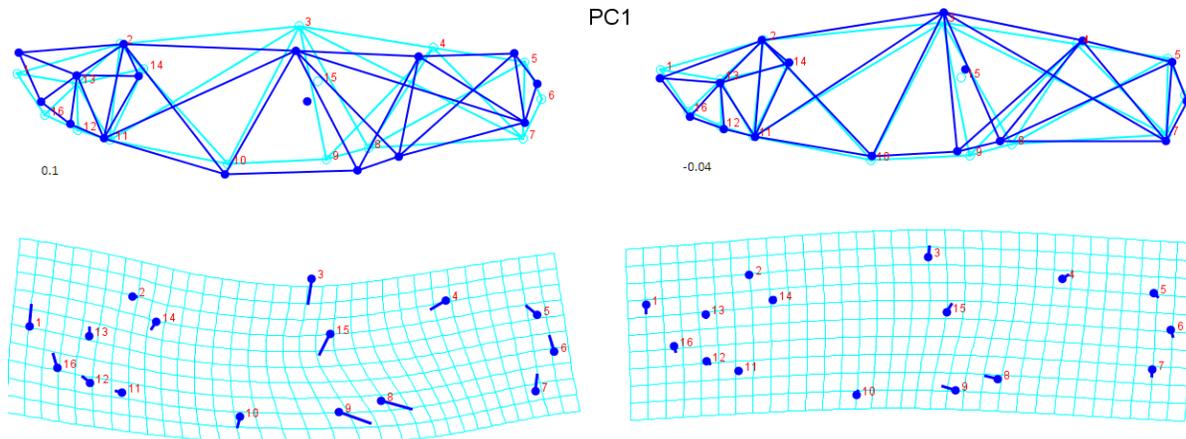


**Figura 1.3** Tercer componente principal vs cuarto componente principal. Estudio-Hembras.

Las gráficas anteriores (1.2 y 1.3) son resultado del análisis de componentes principales, donde se grafican en dos dimensiones, los valores del primer componente principal contra el segundo (figura 1.2) y los valores del tercer componente principal contra el cuarto (figura 1.3). Este análisis exploratorio uso como clasificador la especie, el clasificador de especie cuenta con 8 categorías: *H. bimaculata*, *H. cataracatae*, *H. dirempta*, *H. formosa*, *H. litoperas*, *H. jonesii*, *H. obliqua* y *H. tuxtlaensis*, con 243 observaciones de toda la muestra. En la primera gráfica se observa que algunas de las áreas de las elipses de confianza se sobreponen en los bordes o quedan comprendidas por elipses de mayor área, lo que llevó posteriormente a analizar las categorías por separado.

### ***PRIMER COMPONENTE PRINCIPAL***

El primer componente principal explica el 23.29% de la varianza total al interior de la muestra (véase tabla 1.1), Este componente agrupa cambios relacionados principalmente con un cierto arqueamiento del cuerpo e incluye cambios en la región cefálica, el área del pedúnculo caudal, la posición de la aleta anal y su distancia con la aleta pélvica. Los puntos que tiene una mayor variación son el punto 1 que corresponde a la punta del hocico, el punto 3 que corresponde a la inserción o inicio de la aleta dorsal y los puntos 8, 9 y 10 que corresponden a las aletas pélvicas y a la inserción y final de la aleta anal. En la figura 1.4 se observan los extremos desde la región negativa del eje a la positiva, como se ve en la gráfica 1.2 donde se contrasta el componente 1 contra el 2 observando que hay una acumulación mayor de puntos y de especies en el lado negativo del eje, de hecho la mayoría de los puntos dispersos en el lado positivo del eje pertenecen a 2 categorías, *H. bimaculata* y *H. jonesii*. La región positiva del eje se caracteriza por cambios en la elevación del punto 3 (inserción de la dorsal), disminución de la pendiente del punto 1 al 2, disminución en la amplitud de la aleta dorsal (distancia entre los puntos 3 y 4) un desplazamiento posterior de la aleta anal (puntos 8 y 9) y el pedúnculo caudal presenta corrimientos hacia arriba en los puntos 5, 6, y 7.



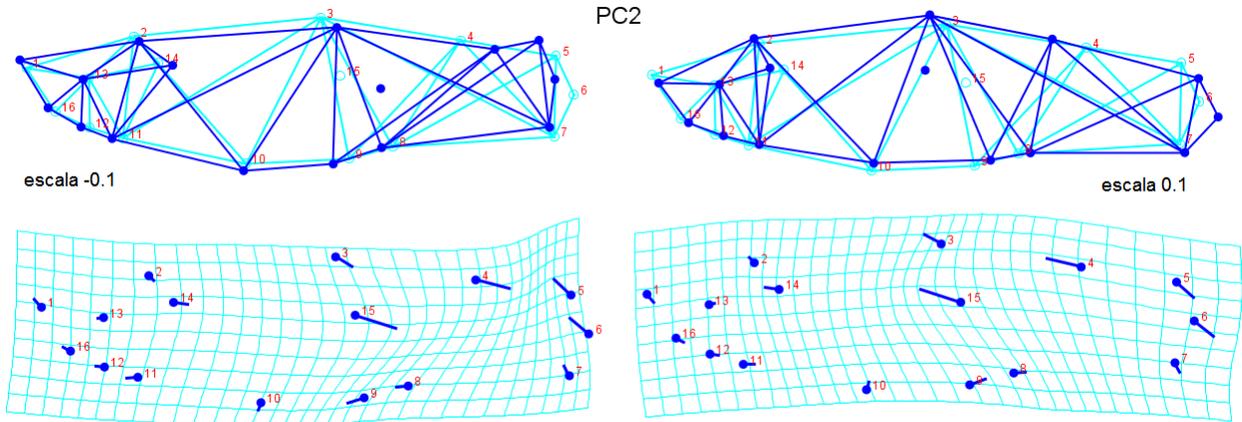
**Figura 1.4** Entramados y rejillas de deformación escalas 0.1 (izq.), -0.04 (der.). ACP; componente1

En la región negativa del eje en el componente, se agrupan la mayoría de las categorías, aunque se encuentran categorías que ocupan ambas regiones. La configuración consenso de esta región se caracteriza por cambios complementarios a los descritos en el lado positivo, pero en dirección opuesta, se describirían como un pronunciamiento en la inclinación de la parte anterodorsal del cráneo, acompañada de una elevación en la inserción de la aleta dorsal, por último, la aleta anal se recorre anteriormente. La gráfica 1.2 también muestra la existencia de procesos notables al interior de *H. bimaculata*, *H. jonesii* y *H. litoperas* en el primer componente principal.

### **SEGUNDO COMPONENTE PRINCIPAL**

El segundo componente principal de este análisis, explica el 20.14% de la variación total de la muestra, en este componente hay dos categorías que se agrupan en su mayoría en el lado positivo del eje que son *H. jonesii* principalmente y *H. bimaculata* en menor proporción, el resto de las categorías están principalmente en el lado negativo. Los cambios relacionados con este componente se pueden observar claramente en la figura 1.5, la línea de fondo (azul claro) representa la configuración consenso de toda la muestra y la línea de frente (azul) representa la configuración de la muestra a 0.1 unidades de escala. Estos cambios son complementarios a los explicados por el primer componente principal y al igual muestra similitud en los puntos variantes, estos están relacionados con la inserción de la aleta dorsal (punto 3), el termino de esta misma aleta (punto 4) y la amplitud o distancia entre estos dos puntos (3 y 4), también encontramos variación en la posición del pedúnculo caudal y el ancho de este, reiteradamente se encuentra variación en la pendiente entre los puntos 1 y 2 que corresponden al área dorso-frontal del cráneo, los puntos que demuestran mayor variación en este componente son el punto 3 (inserción

de la aleta dorsal), punto 5 (inicio dorsal de la aleta caudal) y el punto 15 (tercer gonapófisis). Otros puntos de variación son la aleta anal (puntos 8 y 9), la inserción del cráneo (punto 14) y la aleta pélvica (punto 10) muestra ligeras variaciones.

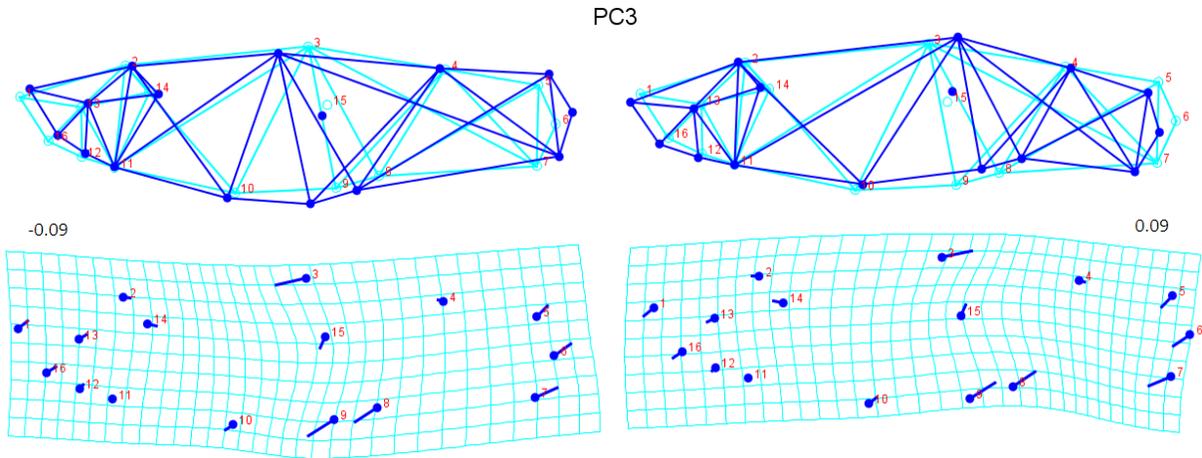


**Figura 1.5** Entramados y gradillas de deformación. ACP; componente 2, escalas: -0.1 (izq.) y 0.1 (der.)

De acuerdo con la disposición de los puntos en la gráfica de la figura 1.2 se observa una tendencia de *H. jonesii* a agruparse en el lado positivo del eje, aunque también se pueden encontrar varios elementos de la categoría *H. bimaculata*.

### ***TERCER COMPONENTE PRINCIPAL***

El tercer componente principal explica el 15.27% de la variación total en la muestra. Se observa que los cambios o variaciones de mayor magnitud se encuentran en la inserción de la aleta dorsal (punto 3), posición del pedúnculo caudal (puntos 5, 6, y 7), aleta anal (puntos 8 y 9) y la punta del hocico (punto 1). Observando una consistencia en los cambios de la forma con un leve arqueamiento que es menos notable en este tercer componente.



**Figura 1.6** Entramados y gradillas de deformación. ACP; componente 3, escalas: -0.09 (izq.) y 0.09 (der.)

En la región negativa del eje (figura 1.6, izquierda), se encuentran cambios relacionados con la amplitud de la aleta dorsal, un desplazamiento en dirección anterior del punto 3, una elongación y ligera elevación de los puntos en la región del pedúnculo caudal 5, 6, y 7; la aleta anal se desplaza a una posición más anterior el punto 9 queda en línea recta con el punto 3, las aletas pectorales se recorren en la misma dirección pero en menor magnitud, esto hace que la distancia entre aletas se reduzca, también se puede observar que la punta del hocico (punto 1) se eleva ligeramente. En la región positiva del eje (figura 1.6, derecha), los cambios son complementarios a los de la región negativa pero en sentido opuesto, la aleta dorsal reduce su amplitud, los puntos que conforman el pedúnculo caudal descienden en su posición y el pedúnculo parece acortarse ligeramente, la aleta anal se recorre posteriormente al igual que lo hace ligeramente el punto 10 que representa la aleta pélvica, la punta del hocico (punto 1) se desplaza a una coordenada inferior y se alarga ligeramente.

### ***ANÁLISIS AL INTERIOR DEL GÉNERO***

En estas pruebas se utiliza nuevamente la especie como variable clasificatoria, estas categorías cumplen con ser mutuamente excluyentes.

Se realizó un análisis de variables canónicas de para comparar entre varias categorías y después un análisis de función discriminante el cual hace un análisis pareado entre las categorías por separado. El análisis de funciones discriminantes se efectuó en algunos casos con permutaciones para poner a prueba la significancia estadística.

### ***ANÁLISIS DE VARIABLES CANÓNICAS GENERAL (ACV).***

El análisis canónico de variables para las hembras, se realizó con 243 ejemplares de las 8 categorías o especies (Tabla 3.1).

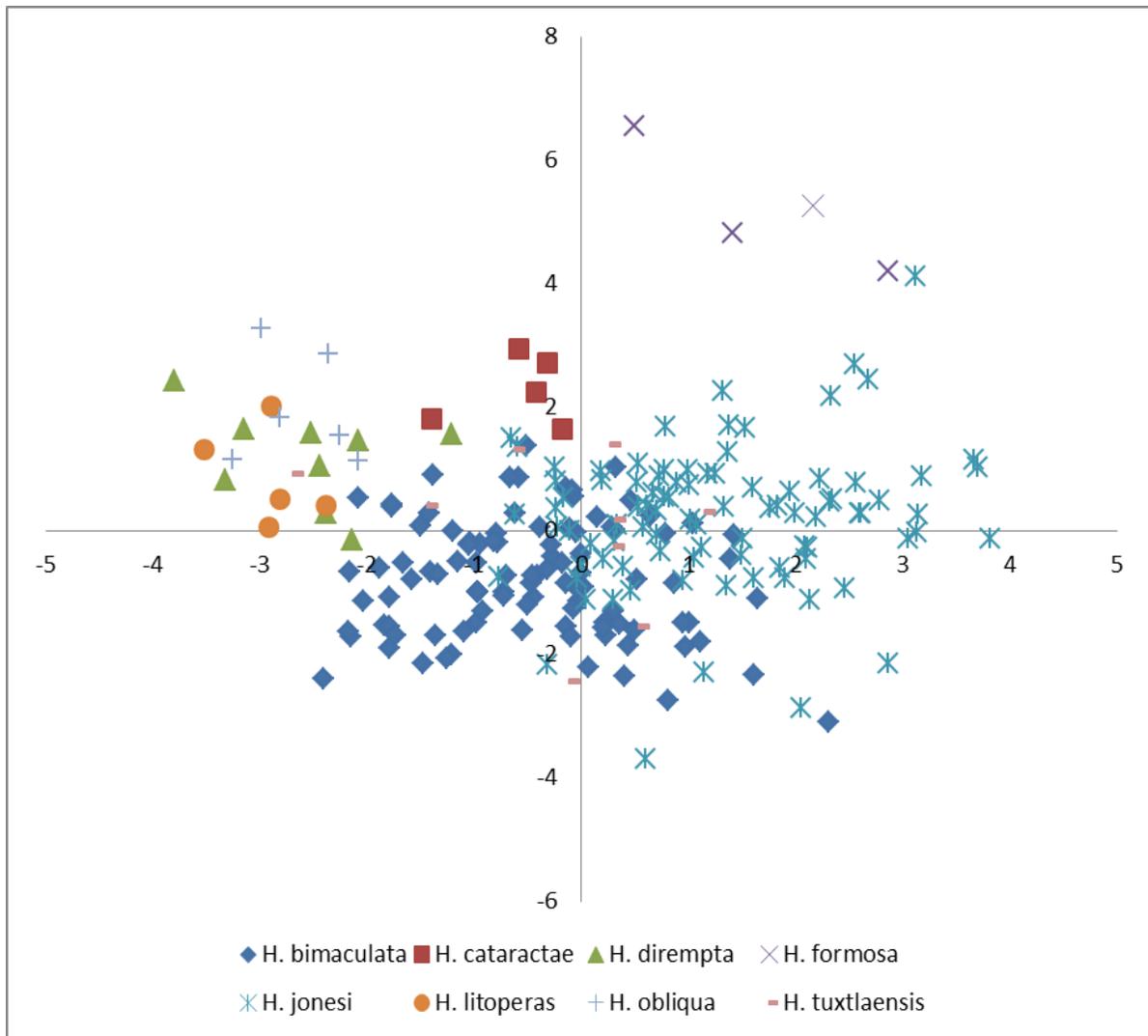
**Tabla 3.1** Criterio de clasificación: Especie-Individuos por especie en el estudio.

Grupos	Observaciones
1. <i>H. bimaculata</i>	111
2. <i>H. cataractae</i>	5
3. <i>H. dirempta</i>	9
4. <i>H. formosa</i>	4
5. <i>H. jonesii</i>	91
6. <i>H. litoperas</i>	5
7. <i>H. obliqua</i>	9
8. <i>H. tuxtlaensis</i>	9

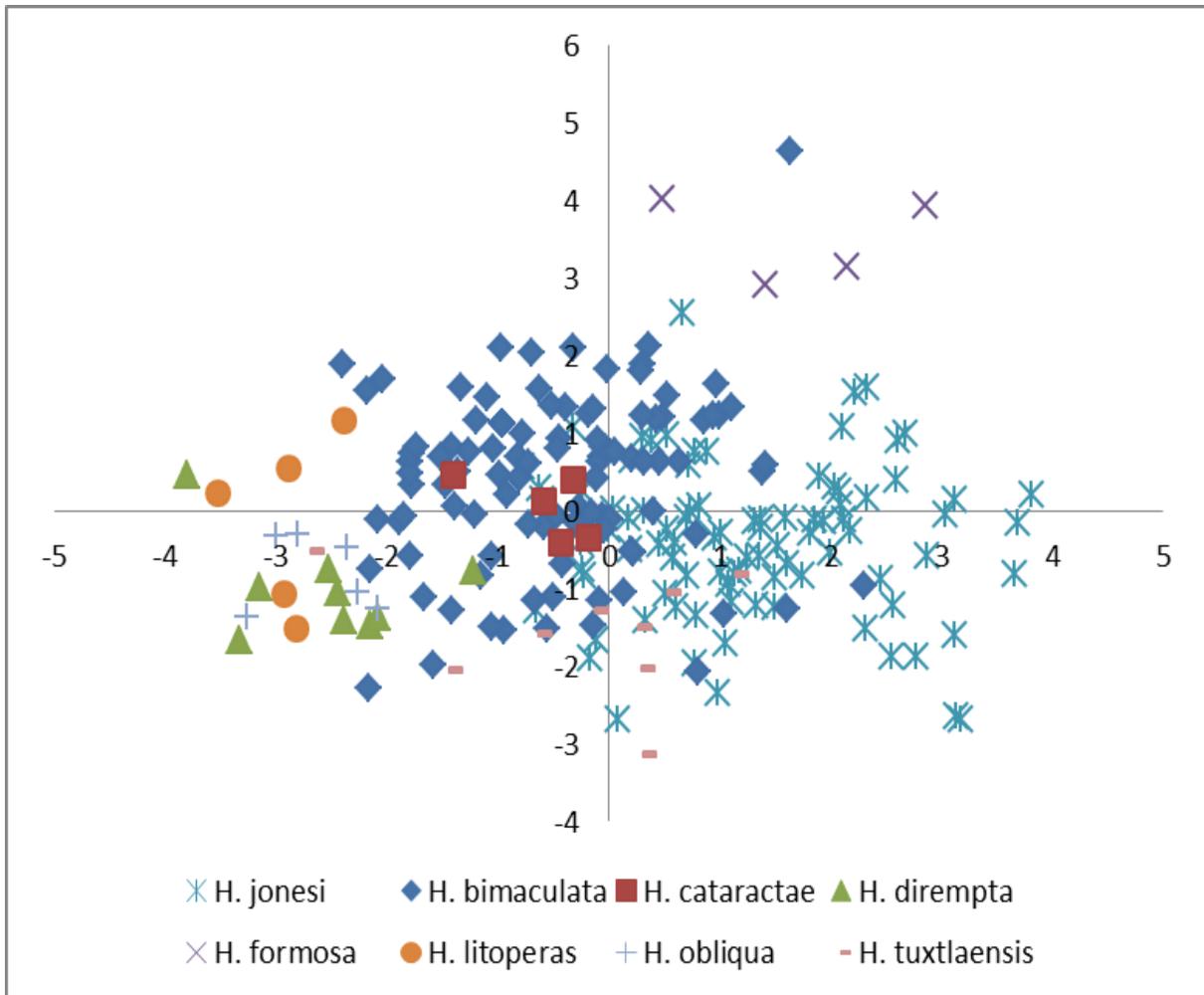
El análisis arrojó 7 variables canónicas que explican el 100% de la variación, aunque individualmente solo las primeras tres explican arriba del 10% de la variación y en conjunto estas tres variables canónicas agrupan el 77.69% de la variación (Tabla 3.2).

**Tabla 3.2** Variación entre grupos, escalado por el inverso de la variación intra-grupal.

	Eigenvalores	% Varianza	% Acumulativo
1.	1.52308880	36.852	36.852
2.	1.18180707	28.594	65.446
3.	0.50628531	12.250	77.696



**Figura 2.1** Gráfica de dispersión CV1 Vs CV2, AVC Hembras.



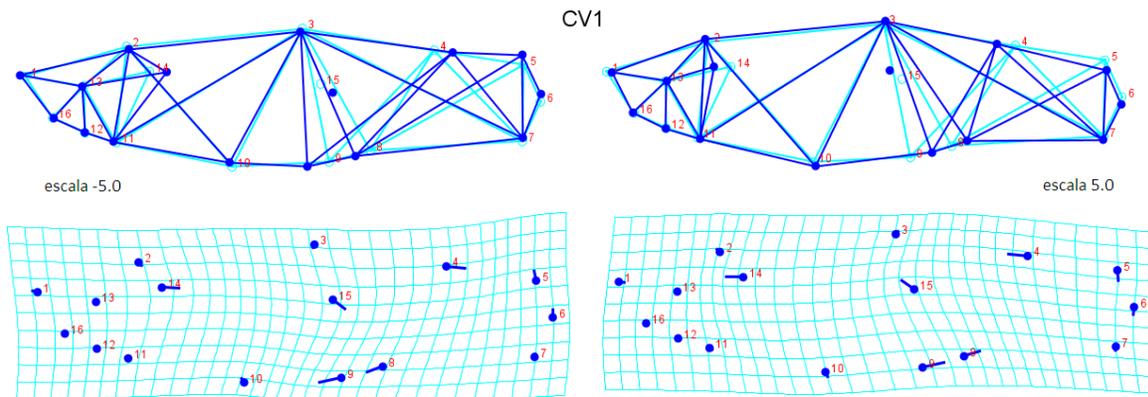
**Figura 2.2** Gráfica de dispersión CV1 Vs CV3, AVC Hembras

Del mismo modo que en el análisis de componentes principales, se utilizaron los valores de las variables canónicas para construir gráficas de dos dimensiones y observar tendencias de las categorías sobre los ejes (figuras 2.1 y 2.2).

***PRIMER VARIABLE CANÓNICA.***

La primera variable canónica explica el 36.856% de la variación (tabla 3.2), esta variable canónica separa totalmente a la categoría de *H. formosa* del lado positivo del eje. *H. jonesii* muestra una tendencia a agruparse en su mayoría también en la zona positiva. El resto de las categorías se agrupa en el lado negativo del eje, exceptuando a *H. bimaculata* que se agrupa en ambos lados aunque guardando una mayor proporción y una notable tendencia hacia el lado negativo del eje. Los cambios de mayor magnitud se localizan en los puntos: 4, 8, 9, 14 y 15, esto indica que los individuos que se agrupan del

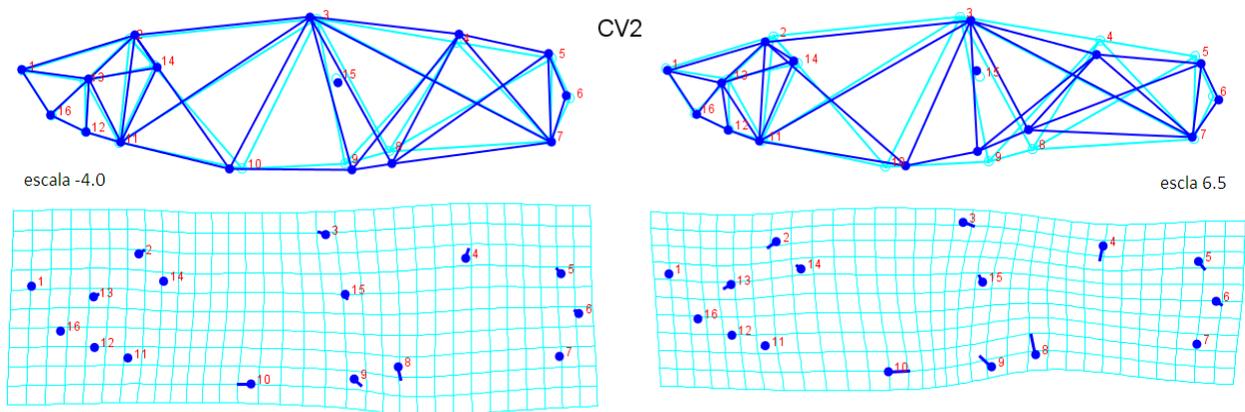
lado positivo del eje, tendrán una aleta dorsal pequeña, un pedúnculo caudal ligeramente más delgado, una aleta anal en posición posterior y una cabeza menos alargada, mientras que los cambios en el lado negativo son en sentido opuesto a los descritos para el lado positivo. Esto quiere decir que *H. formosa*, *H. jonesii* y una minoría de *H. bimaculata* se agruparían en las características afines a las de la primera descripción aunque en distinto grado. La mayoría de las observaciones de *H. bimaculata*, la totalidad de *H. cataractae*, *H. dirempta*, *H. tuxtlaensis*, *H. litoperas* y *H. obliqua* son las categorías que se encuentran en el lado negativo del eje ajustándose a la forma descrita por la figura 2.3 en la escala -5.0 (izquierda).



**Figura 2.3** Entramados y gradillas de deformación. AVC; variable 1, escalas: -5.0 (izq.) y 5.0 (der.)

### **SEGUNDA VARIABLE CANÓNICA.**

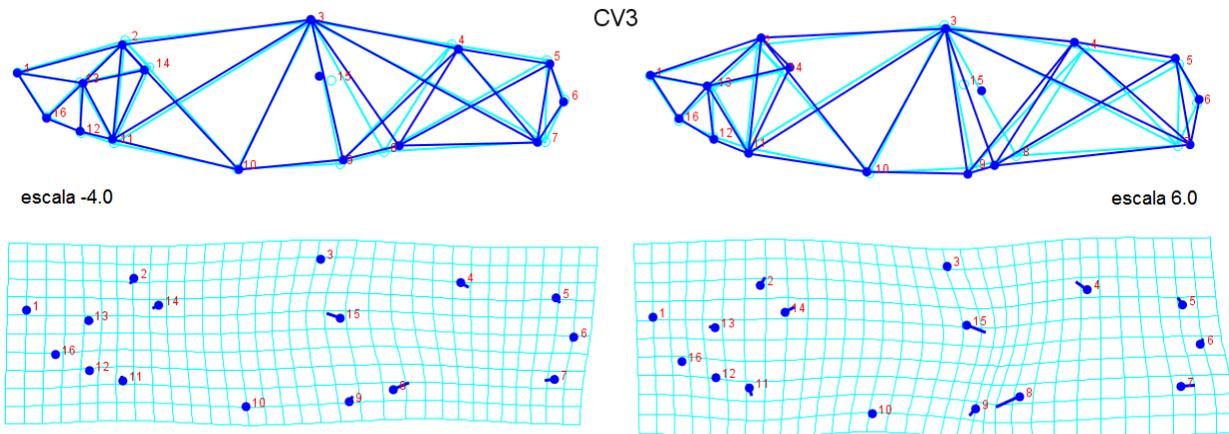
La segunda variable canónica explica el 28.594 % de la variación (tabla 3.2), los cambios de mayor magnitud los encontramos en la aleta dorsal especialmente en el punto 4 (término de la aleta dorsal), la aleta anal (puntos 8 y 9) y las aletas pélvicas (punto 10). Esta variable separa totalmente a *H. formosa* del conglomerado de puntos de las demás categorías ubicándolo en la zona con los valores positivos más altos del eje, la forma más afín a *H. formosa* según la variable canónica es la que muestra la figura 2.4, en la escala 6.5 en la cual podemos observar un descenso en la posición del punto 4, esto produce un adelgazamiento del pedúnculo caudal y en general de la mitad posterior del cuerpo causado por la variación de este punto 4 junto con los puntos que integran la aleta anal (puntos 8 y 9). En el lado negativo del eje se agrupa la mayoría de las observaciones de *H. bimaculata*, en menor cantidad de *H. jonesii* y *H. tuxtlaensis*. Este lado del eje muestra variaciones en sentido inverso a las descritas anteriormente, como consecuencia, se observa una mitad posterior del cuerpo robusta.



**Figura 2.4** Entramados y gradillas de deformación. AVC; variable canónica 2, escalas: -4.0 (izq.) y 6.5 (der.)

### ***TERCER VARIABLE CANÓNICA.***

La tercer variable canónica explica el 12.25% de la variación (tabla 3.2), separa a *H. formosa* en el extremo positivo del eje. Como podemos observar en la figura 2.5, se tienen cambios en el tamaño de la cabeza (punto 2), en la amplitud de la aleta anal y el punto donde termina esta aleta (punto 8), existe también una variación en la inserción ventral de la aleta caudal (punto 7). El lado positivo del eje describe un ligero corrimiento anterior y ascenso en la posición del punto 4 que define el término de la aleta dorsal, la inserción ventral de la aleta caudal (punto 7) se recorre posteriormente, la aleta anal (puntos 8 y 9) se recorre en dirección anterior y reduce su amplitud, por ultimo hay un aumento en el tamaño cefálico producto de ligeros corrimientos en los puntos 2, 11 y 14 principalmente. El lado negativo describe cambios complementarios y en dirección opuesta, el término de la aleta dorsal (punto 4) se recorre posteriormente, el punto 7 que marca la inserción ventral de la aleta caudal varia ligeramente en sentido anterior, el punto 8 incrementa su distancia del punto 9 lo que significa una aleta anal más amplia, no hay gran reducción en el tamaño cefálico



**Figura 2.5** Entramados y gradillas de deformación. AVC; variable 3, escalas: -4.0 (izq.) y 6.5 (der.)

Revisando lo anterior las variables canónicas 2 y 3 separan a *H. formosa* como una categoría muy distinta del resto hablando en términos morfométricos; *H. bimaculata* y *H. jonesii* ocupan grandes áreas de distribución en las gráficas de los componentes, esto sugiere una alta varianza en su forma y tendrán que ser analizados por separado entre ellas con el análisis de función discriminante y al interior de sus categorías con un análisis canónico.

### ***DISTANCIAS DE PROCRUSTO Y MAHALANOBIS***

De este análisis también se obtuvieron como resultados las distancias de Mahalanobis y Procrusto. En la tabla de Mahalanobis (tabla 3.3) los grupos más separados con un valor de 8.28 unidades de distancia fueron: *H. formosa* y *H. litoperas*, las categorías más cercanas según este análisis son: *H. jonesii* y *H. bimaculata*.

**Tabla 3.3** Distancia de Mahalanobis entre grupos:

	<i>H. bimaculata</i>	<i>H. cataractae</i>	<i>H. dirempta</i>	<i>H. formosa</i>	<i>H. jonesii</i>	<i>H. litoperas</i>	<i>H. obliqua</i>
<i>H. cataractae</i>	4.2493						
<i>H. dirempta</i>	3.6418	4.2364					
<i>H. formosa</i>	7.2519	6.4056	7.5766				
<i>H. jonesii</i>	<b>2.2259</b>	4.0592	4.3862	6.5554			
<i>H. litoperas</i>	4.4815	4.9233	4.0460	<b>8.2887</b>	5.2577		
<i>H. obliqua</i>	4.5541	4.7803	3.7010	7.3689	5.0128	4.8115	
<i>H. tuxtlaensis</i>	3.0035	4.7002	3.5691	7.5777	3.0252	5.3669	4.9479

El segundo análisis de distancia Procrusto se observan resultados similares, las categorías con distancia menor son: *H. dirempta*-*H. obliqua*, *H. bimaculata*-*H. jonesii*, *H. bimaculata*-*H. dirempta* y *H. jonesii*-*H. tuxtlaensis*. Los grupos más separados fueron *H. formosa*-*H. litoperas*, dentro del subgénero *Pseudoxiphophorus* son *H. litoperas*-*H.*

*tuxtlaensis*. En ambos análisis los índices más altos de separación se dan en el grupo *H. formosa*.

**Tabla 3.4** Distancias Procrusto entre grupos:

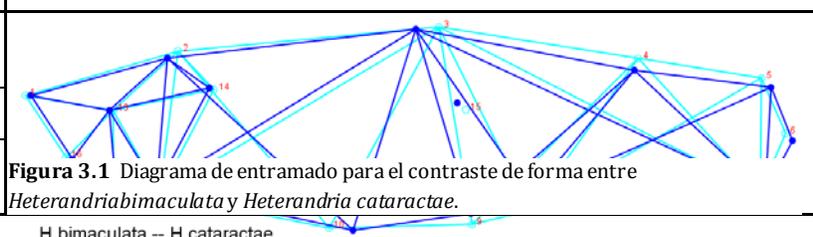
	<i>H. bimaculata</i>	<i>H. cataractae</i>	<i>H. dirempta</i>	<i>H. formosa</i>	<i>H. jonesii</i>	<i>H. litoperas</i>	<i>H. obliqua</i>
<i>H. cataractae</i>	0.0454						
<i>H. dirempta</i>	<b>0.0287</b>	0.0478					
<i>H. formosa</i>	0.0563	0.0536	0.0540				
<i>H. jonesii</i>	<b>0.0283</b>	0.0433	0.0429	0.0488			
<i>H. litoperas</i>	0.0461	0.0511	0.0427	<b>0.0799</b>	0.0601		
<i>H. obliqua</i>	0.0370	0.0497	<b>0.0247</b>	0.0580	0.0536	0.0400	
<i>H. tuxtlaensis</i>	0.0335	0.0458	0.0386	0.0532	<b>0.0298</b>	<b>0.0609</b>	0.0471

### ANÁLISIS DE FUNCIÓN DISCRIMINANTE

Este análisis es una comparación pareada entre las 8 especies del estudio, se hace el análisis de cada categoría contra las otras 7, se obtiene su distancia Procrusto, de Mahalanobis, los valores de P y T cuadrada y una tabla de reclasificación de la función discriminante el cual reasigna a las observaciones a otra categoría o afirma la pertenencia de las observaciones a su categoría.

***H. bimaculata*/*H. cataractae*:** Conforme a los resultados del análisis y los valores de las pruebas de hipótesis (véase tabla 4.1), no se encontraron argumentos suficientes para aceptar la  $H_0$  y se argumenta que existen diferencias significativas entre estos dos grupos. La figura 3.1 muestra variaciones en la longitud de la aleta dorsal (landmarks o puntos 3-4), una inserción de la aleta dorsal más posterior (punto 3) en *H. bimaculata*, una variación en la anchura del pedúnculo caudal (puntos 5, 6 y 7) una inserción más anterior de la aleta pélvica (punto 10) en *H. bimaculata* y diferencias notables en la posición de la aleta anal (puntos 8-9). Como se observa en la tabla 4.2, El porcentaje de reclasificación positiva del Análisis de Funciones Discriminantes (AFD) es de 100% para ambos grupos.

<b>Tabla 4.1</b>		
<b>Grupo 1: <i>H. bimaculata</i>/</b>		
<b>Grupo 2: <i>H. cataractae</i></b>		
Distancia Procrusto: 0.04543181		
Distancia	de	Mahalanobis:
6.7242		



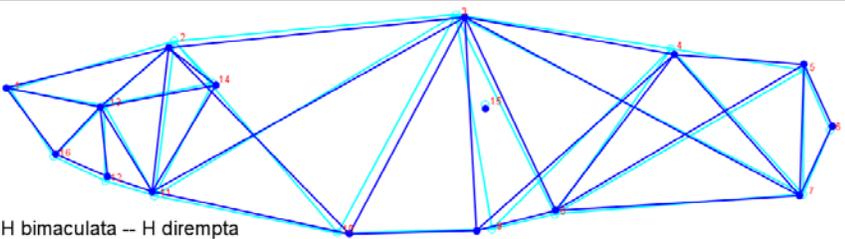
T-cuadrada:	valor-P (paramétrico):	
216.3293	<.0001	

**Tabla 4.2** reclasificación de la función discriminante.

	Grupo 1	Grupo 2	Total
Grupo 1	111	0	111
Grupo 2	0	5	5

**H. bimaculata/H. dirempta:** Conforme a los resultados del análisis y los valores de las pruebas de hipótesis (véase tabla 5.1), no se encontraron argumentos suficientes para aceptar la  $H_0$  y se argumenta que existen diferencias significativas entre estos dos grupos. Se observa en la figura 4.1 un ligero corrimiento hacia la parte posterior del punto de inserción en la aleta dorsal (landmark 3) junto con la inserción de la aleta pélvica (punto 10). La longitud de la aleta anal es más pequeña en *H. bimaculata* debido a un estrechamiento entre los puntos 8 y 9 y deja un espacio mayor entre las aletas pélvicas y la aleta anal. Las distancias de Mahalanobis y Procrusto son relativamente pequeñas. Como se observa en la tabla 5.2, el porcentaje de reclasificación positiva del AFD es de 97.29% para el grupo 1 y de 100% para el grupo 2.

<b>Tabla 5.1</b>	
Grupo 1: <i>H. bimaculata</i>	
Grupo 2: <i>H. dirempta</i>	
Distancia Procrusto:	
0.02874745	
Distancia de Mahalanobis:	
4.2453	
T-cuadrada:	valor-P (paramétrico):
150.0370	<.0001



H bimaculata -- H dirempta

**Figura 4.1** Diagrama de entramado para el contraste de forma entre *H. bimaculata* y *H. dirempta*

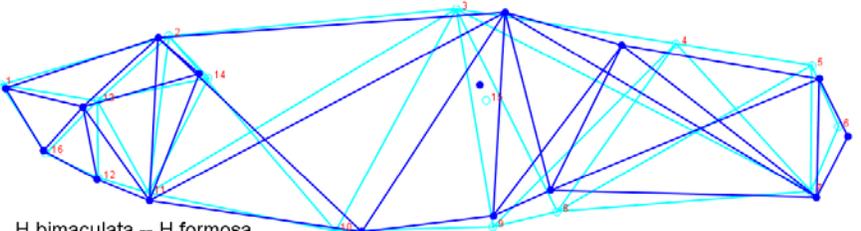
**Tabla 5.2** reclasificación de la función discriminante.

	Grupo 1	Grupo 2	Total
Grupo 1	108	3	111
Grupo 2	0	9	9

**H. bimaculata/H. formosa:** Conforme a los resultados del análisis y los valores de las pruebas de hipótesis (véase tabla 6.1), no se encontraron argumentos suficientes para aceptar la  $H_0$  y se argumenta que existen diferencias significativas entre estos dos grupos. Se observan distancias grandes de Procrusto y Mahalanobis. En la figura 5.1 se esquematizan las principales fuentes de variación perceptibles, la aleta dorsal (puntos 3-4) reducida en *H. formosa*, pedúnculo caudal delgado (puntos 5y 7), aleta pectoral (punto 10) más anterior en *H. formosa*, hay diferencias en la

posición de la aleta anal. Como se observa en la tabla 6.2, no se produjeron clasificaciones erróneas en las tablas de la función discriminante, hubo un 100% en la reclasificación del AFD en los grupos 1 y 2.

<b>Tabla 6.1</b>	
<b>Grupo 1: <i>H. bimaculata</i>/Grupo 2: <i>H. formosa</i></b>	
Distancia Procrusto:	0.05633620
Distancia de Mahalanobis:	10.5626
T-cuadrada:	valor-P (paramétrico):
430.7547	<.0001



H bimaculata -- H formosa

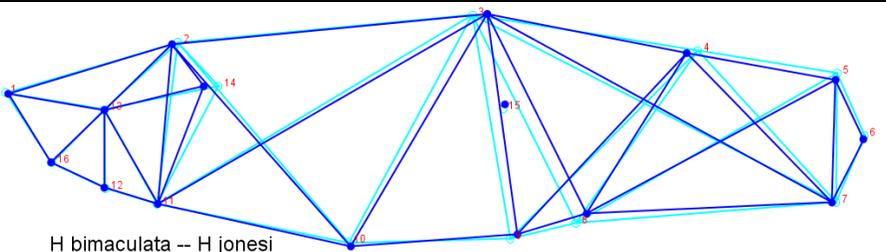
**Figura 5.1** Diagrama de entramado para el contraste de forma entre *H. bimaculata* y *H. formosa*

**Tabla 6.2** reclasificación de la función discriminante.

	Grupo 1	Grupo 2	Total
Grupo 1	111	0	111
Grupo 2	0	4	4

***H. bimaculata*/*H. jonesii*:** Conforme a los resultados del análisis y los valores de las pruebas de hipótesis (véase tabla 7.1), no se encontraron argumentos suficientes para aceptar la  $H_0$  y se argumenta que existen diferencias significativas entre estos dos grupos. Se observa un valor de P muy pequeño. La figura 6.1 muestra una aleta dorsal más pequeña en *H. jonesii* con respecto a *H. bimaculata*, la anchura del pedúnculo caudal es ligeramente mayor en *bimaculata*, la aleta anal (puntos 8-9) y la inserción de la dorsal (landmark 3) parecen covariar en la misma dirección (anteriormente). Como se observa en la tabla 7.2, la reclasificación positiva del AFD fue de 89.18% para el grupo 1 y de 82.41% en el grupo 2.

<b>Tabla 7.1</b>	
<b>Grupo 1: <i>H. bimaculata</i> /Grupo 2: <i>H. jonesii</i></b>	
Distancia Procrusto:	0.02834369
Distancia de Mahalanobis:	2.1257
T-cuadrada:	valor-P (paramétrico):
225.9456	<.0001



H bimaculata -- H jonesii

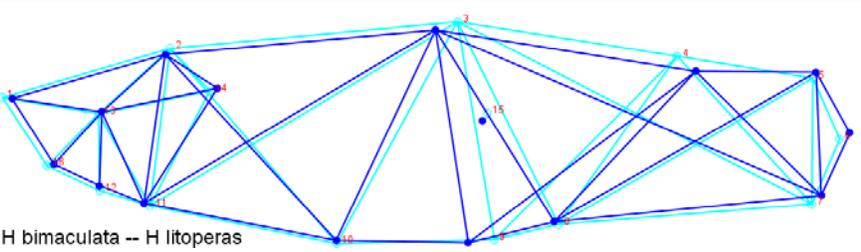
**figura 6.1** Diagrama de entramado para el contraste de forma entre *H. bimaculata* y *H. jonesii*

**Tabla 7.2** reclasificación de la función discriminante.

	Grupo 1	Grupo 2	Total
Grupo 1	99	12	111
Grupo 2	16	75	91

***H. bimaculata*/*H. litoperas*.** Conforme a los resultados del análisis y los valores de las pruebas de hipótesis (véase tabla 8.1), no se encontraron argumentos suficientes para aceptar la  $H_0$  y se argumenta que existen diferencias significativas entre estos dos grupos. En la figura 7.1 se observan las principales fuentes de variación perceptibles, los puntos que conforman la latea dorsal (3y 4) muestran un tamaño promedio de la aleta dorsal más pequeño en *H. bimaculata*. La aleta dorsal (Landmarks 8 y 9) es también más amplia en *H. litoperas* y ambas aletas tienen su inicio en posición más anterior. Como se observa en la tabla 8.2, la reclasificación positiva del AFD es de 99.09% para el grupo 1 y de 100% para el grupo 2.

<b>Tabla 8.1</b>	
<b>Grupo 1: <i>H. bimaculata</i>/Grupo 2: <i>H. litoperas</i></b>	
Distancia Procrusto:	0.04612867
Distancia de Mahalanobis:	4.9064
T-cuadrada:	valor-P (paramétrico): <.0001
115.1764	



H bimaculata -- H litoperas

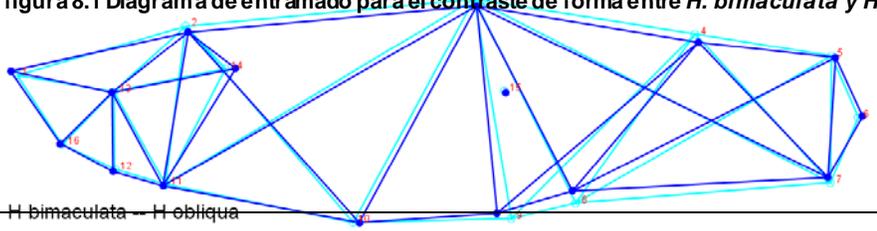
**Figura 7.1 Diagrama de entramado para el contraste de forma entre *H. bimaculata* y *H. litoperas*.**

**Tabla 8.2** reclasificación de la función discriminante.

	Grupo 1	Grupo 2	Total
Grupo 1	110	1	111
Grupo 2	0	5	5

***H. bimaculata* /*H. obliqua*.** Conforme a los resultados del análisis y los valores de las pruebas de hipótesis (véase tabla 9.1), no se encontraron argumentos suficientes para aceptar la  $H_0$  y se argumenta que existen diferencias significativas entre estos dos grupos. En la figura 8.1 se aprecian las principales fuentes de variación perceptibles, los valores de las distancias Procrusto y Mahalanobis son intermedias en el rango de valores observados para todas las especies (véase tablas 3.3 y 3.4), se observan variaciones ligeras pero en varios puntos: aleta dorsal (puntos 3 y 4), aleta anal (puntos 8 y 9) y el final de la cabeza (landmark 2). Como se observa en la tabla 9.2, la reclasificación positiva para ambos grupos fue de 100% según la función discriminante.

<b>Tabla 9.1</b>	
<b>Grupo 1: <i>H. bimaculata</i> /Grupo 2: <i>H. obliqua</i></b>	
Distancia Procrusto:	0.03704343
Distancia de Mahalanobis:	5.9933



H bimaculata -- H obliqua

**figura 8.1 Diagrama de entramado para el contraste de forma entre *H. bimaculata* y *H. obliqua*.**

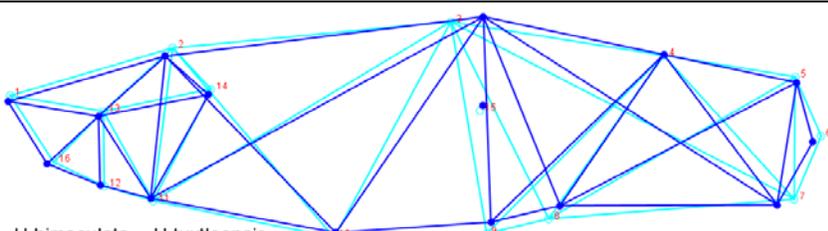
T- cuadrada: 299.0269	valor-P (paramétrico): <.0001	<b>obliqua</b>
-----------------------------	-------------------------------------	----------------

**Tabla 9.2** reclasificación de la función discriminante.

	Grupo 1	Grupo 2	Total
Grupo 1	111	0	114
Grupo 2	0	9	9

**H. bimaculata/H. tuxtlaensis:** Conforme a los resultados del análisis y los valores de las pruebas de hipótesis (véase tabla 10.1), no se encontraron argumentos suficientes para aceptar la Ho y se argumenta que existen diferencias significativas entre estos dos grupos. En la figura 9.1 se observan las principales fuentes de variación perceptibles, las principales variaciones se encuentran en el tamaño de la aleta dorsal y en la altura del cuerpo. El Landmark 7 y 6 parecen estar covariando en direcciones similares. Las distancias de Procrusto y de Mahalanobis nos pueden dar una idea de la magnitud de variación entre estas especies. Como se observa en la tabla 10.2, los porcentajes de reclasificación positiva para los grupos 1 y 2 según el AFD, son de 97.29% y 88.88% respectivamente.

<b>Tabla 10.1</b>	
<b>Grupo 1: <i>H. bimaculata</i>/Grupo 2: <i>H. tuxtlaensis</i></b>	
Distancia Procrusto:	0.03353826
Distancia de Mahalanobis:	3.5938
T- cuadrada: 107.5195	valor-P (paramétrico): <.0001



H bimaculata -- H tuxtlaensis

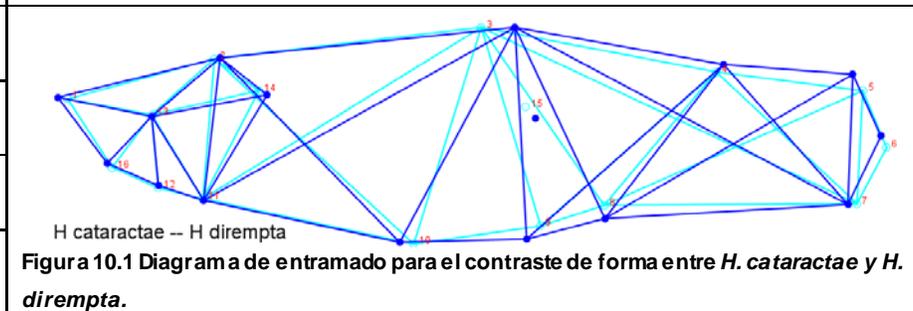
**Figura 9.1** Diagrama de entramado para el contraste de forma entre *H. bimaculata* y *H. tuxtlaensis*.

**Tabla 10.2** reclasificación de la función discriminante.

	Grupo 1	Grupo 2	Total
Grupo 1	108	3	111
Grupo 2	1	8	9

**H. cataractae /H. dirempta:** Conforme a los resultados del análisis y los valores de las pruebas de hipótesis (véase tabla 11.1), no se encontraron argumentos suficientes para aceptar la Ho y se argumenta que existen diferencias significativas entre estos dos grupos. En la figura 10.1 se representan las principales fuentes de variación perceptibles, se observa una aleta dorsal más grande (puntos 3-4) para *H. cataractae*, un reacomodo de posición en la aleta anal (puntos 8-9), también un pedúnculo caudal más pequeño (puntos 5 y 7) y la aleta pectoral esta corrida ligeramente más posterior (Landmark 10). Como se observa en la tabla 11.2, la reclasificación positiva de estos grupos fue de un 100% según la función discriminante.

<b>Tabla 11.1</b>	
<b>Grupo 1: <i>H. cataractae</i>/Grupo 2: <i>H. dirempta</i></b>	
Distancia Procrusto:	0.04779991
Distancia de Mahalanobis:	11.2102
T-cuadrada:	valor-P
403.9319	(paramétrico):
	0.4384
<u>Valores de P para la prueba con permutaciones (1000)</u>	
Distancia Procrusto:	T-cuadrada:
<.0001	<.0001

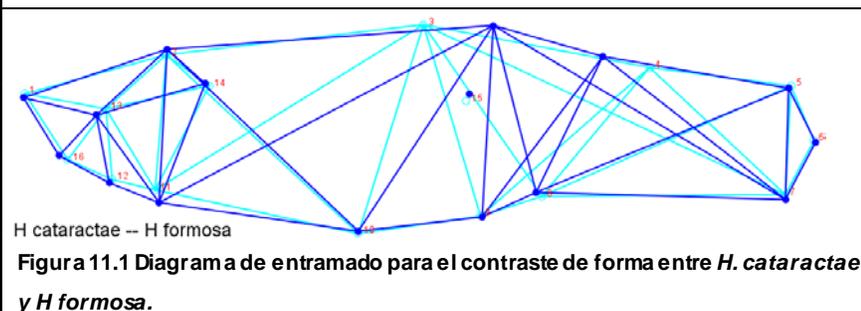


**Tabla 11.2** reclasificación de la función discriminante.

	Grupo 1	Grupo 2	Total
Grupo 1	5	0	5
Grupo 2	0	9	9

***H. cataractae*/*H. formosa*:** Conforme a los resultados del análisis y los valores de las pruebas de hipótesis (véase tabla 12.1), no se encontraron argumentos suficientes para aceptar la  $H_0$  y se argumenta que existen diferencias significativas entre estos dos grupos. En la figura 11.1 se representan las principales fuentes de variación perceptibles, se encontró diferencia clara en el tamaño de la aleta dorsal (P. 3-4,) la forma del cuerpo es muy similar, *H. formosa* parece tener una cabeza con mayor altura (P. 2-11). Los estadísticos de prueba de hipótesis nos prueban el descarte de la  $H_0$  de igualdad. Como se observa en la tabla 12.2, la reclasificación positiva fue del 100% para ambos grupos según el AFD.

<b>Tabla 12.1</b>	
<b>Grupo 1: <i>H. cataractae</i>/Grupo 2: <i>H. formosa</i></b>	
Distancia Procrusto:	0.05364357
Distancia de Mahalanobis:	3.9293
T-cuadrada:	valor-P
34.3106	(paramétrico):
	0.7290
<u>Valores de P para la prueba con permutaciones (1000)</u>	
Distancia Procrusto:	T-cuadrada:
0.0020	0.0040

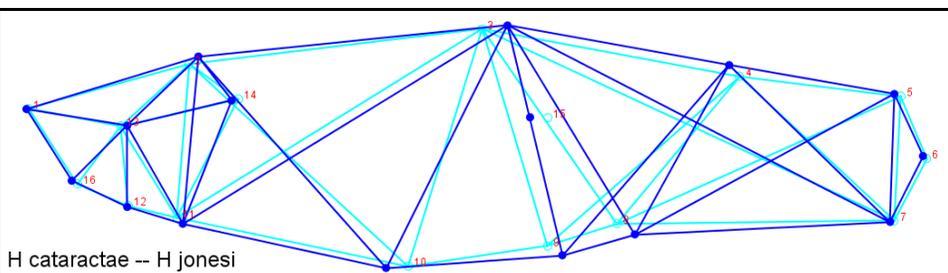


**Tabla 12.2** reclasificación de la función discriminante.

	Grupo 1	Grupo 2	Total
Grupo 1	5	0	5
Grupo 2	0	4	4

**H. cataractae/H. jonesii:** Conforme a los resultados del análisis y los valores de las pruebas de hipótesis (véase tabla 13.1), no se encontraron argumentos suficientes para aceptar la Ho y se argumenta que existen diferencias significativas entre estos dos grupos. En la figura 12.1 se observan las principales fuentes de variación perceptibles, la disposición de los landmarks indica que *H. jonesii* posee una aleta dorsal con una base más corta, un cuerpo más robusto y la inserción de la aleta pélvica (landmark 10) es más anterior que la de *cataractae*. Como se observa en la tabla 13.2, el porcentaje de reclasificación positiva del AFD es de 100% para ambos grupos

<b>Tabla 13.1</b>	
<b>Grupo 1: <i>H. cataractae</i></b> <b>/Grupo 2: <i>H. jonesii</i></b>	
Distancia Procrusto:	0.04331206
Distancia de Mahalanobis:	5.2181
T-cuadrada:	valor-P (paramétrico): 129.0532 <.0001



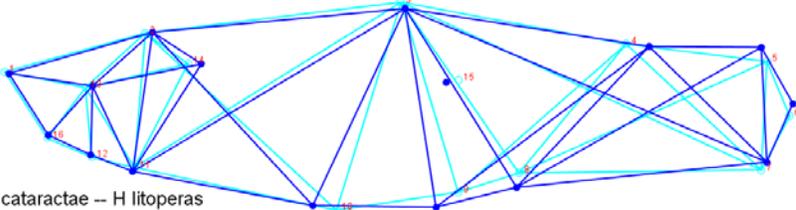
**Figura 12.1** Diagrama de entramado para el contraste de forma entre *H. cataractae* y *H. jonesii*.

**Tabla 13.2** reclasificación de la función discriminante

	Grupo 1	Grupo 2	Total
Grupo 1	5	0	5
Grupo 2	0	91	91

**H. cataractae/H. litoperas:** Conforme a los resultados del análisis y los valores de las pruebas de hipótesis (véase tabla 14.1), no se encontraron argumentos suficientes para aceptar la Ho y se argumenta que existen diferencias significativas entre estos dos grupos. En la figura 13.1 se observan las principales fuentes de variación perceptibles, los landmarks muestran que las aletas dorsal (p. 3-4) y anal (p. 8-9) tienen una base más pequeña en *H.cataractae*, la inserción o principio de la aleta dorsal no varía notablemente a diferencia del punto 4 (término de la aleta dorsal), el principio de la aleta anal se recorre a una posición más posterior al igual que la aleta pélvica (p. 10) en una deformación en la misma dirección, el pedúnculo caudal es más grueso en *litoperas* (landmarks 5-7). Como se observa en la tabla 14.2, el porcentaje de reclasificación positiva del AFD es de 100% para ambos grupos.

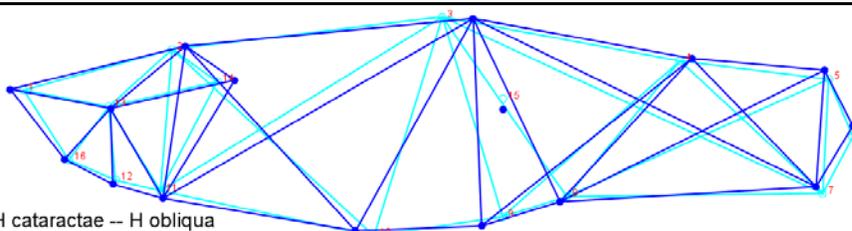
**Tabla 14.1**

<b>Grupo 1: <i>H. cataractae</i>/Grupo 2: <i>H. litoperas</i></b>		 <p>H cataractae -- H litoperas</p> <p><b>Figura 13.1 Diagrama de entramado para el contraste de forma entre <i>H. cataractae</i> y <i>H. litoperas</i></b></p>
Distancia Procrusto: 0.05109309		
Distancia de Mahalanobis: 6.5054		
T-cuadrada: 105.8009	valor-P (paramétrico): 0.5409	
<u>Valores de P para la prueba con permutaciones (1000)</u>		
Distancia Procrusto:0.0030	T-cuadrada: 0.0020	

**Tabla 14.2** reclasificación de la función discriminante.

	Grupo 1	Grupo 2	Total
Grupo 1	5	0	5
Grupo 2	0	5	5

***H. cataractae*/*H. obliqua*:** Conforme a los resultados del análisis y los valores de las pruebas de hipótesis (véase tabla 15.1), no se encontraron argumentos suficientes para aceptar la  $H_0$  y se argumenta que existen diferencias significativas entre estos dos grupos. En la figura 14.1 se observan las principales fuentes de variación perceptibles, variaciones en el tamaño de la aleta dorsal, el ancho del pedúnculo caudal, la amplitud de la base de la aleta anal y su desplazamiento posterior junto con la aleta pélvica. En general el tamaño de la cabeza es mayor en *H. obliqua* tanto en alto como en longitud cefálica. Como se observa en la tabla 15.2, el porcentaje de reclasificación positiva es del 100% para ambos grupos según el AFD.

<b>Tabla 15.1</b>		 <p>H cataractae -- H obliqua</p> <p><b>Figura 14.1 Diagrama de entramado para el contraste de forma entre <i>H. cataractae</i> y <i>H. obliqua</i></b></p>
<b>Grupo 1: <i>H. cataractae</i>/Grupo 2: <i>H. obliqua</i></b>		
Distancia Procrusto: 0.04973631		
Distancia de Mahalanobis: 8.7204		
T-cuadrada: 244.4309	valor-P (paramétrico): 0.0243	

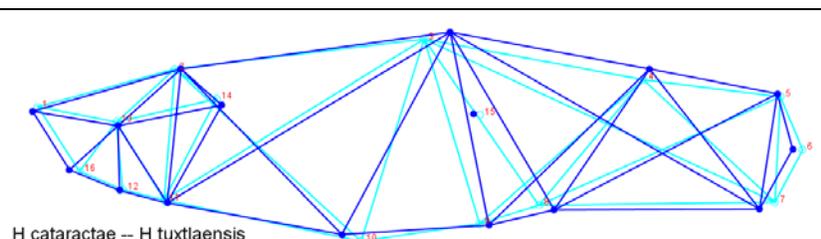
**Tabla 15.2** reclasificación de la función discriminante.

	Grupo 1	Grupo 2	Total
Grupo 1	5	0	5
Grupo 2	0	9	9

***H. cataractae*/*H. tuxtlaensis*:** Conforme a los resultados del análisis y los valores de las pruebas de hipótesis (véase tabla 16.1), no se encontraron argumentos suficientes para aceptar la  $H_0$  y se argumenta que existen diferencias significativas entre estos dos grupos. En la figura 14.1 se

observan las principales fuentes de variación perceptibles, la longitud de la base de la aleta dorsal es menor en *H. tuxtlaensis*, la aleta anal se encuentra en una posición ligeramente más posterior con respecto a *H. cataractae*, el pedúnculo caudal gira anteriormente alrededor del Landmark 5, la aleta pélvica es más anterior y hay un espacio mayor entre la aleta anal y pélvica. Como se observa en la tabla 16.2, el porcentaje de reclasificación positiva del AFD es de 100% para ambos grupos demostrando que los grupos está correctamente estructurados.

<b>Tabla 16.1</b>	
<b>Grupo 1: <i>H. cataractae</i>/Grupo 2: <i>H. tuxtlaensis</i></b>	
Distancia Procrusto: 0.04576053	
Distancia de Mahalanobis: 9.3975	
T-cuadrada: 283.8657	valor-P (paramétrico): 0.5101
<u>Valores de P para la prueba con permutaciones (1000)</u>	
Distancia Procrusto:0.0020	T-cuadrada: 0.0010



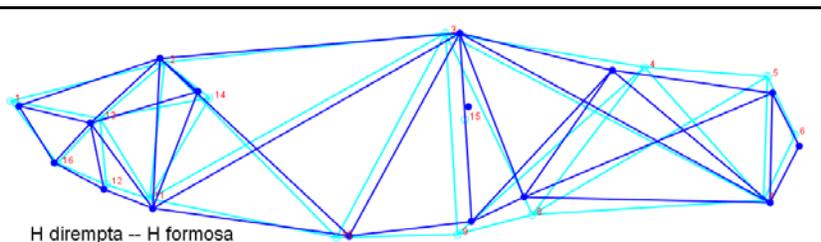
H cataractae -- H tuxtlaensis  
**Figura 15.1 Diagrama de entramado para el contraste de forma entre *H. cataractae* y *H. tuxtlaensis***

**Tabla 16.2** reclasificación de la función discriminante.

	Grupo 1	Grupo 2	Total
Grupo 1	5	0	5
Grupo 2	0	9	9

***H. dirempta*/*H. formosa*:** Conforme a los resultados del análisis y los valores de las pruebas de hipótesis (véase tabla 17.1), rechazamos la  $H_0$  y se argumentan diferencias significativas entre estos dos grupos, se observa en la figura 16.1 la marcada diferencia entre la longitud de la aleta dorsal, *dirempta* tiene una base de aleta dorsal mucho más grande que *H. formosa*, el pedúnculo caudal es más grueso para *dirempta*, las aletas anal y pélvicas tienden a covariar en la misma dirección (posterior) dándole un perfil delgado a *H. formosa*, la distancia de los puntos 2 y 11 es menor en *H. dirempta* lo cual indica una cabeza más pequeña en proporción. Como se observa en la tabla 17.2, los porcentajes de reclasificación positiva del AFD es de 100% para ambos grupos.

<b>Tabla 17.1</b>	
<b>Grupo 1: <i>H. dirempta</i>/Grupo 2: <i>H. formosa</i></b>	
Distancia Procrusto: 0.05397579	
Distancia de Mahalanobis: 7.6272	
T-cuadrada: 161.0979	valor-P (paramétrico): 0.5954
<u>Valores de P para la prueba con permutaciones (1000)</u>	
Distancia	T-cuadrada:



H dirempta -- H formosa  
**Figura 16.1 Diagrama de entramado para el contraste de forma entre *H. dirempta* y *H. formosa***

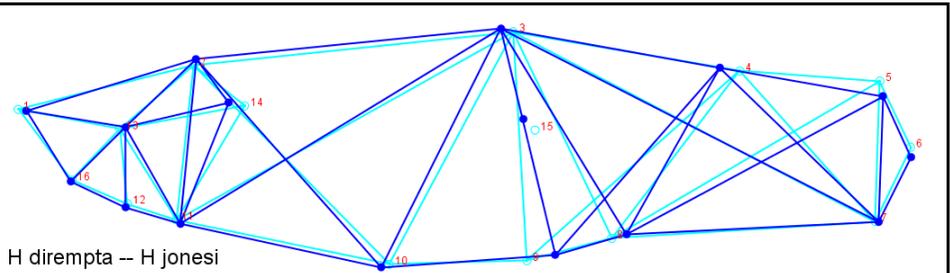
Procrusto:0.0020	0.0020	
------------------	--------	--

**Tabla 17.2** reclasificación de la función discriminante.

	Grupo 1	Grupo 2	Total
Grupo 1	9	0	9
Grupo 2	0	4	4

**H. dirempta/H. jonesii:** Conforme a los resultados del análisis y los valores de las pruebas de hipótesis (véase tabla 18.1), no se encontraron argumentos suficientes para aceptar la  $H_0$  y se argumenta que existen diferencias significativas entre estos dos grupos. En la figura 17.1 se observan las principales fuentes de variación perceptibles, en *H. jonesii*, la aleta dorsal se recorre a una posición relativamente anterior con respecto a *H. dirempta*, un pedúnculo caudal más delgado, la aleta anal corrida en dirección posterior y de tamaño menor. Como se observa en la tabla 18.2, el porcentaje de reclasificación positiva del AFD es de 100% para ambos grupos.

<b>Tabla 18.1</b>	
<b>Grupo 1: <i>H. dirempta</i>/Grupo 2: <i>H. jonesii</i></b>	
Distancia Procrusto: 0.04289964	
Distancia de Mahalanobis: 5.2595	
T-cuadrada: 226.5540	valor-P (paramétrico): <.0001



**Figura 17.1** Diagrama de entramado para el contraste de forma entre *H. dirempta* y *H. jonesii*

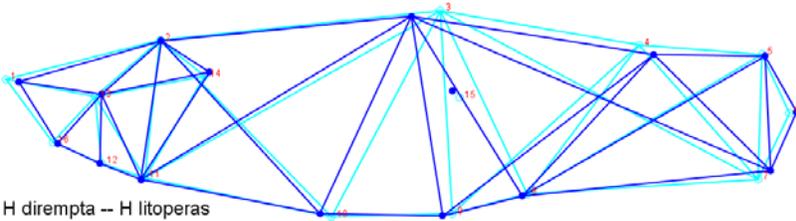
**Tabla 18.2** reclasificación de la función discriminante.

	Grupo 1	Grupo 2	Total
Grupo 1	9	0	9
Grupo 2	0	91	91

**H. dirempta/H. litoperas:** Conforme a los resultados del análisis y los valores de las pruebas de hipótesis (véase tabla 19.1), se descarta la  $H_0$  y se argumenta que existen diferencias significativas entre estos dos grupos. En la figura 18.1 se encuentra el diagrama en el cual se nota gran diferencia en la longitud de base de la aleta dorsal. En el punto 7 del pedúnculo hay un desplazamiento o corrimiento posterior, también los puntos 10 y 9 se encuentran covariando en la misma dirección, debido a esto la aleta anal es de menor tamaño en *H. dirempta*. El punto 1 (punta del hocico) se alarga dándole a *H. dirempta* un hocico largo. Como se observa en la tabla 19.2, el porcentaje de reclasificación positiva de la función discriminante es del 100% demostrando la buena estructura de los grupos.

**Tabla 19.1**

<b>Grupo 1: <i>H. dirempta</i>/Grupo 2: <i>H. litoperas</i></b>	
Distancia Procrusto: 0.04273508	
Distancia de Mahalanobis: 7.3010	
T-cuadrada: 171.3355	valor-P (paramétrico): 0.6227
<u>Valores de P para la prueba con permutaciones (1000)</u>	
Distancia Procrusto:<.0001	T-cuadrada: 0.0010



H dirempta -- H litoperas

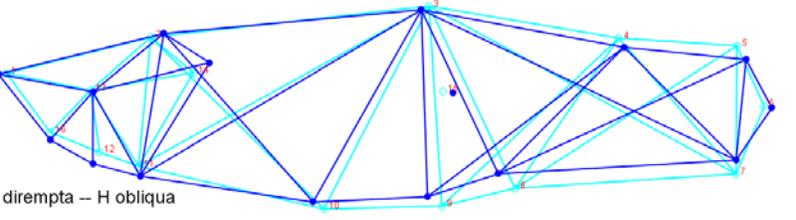
**Figura 18.1 Diagrama de entramado para el contraste de forma entre *H. dirempta* y *H. litoperas***

**Tabla 19.2** reclasificación de la función discriminante.

	Grupo 1	Grupo 2	Total
Grupo 1	9	0	9
Grupo 2	0	5	5

***H. dirempta*/*H. obliqua*:** Conforme a los resultados del análisis y los valores de las pruebas de hipótesis (véase tabla 20.1), se rechaza la  $H_0$  y se argumenta que existen diferencias significativas entre estos dos grupos. En la figura 19.1 se representa la covariación en los puntos de estas categorías y se observa que *H. dirempta* presenta una aleta dorsal ligeramente menor en su base, posee un pedúnculo caudal mucho más grueso y la mitad posterior del cuerpo en general es más robusta, caso contrario en la mitad anterior donde *H. obliqua* posee una cabeza más grande y un perfil ligeramente más robusto. Como se observa en la tabla 20.2, el porcentaje de reclasificación positiva según el AFD es de 100% demostrando la solidez de los grupos.

<b>Tabla 20.1</b>	
<b>Grupo 1: <i>H. dirempta</i>/Grupo 2: <i>H. obliqua</i></b>	
Distancia Procrusto: 0.02472023	
Distancia de Mahalanobis: 6.2034	
T-cuadrada: 173.1709	valor-P (paramétrico): 0.1274
<u>Valores de P para la prueba con permutaciones (1000)</u>	
Distancia Procrusto: 0.0060	T-cuadrada: <.0001



H dirempta -- H obliqua

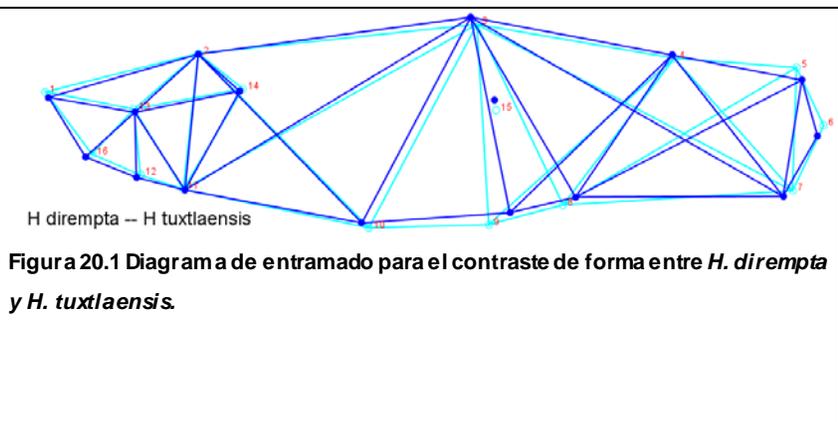
**Figura 19.1 Diagrama de entramado para el contraste de forma entre *H. dirempta* y *H. obliqua*.**

**Tabla 20.2** reclasificación de la función discriminante.

	Grupo 1	Grupo 2	Total
Grupo 1	9	0	9
Grupo 2	0	9	9

***H. dirempta/H. tuxtlaensis***: Conforme a los resultados del análisis y los valores de las pruebas de hipótesis (véase tabla 21.1), rechazamos la  $H_0$  y se argumenta que existen diferencias significativas entre estos dos grupos. En la figura 20.1 se observan las diferencias entre las conformaciones de landmarks en ambos grupos. El pedúnculo caudal se deforma hacia abajo (esto puede deberse a una variación en la posición de imagen) la aleta anal en *H. tuxtlaensis* se recorre posteriormente pero las aletas pélvicas de ambas especies se encuentran prácticamente en la misma posición lo cual reduce el espacio entre estas aletas en *H. dirempta*, la aleta dorsal inicia ligeramente más atrás en *H. dirempta* y finaliza en ambos en el mismo lugar. El tamaño y posición de los landmarks en la cabeza no varían mucho, los corrimientos más notables son los puntos 1 y 16 los cuales no deforman perceptiblemente la forma de la cabeza. Como se observa en la tabla 21.2, el porcentaje de la reclasificación positiva es de 100% para ambas especies en el AFD

<b>Tabla 21.1</b>	
<b>Grupo 1: <i>H. dirempta</i>/Grupo 2: <i>H. tuxtlaensis</i></b>	
Distancia Procrusto: 0.03856758	
Distancia de Mahalanobis: 6.8627	
T-cuadrada: 211.9353	valor-P (paramétrico): 0.7120
<u>Valores de P para la prueba con permutaciones (1000)</u>	
Distancia Procrusto:<.0001	T-cuadrada: <.0001

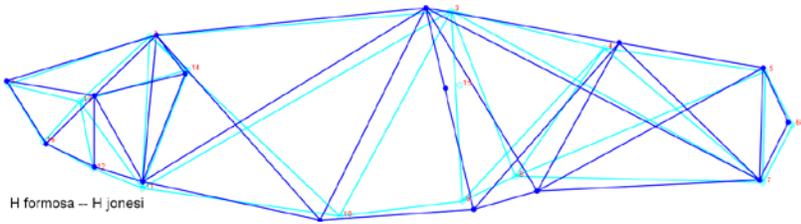


**Tabla 21.2** reclasificación de la función discriminante.

	Grupo 1	Grupo 2	Total
Grupo 1	9	0	9
Grupo 2	0	9	9

***H. formosa/H. jonesii***: Conforme a los resultados del análisis y los valores de las pruebas de hipótesis (véase tabla 22.1), rechazamos la  $H_0$  y se argumenta que existen diferencias significativas entre estos dos grupos. La comparación de las formas consenso en la figura 21.1 indica que estas especies son notablemente distintas, la longitud de la base de aletas dorsales es mayor en *H. jonesii*, la mitad posterior también es en proporción más robusta en *H. jonesii*, la posición del ojo en *H. formosa* es inferior y ligeramente anterior en relación a la segunda forma. El espacio entre las aletas pélvica y anal es mayor en *H. jonesii* y el tamaño de esta última también es ligeramente más grande. Como se observa en la tabla 22.2, el porcentaje de reclasificación positiva es de 100% para ambos grupos.

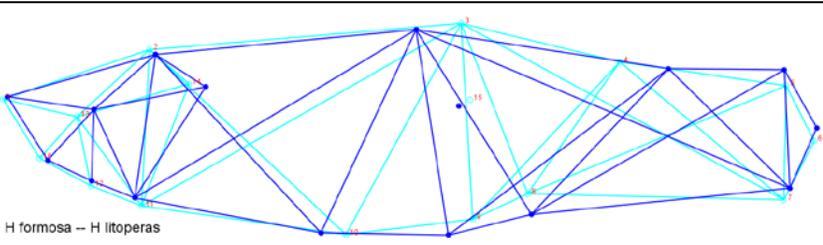
**Tabla 22.1**

<b>Grupo 1: <i>H. formosa</i>/Grupo 2: <i>H. jonesii</i></b>		
Distancia Procrusto:	0.04879878	
Distancia de Mahalanobis:	7.6926	
T-cuadrada:	valor-P (paramétrico): <.0001	
226.7353		<b>Figura 21.1 Diagrama de entramado para el contraste de forma entre <i>H. formosa</i> y <i>H. jonesii</i>.</b>

**Tabla 22.2** reclasificación de la función discriminante.

	Grupo 1	Grupo 2	Total
Grupo 1	4	0	4
Grupo 2	0	91	91

***H. formosa*/*H. litoperas*:** Conforme a los resultados del análisis y los valores de las pruebas de hipótesis (véase tabla 23.1), rechazamos la  $H_0$  y se argumenta que existen diferencias significativas entre estos dos grupos. En la figura 22.1 se observa el tamaño de la aleta dorsal mucho más grande en *H. litoperas*, *H. formosa* de igual forma que en anteriores comparaciones muestra en la mitad posterior un perfil delgado en relación a los demás, la cabeza es más larga y aguda para *H. litoperas*, la comparación de los perfiles de cuerpo denota un arqueamiento general en direcciones opuestas. Como se observa en la tabla 23.2, el porcentaje de reclasificación positiva de ambos grupos es de 100%.

<b>Tabla 23.1</b>		
<b>Grupo 1: <i>H. formosa</i>/Grupo 2: <i>H. litoperas</i></b>		
Distancia Procrusto: 0.07986609		
Distancia de Mahalanobis: 7.8742		
T-cuadrada:	valor-P (paramétrico):	<b>Figura 22.1 Diagrama de entramado para el contraste de forma entre <i>H. formosa</i> y <i>H. litoperas</i>.</b>
137.7845	0.4303	
<u>Valores de P para la prueba con permutaciones (1000)</u>		
Distancia Procrusto:0.0040	T-cuadrada: 0.0060	

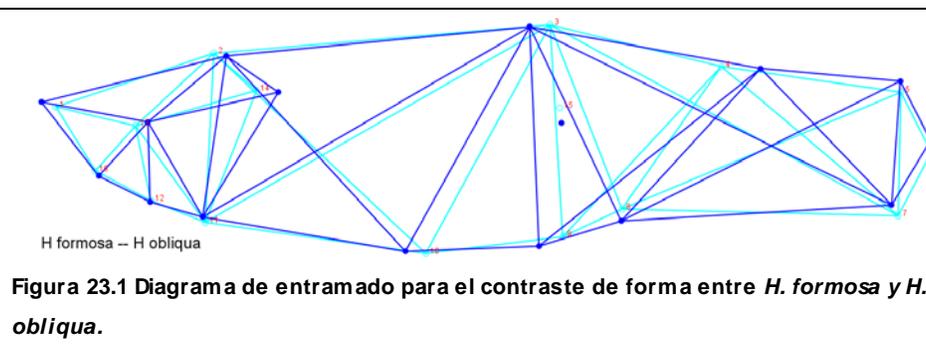
**Tabla 23.2** reclasificación de la función discriminante.

	Grupo 1	Grupo 2	Total
Grupo 1	4	0	4
Grupo 2	0	5	5

***H. formosa*/*H. obliqua*:** Conforme a los resultados del análisis y los valores de las pruebas de hipótesis (véase tabla 24.1), rechazamos la  $H_0$  y se argumenta que existen diferencias

significativas entre estos dos grupos. En la figura 23.1 se observa que la cabeza de *H. obliqua* tiene una longitud mayor, al igual que su aleta dorsal, la longitud del hocico (punto 1) también se incrementa y las aletas anal y pélvica se mueven juntas en dirección anterior. Como se observa en la tabla 24.2, el porcentaje de la reclasificación positiva del AFD es de 100% para ambos grupos

<b>Tabla 24.1</b>	
<b>Grupo 1: <i>H. formosa</i>/Grupo 2: <i>H. obliqua</i></b>	
Distancia Procrusto:	0.05802526
Distancia de Mahalanobis:	14.1499
T-cuadrada:	valor-P (paramétrico):
554.4519	0.0036

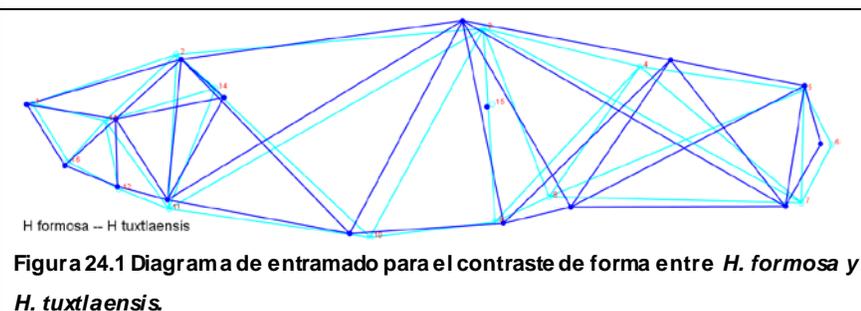


**Tabla 24.2** reclasificación de la función discriminante.

	Grupo 1	Grupo 2	Total
Grupo 1	4	0	4
Grupo 2	0	9	9

***H. formosa*/*H. tuxtlaensis*:** Conforme a los resultados del análisis y los valores de las pruebas de hipótesis (véase tabla 25.1), se rechaza la  $H_0$  y se argumenta que existen diferencias significativas entre estos dos grupos. En la figura 24.1 el diagrama muestra la gran diferencia en la longitud de base de la aleta dorsal, los puntos 6 y 7 del pedúnculo caudal en *H. tuxtlaensis* giran alrededor del punto 5 dejando la aleta caudal ligeramente inclinada hacia abajo, el pedúnculo caudal es más grueso, también se incrementa la distancia entre aletas anal y pélvica, la forma de la cabeza de *H. tuxtlaensis* es ligeramente más alargada. Como se observa en la tabla 25.2, el porcentaje de reclasificación positiva del AFD es de 100% para ambos grupos.

<b>Tabla 25.1</b>	
<b>Grupo 1: <i>H. formosa</i>/Grupo 2: <i>H. tuxtlaensis</i></b>	
Distancia Procrusto:	0.05321599
Distancia de Mahalanobis:	7.7346
T-cuadrada:	valor-P (paramétrico):
165.6679	0.5890
<u>Valores de P para la prueba con permutaciones (1000)</u>	
Distancia Procrusto:	T-cuadrada:
0.0050	0.0010

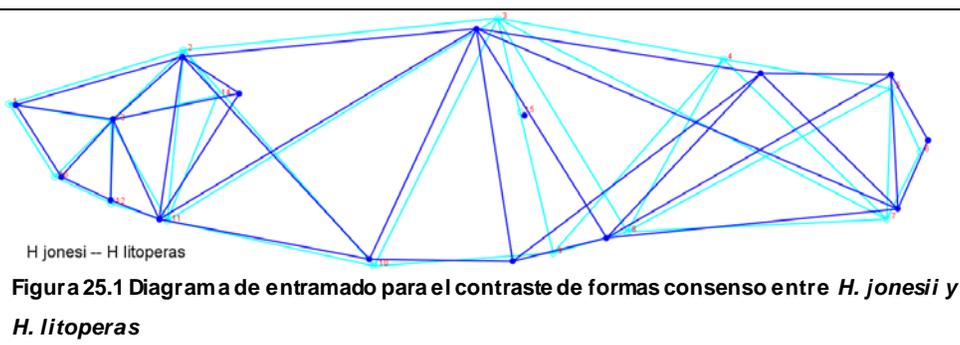


**Tabla 25.2** reclasificación de la función discriminante.

	Grupo 1	Grupo 2	Total
Grupo 1	4	0	4
Grupo 2	0	9	9

***H. jonesii/H. litoperas***: Conforme a los resultados del análisis y los valores de las pruebas de hipótesis (véase tabla 26.1), rechazamos la  $H_0$  y se argumenta que existen diferencias significativas entre estos dos grupos. En la figura 25.1 se observan las principales variaciones entre estos grupos. El tamaño o longitud de aleta dorsal es mayor en *H. litoperas*, caso contrario en el caso de la distancia entre aleta anal y pélvica la cual es menor para esta especie, la altura del cuerpo como se ve en el diagrama deja a *H. jonesii* como una especie más robusta que *H. litoperas*. Como se observa en la tabla 26.2, el AFD obtiene un porcentaje de 100% en la reclasificación positiva para ambas especies.

<b>Tabla 26.1</b>	
<b>Grupo 1: <i>H. jonesii</i>/Grupo 2: <i>H. litoperas</i></b>	
Distancia Procrusto:	0.06006686
Distancia de Mahalanobis:	6.8020
T-cuadrada:	valor-P (paramétrico):
219.288	<.0001



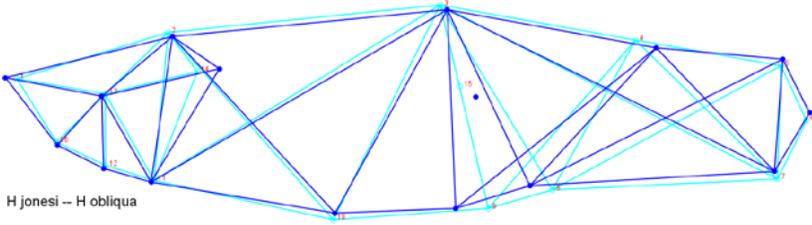
**Tabla 26.2** reclasificación de la función discriminante.

	Grupo 1	Grupo 2	Total
Grupo 1	91	0	91
Grupo 2	0	5	5

***H. jonesii/ H. obliqua***: Conforme a los resultados del análisis y los valores de las pruebas de hipótesis (véase tabla 27.1), rechazamos la  $H_0$  y se argumenta que existen diferencias significativas entre estos dos grupos. En la figura 26.1 se observan las principales fuentes de variación perceptibles, en este caso la aleta dorsal de obliqua es más extensa ya que el punto 4 ocupa una posición más posterior sin que el origen de esta (punto 3) varíe perceptiblemente su posición en los dos grupos, la aleta anal se recorre anteriormente y disminuye la distancia entre esta y la aleta pélvica, también se percibe que el hocico es ligeramente más corto para esta misma especie. Como se observa en la tabla 27.2, el porcentaje de reclasificación positiva del análisis de función discriminante es de 100% para ambos grupos.

<b>Tabla 27.1</b>	
<b>Grupo 1: <i>H. jonesii</i>/Grupo 2: <i>H. obliqua</i></b>	

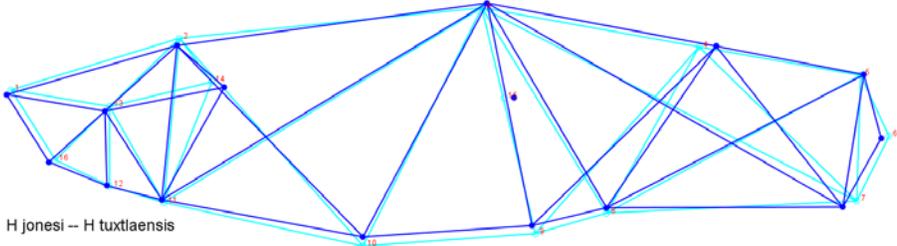
**Figura 26.1 Diagrama de entramado para el contraste de formas consenso entre *H. jonesii* y *H. obliqua***

Distancia Procrusto:		 <p>H jonesii – H obliqua</p> <p><b>jonesii y H. obliqua</b></p>
Distancia de Mahalanobis:		
0.05359169		
5.5616		
T-cuadrada:	valor-P	
253.3280	(paramétrico):	
<.0001		
<u>Valores de P para la prueba con permutaciones (1000)</u>		
Distancia Procrusto:	T-cuadrada:	

**Tabla 27.2** reclasificación de la función discriminante.

	Grupo 1	Grupo 2	Total
Grupo 1	91	0	91
Grupo 2	0	9	9

**H. jonesii/H. tuxtlaensis:** Conforme a los resultados del análisis y los valores de las pruebas de hipótesis (véase tabla 28.1), rechazamos la  $H_0$  y se argumenta que existen diferencias significativas entre estos dos grupos. En la figura 27.1 se observan las variaciones perceptibles útiles para la diferenciación de estas dos especies, la aleta dorsal de *H. tuxtlaensis* es de menor tamaño que la que presenta *H. jonesii* y la región cefálica de *H. jonesii* es más alargada. Como se observa en la tabla 28.2, el porcentaje de reclasificación positiva del análisis de función discriminante es de 100% para ambos grupos.

<b>Tabla 28.1</b>		 <p>H jonesii – H tuxtlaensis</p> <p><b>Figura 27.1 Diagrama de entramado para el contraste de formas consenso entre H. jonesii y H. tuxtlaensis</b></p>
<b>Grupo 1: H. jonesii/Grupo 2:</b>		
<i>H. tuxtlaensis</i>		
Distancia Procrusto:0.02982925		
Distancia de Mahalanobis: 3.0156		
T-cuadrada:	valor-P	
74.4786	(paramétrico):	
0.0140		

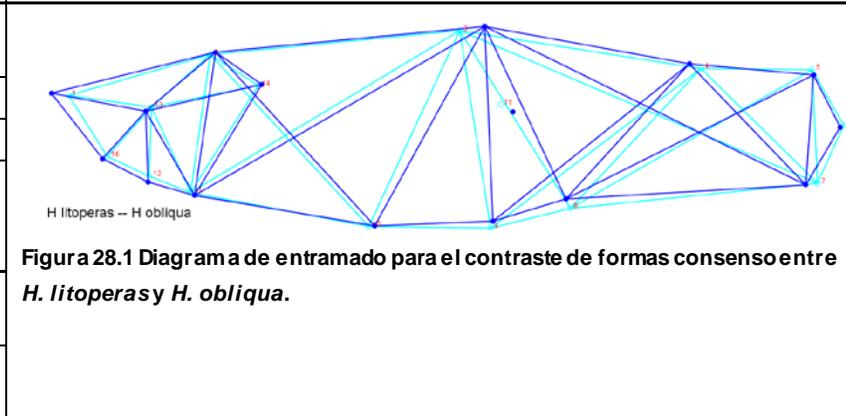
**Tabla 28.2** reclasificación de la función discriminante.

	Grupo 1	Grupo 2	Total
Grupo 1	86	5	91
Grupo 2	1	8	9

**H. litoperas/H. obliqua:** Conforme a los resultados del análisis y los valores de las pruebas de hipótesis (véase tabla 29.1), rechazamos la  $H_0$  y se argumenta que existen diferencias significativas entre estos dos grupos. En la figura 28.1 se observan las variaciones perceptibles útiles para la diferenciación de estas dos especies, la aleta dorsal de *H. obliqua* es de menor

tamaño, el hocico es más largo y el pedúnculo caudal está ligeramente orientado hacia abajo. La aleta anal no difiere mucho en su posición y tamaño, la aleta pélvica es ligeramente posterior, pero esta variación seguramente es imperceptible a simple vista. Como se observa en la tabla 29.2, el porcentaje de reclasificación positiva del análisis de función discriminante es de 100% para ambos grupos.

<b>Tabla 29.1</b>	
<b>Grupo 1: <i>H. litoperas</i>/Grupo 2: <i>H. obliqua</i></b>	
Distancia Procrusto: 0.03995477	
Distancia de Mahalanobis: 5.5032	
T-cuadrada: 97.3444	valor-P (paramétrico): 0.1146
<u>Valores de P para la prueba con permutaciones (1000)</u>	
Distancia Procrusto:<.0001	T-cuadrada: 0.00405

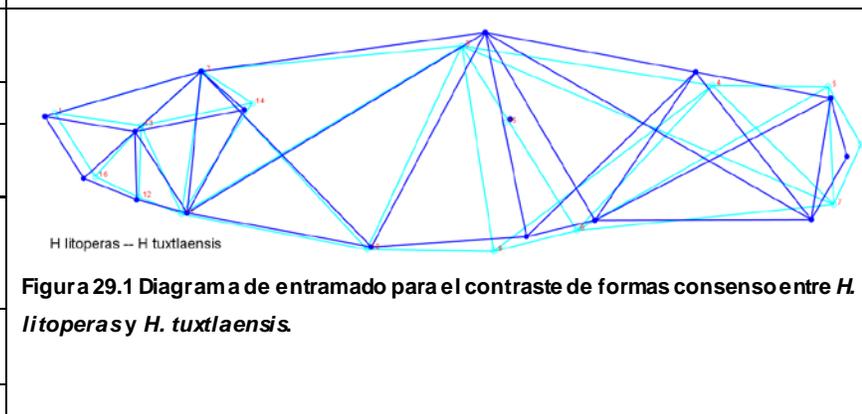


**Tabla 29.2** reclasificación de la función discriminante.

	Grupo 1	Grupo 2	Total
Grupo 1	5	0	5
Grupo 2	0	9	9

***H. litoperas/H. tuxtlaensis*:** Conforme a los resultados del análisis y los valores de las pruebas de hipótesis (véase tabla 30.1), rechazamos la  $H_0$  y se argumenta que existen diferencias significativas entre estos dos grupos. En la figura 29.1 se observan las variaciones perceptibles útiles para la diferenciación de estas dos especies, *H. tuxtlaensis* posee una aleta dorsal de menor tamaño, la aleta anal es ligeramente más pequeña y la distancia entre aletas anal y pélvica es mayor con respecto a *H. litoperas*, el hocico es de mayor tamaño y la orientación del pedúnculo caudal es hacia abajo. Como se observa en la tabla 30.2, el porcentaje de reclasificación positiva del análisis de función discriminante es de 100% para ambos grupos.

<b>Tabla 30.1</b>	
<b>Grupo 1: <i>H. litoperas</i>/Grupo 2: <i>H. tuxtlaensis</i></b>	
Distancia Procrusto: 0.06093096	
Distancia de Mahalanobis: 7.1836	
T-cuadrada: 165.8697	valor-P (paramétrico): 0.6302
<u>Valores de P para la prueba con permutaciones (1000)</u>	
Distancia	T-cuadrada:



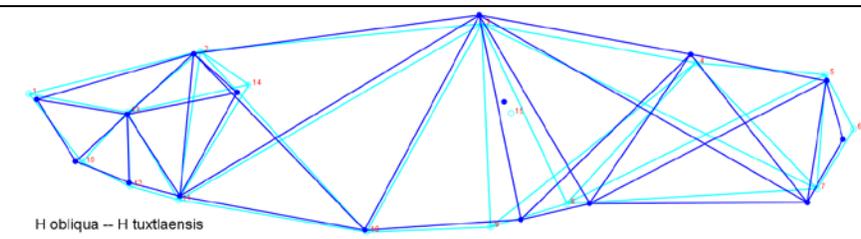
Procrusto:0.001	0.0020	
-----------------	--------	--

**Tabla 30.2** reclasificación de la función discriminante.

	Grupo 1	Grupo 2	Total
Grupo 1	5	0	5
Grupo 2	0	9	9

**H. obliqua/H. tuxtlaensis:** Conforme a los resultados del análisis y los valores de las pruebas de hipótesis (véase tabla 31.1), rechazamos la  $H_0$  y se argumenta que existen diferencias significativas entre estos dos grupos. En la figura 30.1 se observan las variaciones perceptibles útiles para la diferenciación de estas dos especies, la longitud de la base de la aleta dorsal es ligeramente menor en *H. tuxtlaensis*, la aleta dorsal se mueve a una posición más posterior con respecto a obliqua, la altura del cuerpo ligeramente mayor y la punta del hocico de obliqua está ligeramente alargada. Como se observa en la tabla 31.1, el porcentaje de reclasificación positiva del análisis de función discriminante es 100% para el grupo 1 y de 88.88% para el grupo 2.

<b>Tabla 31.1</b>	
Grupo 1: <i>H. obliqua</i> /Grupo 2: <i>H. tuxtlaensis</i>	
Distancia Procrusto: 0.04706840	
Distancia de Mahalanobis: 5.3351	
T-cuadrada: 128.0847	valor-P (paramétrico): 0.1989
<u>Valores de P para la prueba con permutaciones (1000)</u>	
Distancia Procrusto:<.0001	T-cuadrada: 0.0010



**Figura 30.1** Diagrama de entramado para el contraste de formas consenso entre *H. obliqua* y *H. tuxtlaensis*

**Tabla 31.2** reclasificación de la función discriminante.

	Grupo 1	Grupo 2	Total
Grupo 1	9	0	9
Grupo 2	1	8	9

**Tabla 32.1** Valores de P y T cuadrada (1000 permutaciones), Análisis de función discriminante

Valor P / T2 (1000 permutaciones)	<i>H. bimaculata</i>	<i>H. cataractae</i>	<i>H. dirempta</i>	<i>H. formosa</i>	<i>H. jonesii</i>	<i>H. litoperas</i>	<i>H. obliqua</i>
<i>H. cataractae</i>	<.0001/<.0001						
<i>H. dirempta</i>	<.0001/<.0001	0.4384/<.0001					
<i>H. formosa</i>	<.0001/<.0001	0.7290/<.0001	0.5954/0.0020				
<i>H. jonesii</i>	<.0001/<.0001	<.0001/<.0001	<.0001/<.0001	<.0001/<.0001			
<i>H. litoperas</i>	<.0001/<.0001	0.5409/0.0020	0.6227/0.0010	0.4303/0.0060	<.0001/<.0001		
<i>H. obliqua</i>	<.0001/<.0001	0.0243/<.0001	0.1274/<.0001	0.0036/<.0001	<.0001/<.0001	0.1146/0.00405	
<i>H. tuxtlaensis</i>	<.0001/<.0001	0.5101/0.0010	0.7120/<.0001	0.5890/0.0010	0.0140/<.0001	0.6302/0.0020	0.1989/0.0010

Conforme al resultado del análisis de función discriminante, se observa en la tabla 32.1 que algunas categorías no obtienen valores suficientes de P para una diferencia significativa, sin embargo al utilizar la prueba con (1000) permutaciones todas las categorías alcanzan valores suficientes de T cuadrada para argumentar que son distintas unas de otras, lo que por otro aspecto sugiere que el problema con la prueba de P es el tamaño de la muestra, el cual no alcanza una normalidad estadística (>30 individuos) y con la prueba con permutaciones se logra “normalizar” el análisis y bordear el problema del tamaño de muestra.

## RESULTADOS MACHOS

Se le dio el mismo tratamiento a los machos que a las hembras, el motivo de analizarlos por separado se debe al dimorfismo sexual, en todos los poecílidos machos se tiene una estructura gonopodial derivada de los radios modificados en la aleta anal, el gonopodio produce una fuerte variación en la forma entre machos y hembras, lo que hace necesario un análisis individual.

### *ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES*

Este análisis arrojó como resultado un total de 28 componentes principales, de los cuales solo los primeros 3 acumulan por separado más del 10% de la variación y en conjunto estos tres componentes tienen un valor acumulativo del 67% de la variación total al interior de la muestra, por lo anterior solo estos tres componentes serán explicados por separado.

**Tabla 32.1** Los 4 Eigen-valores de mayor varianza, el aporte a la varianza y la varianza acumulativa.

	Eigenvalores	% Varianza	Acumulativo %
1.	0.00121319	30.663	30.663
2.	0.00081373	20.566	51.229
3.	0.00065906	16.657	67.887
4.	0.00035034	8.855	76.741

Figura 31.1 Primer componente principal vs segundo componente principal. Estudio-Machos.

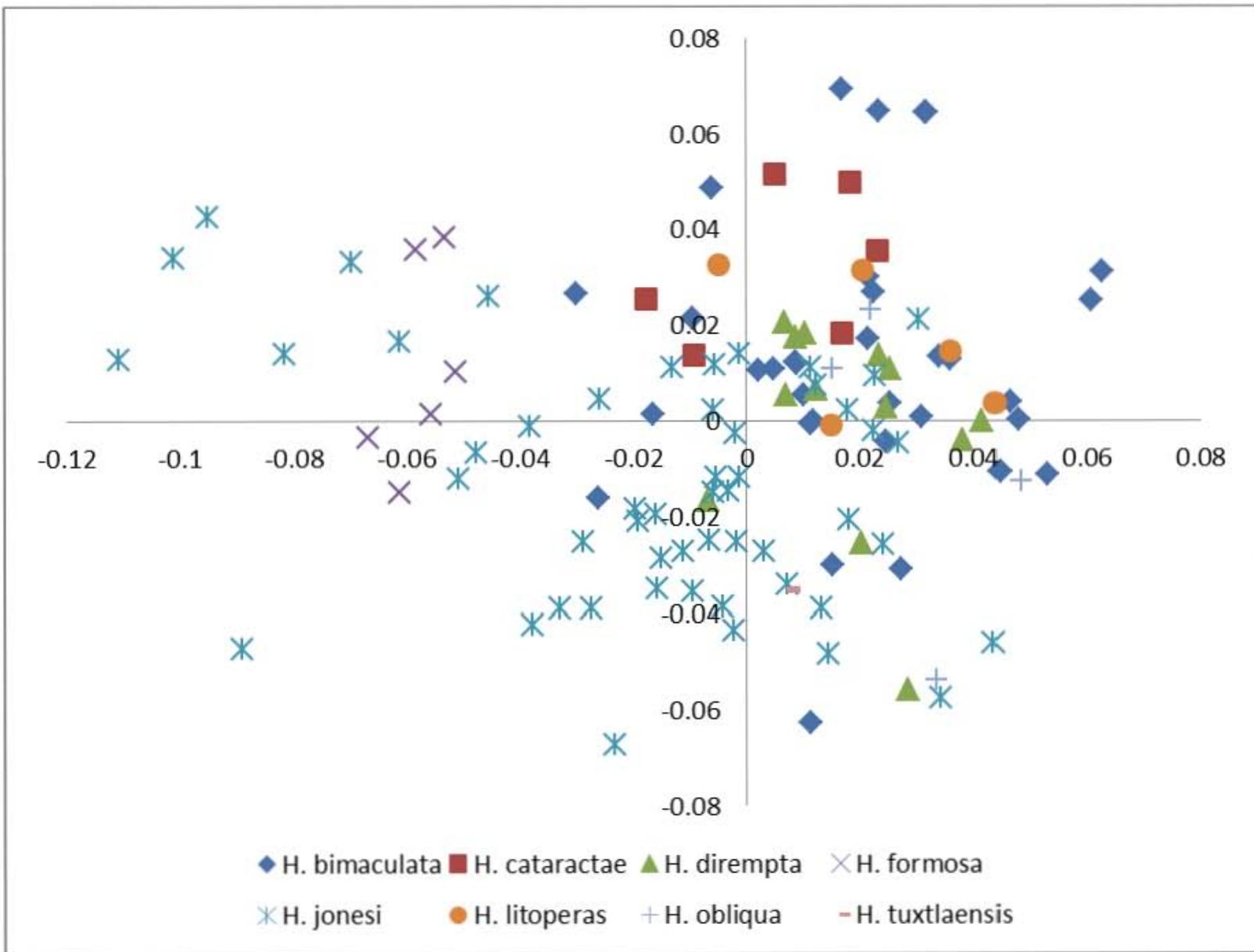
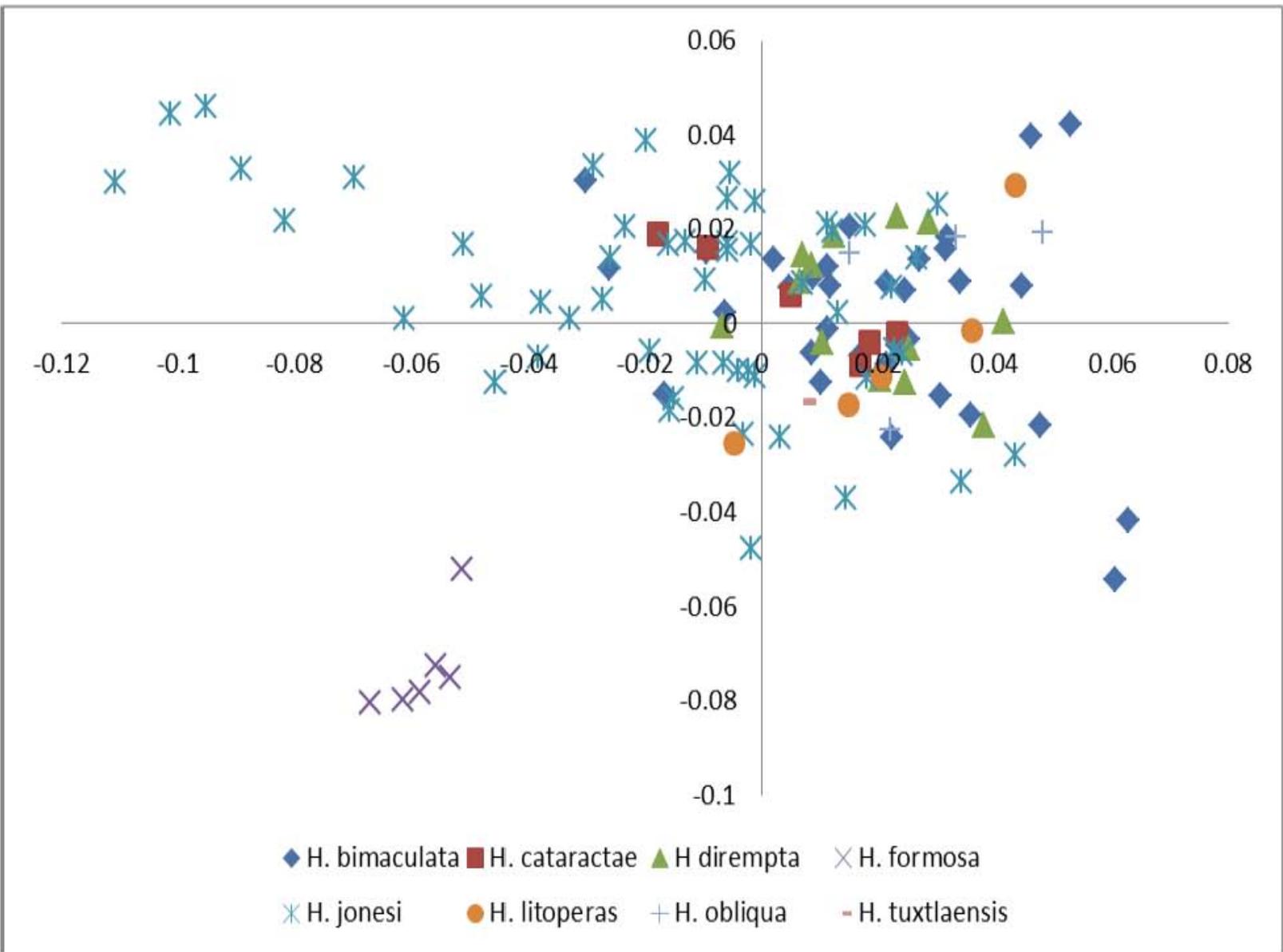
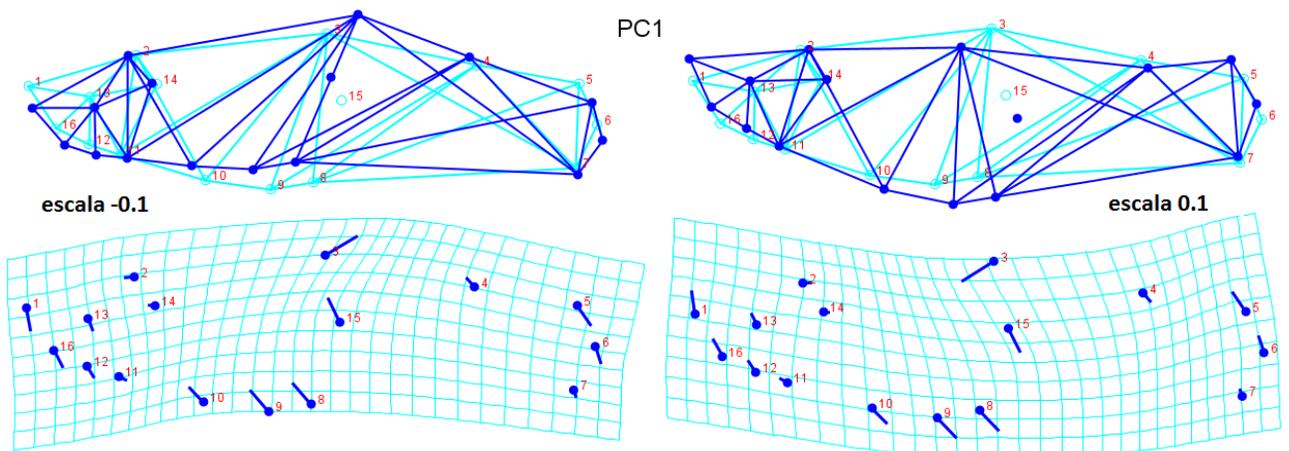


Figura 31.2 Primer componente principal vs tercer componente principal. Estudio machos.



### PRIMER COMPONENTE PRINCIPAL.

El primer componente explica el 30.66% de la varianza total de la muestra, separa a *H. formosa*, incluye a varias observaciones de *H. jonesii* y a escasas observaciones de *H. bimaculata* en el área negativa del eje. El resto de las categorías se distribuyen en el lado positivo. Según la escala de deformación los individuos como *H. formosa* y *H. jonesii* que se encuentran del lado negativo (véase figura 31.4, izquierda, escala -0.1) presentan cambios relacionados con el arqueamiento del cuerpo en dirección inferior, los puntos donde se encuentran variaciones de mayor magnitud son: punto 3, representa el inicio o inserción de la aleta dorsal, este se posiciona más arriba y se recorre posteriormente; el punto 15, donde se ubica la tercera gonapofisis asciende y se recorre anteriormente; los puntos 8 y 9, representan la posición y amplitud de la aleta anal, no varían notablemente su amplitud pero se mueven en el mismo sentido: asciende y se recorre anteriormente; el punto 10, indica la posición de las aletas pélvicas, varía en mismo sentido pero en menor magnitud que los puntos que integran la aleta anal; por último el punto 1, representa la punta del hocico, se posiciona inferiormente direccionando la cabeza hacia abajo. También existen ligeros cambios en el área cefálica (puntos 12, 13 y 16) complementarios al punto 1. Los puntos 5 y 6 que corresponden al área de la aleta caudal son consistentes con este arqueamiento, estos dos puntos varían en sentido y magnitud similar: descienden y se recorren ligeramente en dirección posterior.



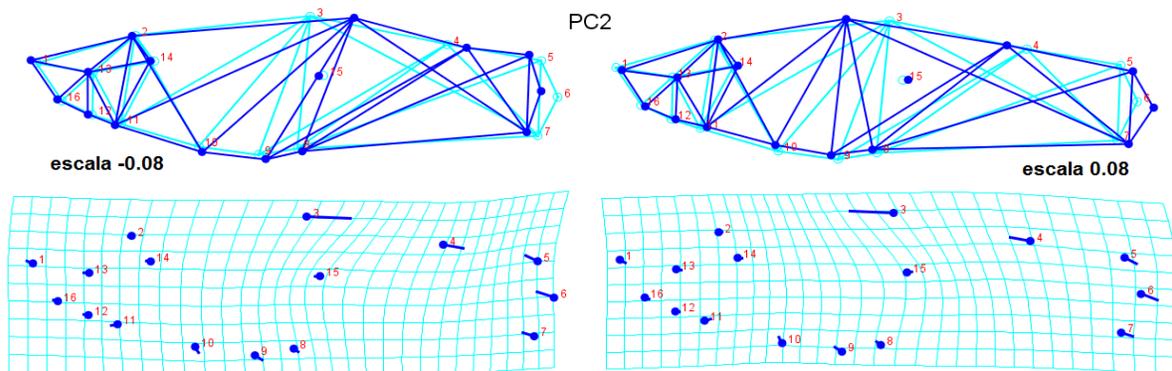
**Figura 31.3** Entramados y gradillas de deformación. ACP; componente principal 1, escalas: -0.1 (izq.) y 0.1 (der.)

Los cambios en el lado positivo del eje son complementarios a los del lado negativo, de magnitud y de sentido opuesto y describen un arqueamiento en forma de “U”.

## SEGUNDO COMPONENTE PRINCIPAL

El segundo componente principal explica el 20.56% de la varianza total de la muestra, los cambios de mayor magnitud se dan en los puntos: 3 (inicio o inserción de la aleta dorsal), 4 (término de la aleta dorsal), 5 (inserción dorsal de la aleta caudal), 6 (unión de las placas hipurales) y 7 inserción ventral de la aleta dorsal. También se encuentran variaciones menores en los puntos 8 y 9 de la aleta anal. En el lado negativo del eje las variaciones se caracterizan de la siguiente manera: una aleta dorsal pequeña y ubicada en posición posterior (el punto 3 se encuentra atrás o a la derecha del punto 8) a consecuencia del movimiento de los puntos 3 y 4, un acortamiento y ligero engrosamiento del pedúnculo caudal por acción de los puntos 5, 6 y 7. La aleta anal no sufre variaciones perceptibles salvo una ligerísima translocación posterior.

Los cambios que se presentan del lado positivo del eje son complementarios y de sentido contrario tanto en magnitud como en dirección, por lo tanto se observa una inserción de la aleta dorsal (punto 3) ubicada por delante del punto 8 y de mayor amplitud, el pedúnculo caudal se alarga y es ligeramente más angosto.

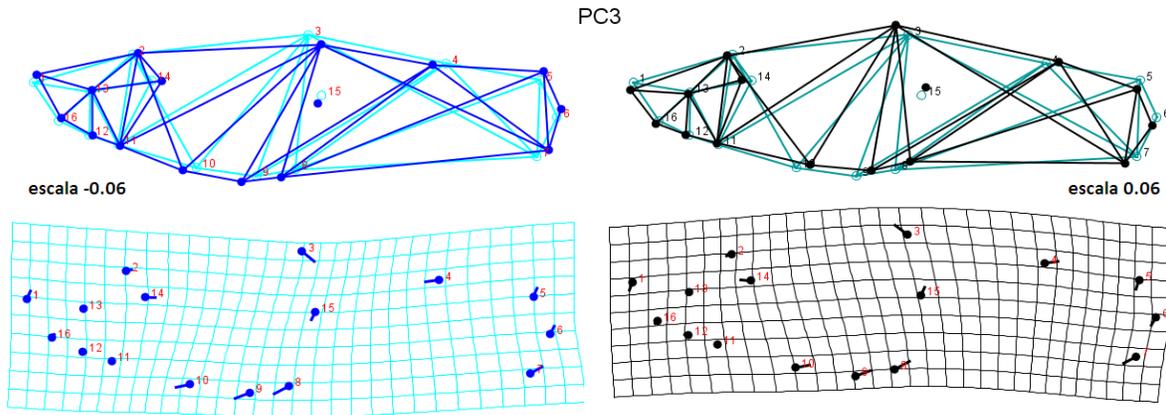


**Figura 31.4** Entramados y gradillas de deformación. ACP; componente principal 2, escalas: -0.08 (izq.) y 0.08 (der.)

En la **figura 31.2** se observan las distribuciones de las observaciones a lo largo del eje del componente, se observa una tendencia de *H. cataractae* a agruparse exclusivamente en el lado positivo del eje, se encuentra la misma tendencia pero en menor magnitud en *H. litoperas*. En el resto de las categorías, pero especialmente en *H. obliqua*, se observa una distribución a lo largo del todo el eje de sus observaciones, lo que indica el desarrollo de procesos al interior de la categoría entre sus poblaciones que involucran cambios explicados por este componente.

### TERCER COMPONENTE PRINCIPAL

El tercer componente principal explica el 16.65% de la varianza total de la muestra, en este componente se encuentra a *H. formosa* distribuida al extremo del lado negativo del componente, Los demás grupos tienen una distribución amplia a lo largo del eje, esto indica la existencia de procesos (variaciones graduales en la escala, que ocurren dentro de una población.) en la forma dentro de las categorías.



**Figura 31.5** Entramados y gradillas de deformación. ACP; componente principal 3, escalas: -0.06 (izq.) y 0.06 (der.)

Si se observa la gráfica de la figura 31.3 se notan algunas elipses que se extienden desde la zona negativa hasta la zona positiva de la escala, como es el caso de *H. litoperas*, esto indica una variación gradual descrita por el tercer componente al interior de la categoría. Los cambios explicados por este componente tienen relación con la altura y robustez del cuerpo y un ligero arqueamiento del cuerpo que se observa en otros componentes. Los puntos en los que se ubican los cambios más notables son: punto 3 (inserción de la aleta dorsal), puntos 5, 6 y 7 que corresponden al pedúnculo caudal y la inserción de la caudal, puntos 8,9 y 10 correspondientes a la aleta anal y aletas pectorales respectivamente, el punto 4 indica el termino de aleta dorsal y varía en menor magnitud que los puntos antes mencionados.

El análisis de Componentes principales remarca de forma consistente las mismas cuatro fuentes de variación en todos los grupos, a continuación se enlistan las estructuras y los procesos que aportan mayor variación y los puntos correspondientes:

- Aleta dorsal: la altura relativa de la inserción y (puntos 3 y 4)
- Pedúnculo caudal: posición y grosor de este (puntos 5, 6 y 7)

- Aleta anal: la variación principal es su posición relativa (puntos 8 y9)
- Tamaño de la cabeza y la forma (involucra principalmente a los puntos 1 y 14).

### ***ANÁLISIS DE VARIABLES CANÓNICAS (GENERAL)***

El análisis de variables canónicas incluyó 120 ejemplares, de las 8 categorías (tabla 32.3), se usó como clasificador a priori la especie y se obtuvieron los siguientes resultados:

**Tabla 32.3** Criterio de clasificación: número de observaciones por categoría

Grupo	Observaciones
<i>H. bimaculata</i>	34
<i>H. cataractae</i>	6
<i>H. dirempta</i>	13
<i>H. formosa</i>	6
<i>H. jonesii</i>	51
<i>H. litoperas</i>	5
<i>H. obliqua</i>	4
<i>H. tuxtlaensis</i>	1

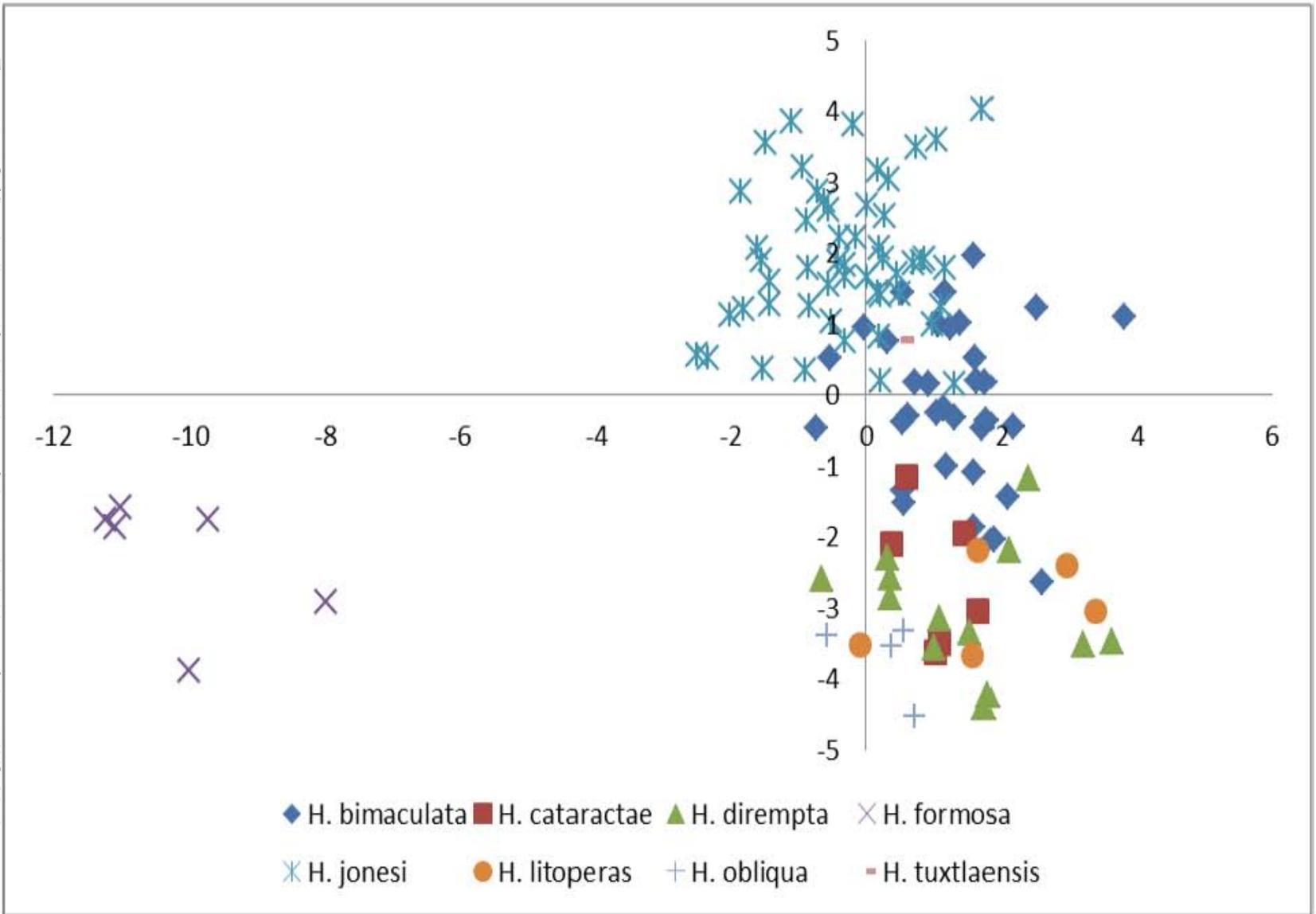
El análisis arrojó 7 variables canónicas que explican el 100% de la variación, aunque individualmente solo las primeras tres explican más de 10% de la variación y en conjunto estas tres variables agrupan el 87.42% del total.

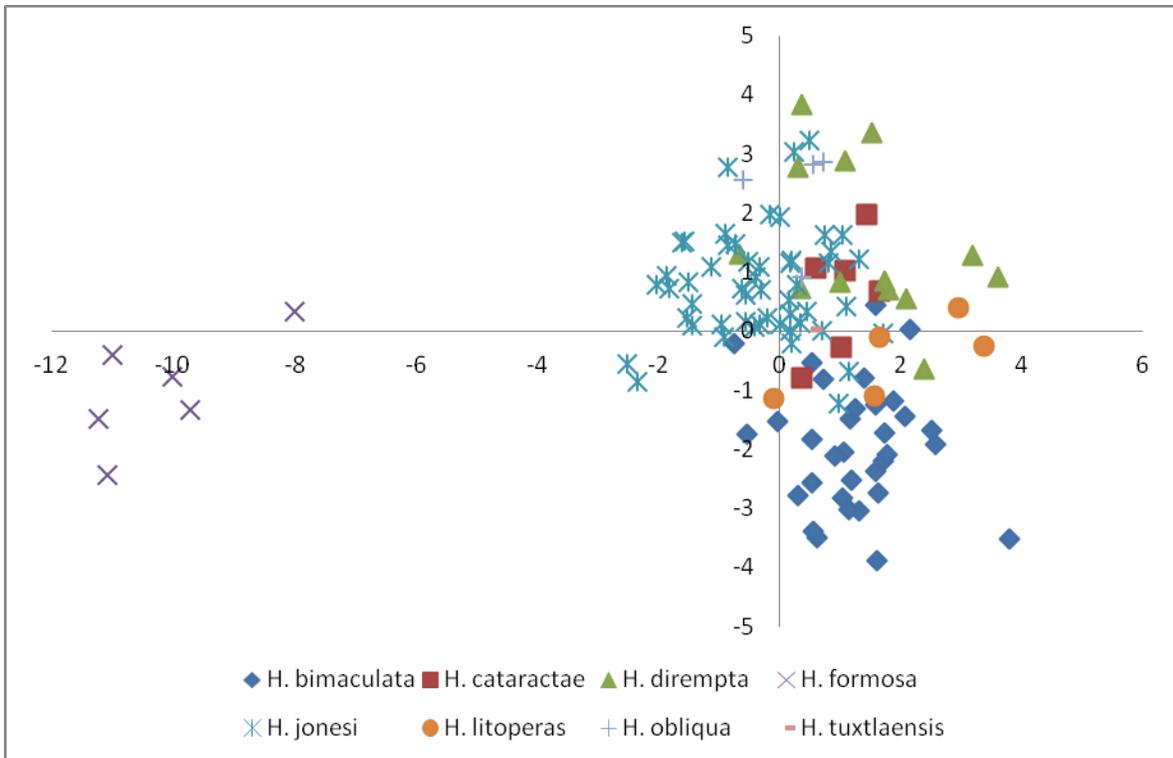
**Tabla 32.4:** Variación entre grupos, escalado por el inverso de la variación intra-grupal.

	Eigenvalores	% Varianza	% Acumulativo
1.	1.52308880	45.04	45.04
2.	1.18180707	30.21	75.26
3.	0.50628531	12.16	87.42

Se utilizaron los valores canónicos para construir gráficas de dos dimensiones y observar tendencias de las categorías sobre los ejes (figuras 31.7 y 31.8).

Figura 32.1 Gráfica de dispersión: Variable canónica 1 vs Variable canónica 2, AVC, Machos.

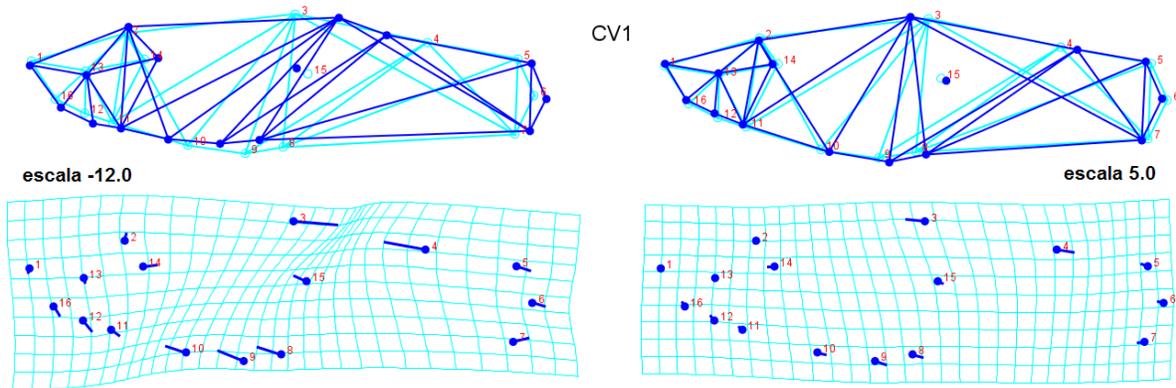




**Figura 32.2** Gráfica de dispersión: Variable canónica 1 vs Variable canónica 3.

### **PRIMER VARIABLE CANÓNICA**

La primer variable canónica explica el 45.04% de la variación, como se observa en la figura 32.1 la gráfica de dispersión separa a *H. formosa* del resto de la nube de puntos, el resto de las categorías queda agrupada en el lado positivo del eje, en relación a esto, la forma de la categoría *H. formosa* corresponde a los cambios que se observan en el entramado y gradilla de deformación de la figura 32.2 (izquierda), correspondiente a la escala -12.0; Se observa una tendencia relacionada con un tamaño cefálico mayor, con una aleta dorsal más pequeña, un pedúnculo caudal alargado, aletas pélvicas de inserción anterior y un gonopodio inserto también anteriormente, de hecho el gonopodio se inserta antes del inicio de la aleta dorsal (punto 3). La forma del segundo grupo, más grande y que agrupa al resto de las categorías se ajusta a la figura 32.2 (derecha) correspondiente a la escala 5.0, estos organismos muestran tamaños cefálicos menores en relación con el resto del cuerpo, aletas dorsales considerablemente mayores a la que se encuentran en *H. formosa*, las estructuras ventrales como las aletas pélvicas y el gonopodio tienen un punto de inserción posterior.

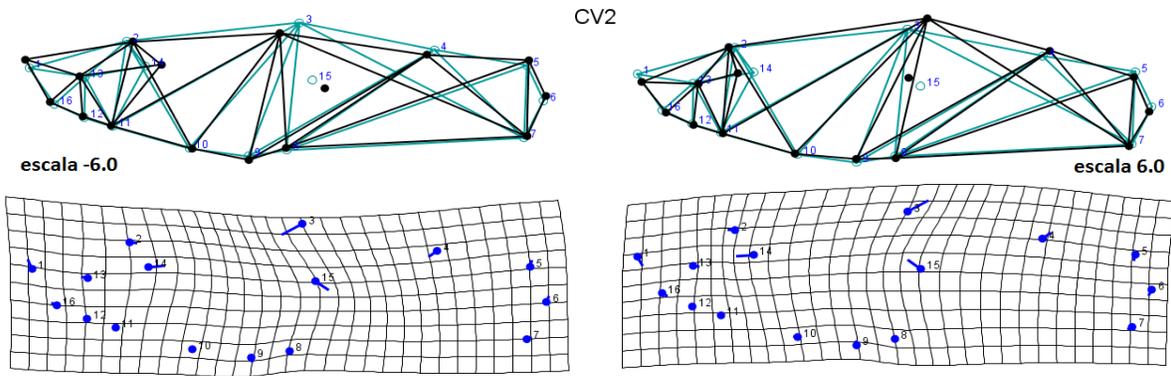


**Figura 32.3** Entramados y gradillas de deformación. AVC; variable 1, escalas: -12.0 (izq.) y 5.0 (der.)

Esta primer variable reafirma el marcado contraste morfométrico que existe entre la categoría de *H. formosa* y el resto de las categorías que integran el subgénero *Pseudoxiphophorus*, en estos organismos existen estados de carácter que se traslapan, como por ejemplo la amplitud de la aleta dorsal.

### **SEGUNDA VARIABLE CANÓNICA**

La segunda variable canónica explica el 30.21% de la variación total, se observa una distribución amplia de las categorías y no se separa claramente a ningún grupo, pero se observa que solo *H. bimaculata* y *H. jonesii* se distribuyen en la región positiva del eje, debido a esto la tendencia que se observa sobretodo en *H. jonesii* es un cuerpo más robusto, con un pronunciamiento en la pendiente del rostro (recta del punto 1 al punto 2), se observa que la región cefálica es más compacta y menos alargada, el punto de localización de la tercera gonapofisis parece moverse junto con la elevación de las estructuras dorsales y la aleta dorsal se muestra ligeramente más pequeña. Una última variación aparentemente menor, pero que se consideró de importancia: se encontró un ligero descenso del punto 8, que involucra directamente un cambio en la posición del gonopodio. No se encontraron grandes variaciones en el resto de los puntos. En la región negativa se encuentran características opuestas a las anteriormente descritas.

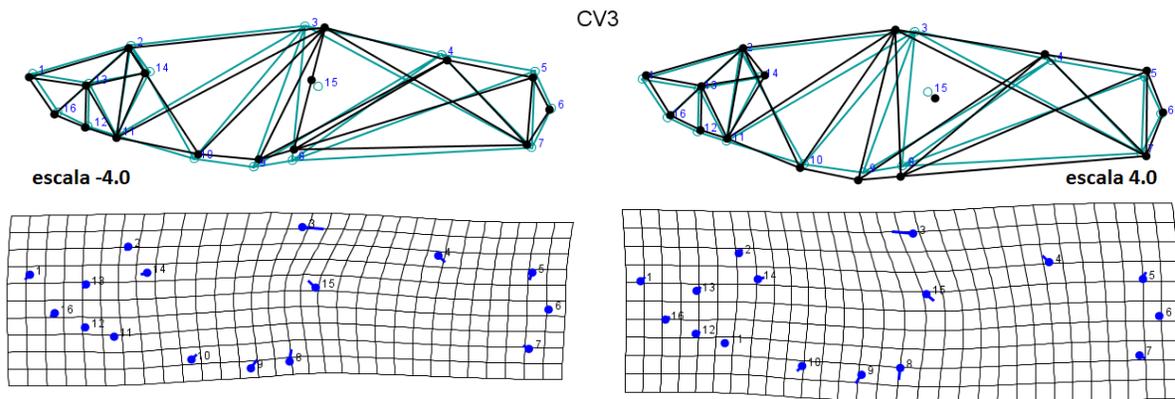


**Figura 32.4** Entramados y gradillas de deformación. AVC; variable 2, escalas: -6.0 (izq.) y 6.0 (der.)

Las categorías más afines a la configuración que se presenta en la región negativa del eje son las que pertenecen las especies centroamericanas, como son: *H. obliqua*, *H. dirempta*, *H. cataractae* y *H. litoperas*

### ***TERCER VARIABLE CANÓNICA***

La tercer variable canónica explica 12.16% de la variación total, se puede observar en la figura 32.5 ambos extremos de la escala, la región negativa del eje (izquierda) contiene organismos que tienden a presentar aletas dorsales de menor extensión (distancia entre puntos 3 y 4), menor volumen abdominal caracterizado por el movimiento ascendente de los puntos 8, 9 y 10 y un pedúnculo caudal ligeramente más delgado. Por el contrario los organismos distribuidos en la región positiva del eje (derecha) tienden a presentar aletas dorsales de mayor tamaño, regiones abdominales voluptuosas y un pedúnculo caudal grueso que resulta en un perfil corporal robusto.



**Figura 32.5** Entramados y gradillas de deformación. AVC; variable 3, escalas: -4.0 (izq.) y 4.0 (der.)

En este caso se debe mencionar que *H. bimaculata* tiende a agruparse en la región positiva del eje, a *H. jonesii*, *H. obliqua* y *H. dirempta* que caso contrario tienden a agruparse en el área negativa, sin embargo, la mayor densidad de puntos en la gráfica de dispersión 32.2 se encuentra en el valor 0 de la escala de deformación, debido a esto podría sugerirse que varias categorías presentan procesos al interior para esta variable, como en el caso de *H. cataractae* que presenta una distribución más o menos homogénea en el centro del eje con individuos en las regiones positiva y negativa.

### ***DISTANCIAS DE MAHALANOBIS Y PROCRUSTO***

De este análisis también se obtuvieron como resultados las distancias de Mahalanobis y Procrusto. En la tabla de Mahalanobis (tabla 32.6) los grupos más separados con un valor de 12.61 y 12.26 unidades de distancia respectivamente fueron: *H. formosa*-*H. tuxtlaensis* y *H. formosa*-*H. litoperas*, las categorías más cercanas según este análisis son: *H. jonesii* y *H. bimaculata*. Las distancias Procrusto (véase tabla 32.7) muestran que los grupos más separados son *H. formosa*-*H. obliqua* y los más cercanos son *H. bimaculata* y *H. litoperas*. En ambas tablas de resultados los índices más altos en las distancias se dan en *H. Formosa*.

**Tabla 32.6** Distancia de Mahalanobis entre grupos:

	<i>H. bimaculata</i>	<i>H. cataractae</i>	<i>H. dirempta</i>	<i>H. formosa</i>	<i>H. jonesii</i>	<i>H. litoperas</i>	<i>H. obliqua</i>
<i>H. cataractae</i>	4.8031						
<i>H. dirempta</i>	4.6521	4.1630					
<i>H. formosa</i>	11.4165	11.6746	11.8285				
<i>H. jonesii</i>	<b>3.3538</b>	5.6482	5.3833	10.8813			
<i>H. litoperas</i>	4.6521	4.7763	4.2548	<b>12.2646</b>	6.0698		
<i>H. obliqua</i>	6.1142	5.3088	3.7358	11.3033	6.4224	5.2444	
<i>H. tuxtlaensis</i>	6.3610	7.8648	7.1184	<b>12.6166</b>	6.2899	7.5898	8.8682

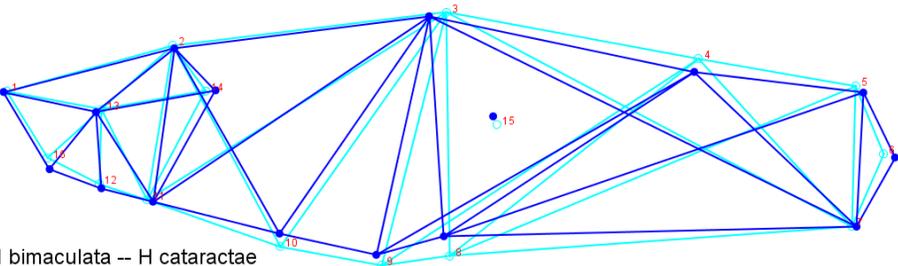
**Tabla 32.7** Distancia Procrusto entre los grupos:

	<i>H. bimaculata</i>	<i>H. cataractae</i>	<i>H. dirempta</i>	<i>H. formosa</i>	<i>H. jonesii</i>	<i>H. litoperas</i>	<i>H. obliqua</i>
<i>H. cataractae</i>	0.0365						
<i>H. dirempta</i>	0.0281	0.0384					
<i>H. formosa</i>	0.1142	0.1108	0.1141				
<i>H. jonesii</i>	0.0438	0.0561	0.0437	0.1011			
<i>H. litoperas</i>	<b>0.0250</b>	0.0366	0.0324	0.1165	0.0570		
<i>H. obliqua</i>	0.0509	0.0585	0.0313	<b>0.1231</b>	0.0618	0.0559	
<i>H. tuxtlaensis</i>	0.0557	0.0790	0.0506	0.1052	0.0480	0.0632	0.0623

## ANÁLISIS DE FUNCIÓN DISCRIMINANTE

**H. bimaculata–H. cataractae:** Conforme a los resultados del análisis y los valores de las pruebas de hipótesis, no se encontraron argumentos suficientes para aceptar la  $H_0$  y se argumenta que existen diferencias significativas entre estos dos grupos. En la figura 33.1 se observan las principales fuentes de variación perceptibles, la aleta dorsal de *H. cataractae* es ligeramente más grande, aunque la mitad posterior del cuerpo es más delgada, reflejándose en el desplazamiento de los landmarks al interior de la figura. El pedúnculo caudal no se adelgaza con el resto del cuerpo. El porcentaje de reclasificación positiva del análisis de función discriminante es de 100% para ambos grupos.

Tabla 33.1	
Grupo 1: <i>H. bimaculata</i>	
Grupo 2: <i>H. cataractae</i>	
Distancia Procrusto:	0.03648103
Distancia de Mahalanobis:	8.3619
T-cuadrada:	valor-P (paramétrico):
356.6013	0.0134



H bimaculata -- H cataractae

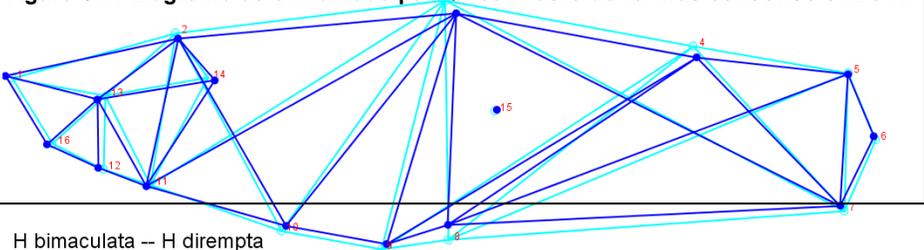
**Figura 33.1 Diagrama de entramado para el contraste de formas consenso entre *H. bimaculata* y *H. cataractae*.**

**Tabla 33.2** reclasificación de la función discriminante.

	Grupo 1	Grupo 2	Total
Grupo 1	34	0	34
Grupo 2	0	6	6

**H. bimaculata–H. dirempta:** Conforme a los resultados del análisis y los valores de las pruebas de hipótesis, no se encontraron argumentos suficientes para aceptar la  $H_0$  y se argumenta que existen diferencias significativas entre estos dos grupos. En la figura 34.1 se observan las principales fuentes de variación perceptibles, se encontró que *H. dirempta* posee un cuerpo más delgado y menos alto en comparación con *H. bimaculata*, la aleta dorsal no varía mucho en la longitud y solo se desplaza ligeramente hacia la parte posterior. El porcentaje de reclasificación positiva del análisis de función discriminante es de 100% para ambos grupos.

Tabla 34.1	
Grupo 1: <i>H. bimaculata</i>	
Grupo 2: <i>H. dirempta</i>	
Distancia Procrusto:	0.02812217
Distancia de Mahalanobis:	6.3101



H bimaculata -- H dirempta

**Figura 34.1 Diagrama de entramado para el contraste de formas consenso entre *H. bimaculata* y *H. dirempta*.**

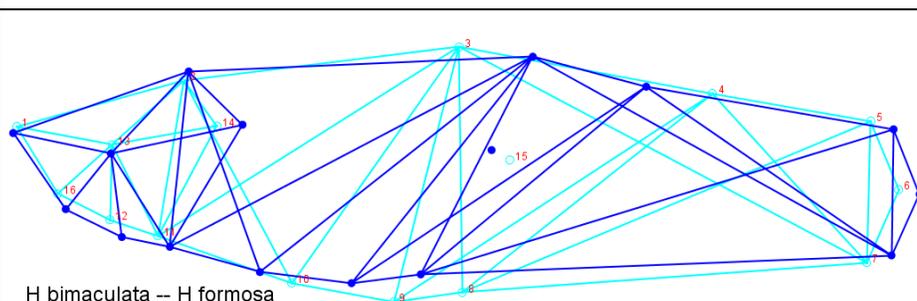
T-cuadrada: 374.4518	valor-P (paramétrico): 0.0003	<b><i>bimaculata</i> y <i>H. dirempta</i></b>
-------------------------	-------------------------------------	---

**Tabla 34.2** reclasificación de la función discriminante.

	Grupo 1	Grupo 2	Total
Grupo 1	34	0	34
Grupo 2	0	13	13

***H. bimaculata*–*H. formosa*:** Conforme a los resultados del análisis y los valores de las pruebas de hipótesis, no se encontraron argumentos suficientes para aceptar la  $H_0$  y se argumenta que existen diferencias significativas entre estos dos grupos. En la figura 35.1 se pueden observar las principales fuentes de variación perceptibles, el tamaño de aleta dorsal de *H. formosa* en comparación a *H. bimaculata* es drásticamente menor, la forma del cuerpo y posición de las aletas muestran claramente la gran diferencia morfológica entre estos grupos, el cuerpo de *H. formosa* es delgado y alargado, en proporción la cabeza es más grande en relación con el resto del cuerpo, las aletas anal y pélvica están desplazadas anteriormente. El porcentaje de reclasificación positiva del análisis de función discriminante es de 100% para ambos grupos.

<b>Tabla 35.1</b>	
<b>Grupo 1: <i>H. bimaculata</i></b>	
<b>Grupo 2: <i>H. formosa</i></b>	
Distancia Procrusto:	0.11419309
Distancia de Mahalanobis:	20.7544
T-cuadrada:	2196.7943
valor-P (paramétrico):	<.0001



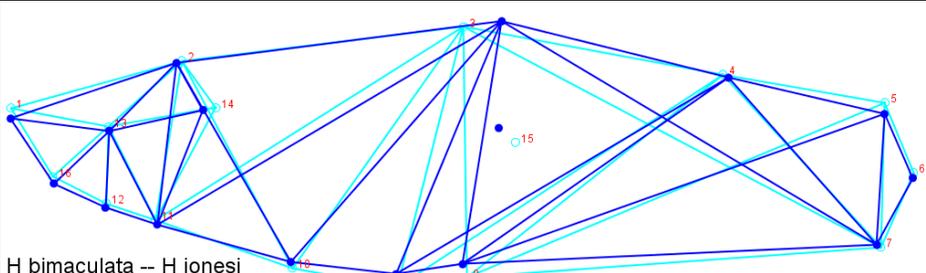
**Figura 35.1** Diagrama de entramado para el contraste de formas consenso entre *H. bimaculata* y *H. formosa*.

**Tabla 35.2** reclasificación de la función discriminante.

	Grupo 1	Grupo 2	Total
Grupo 1	34	0	34
Grupo 2	0	6	6

***H. bimaculata*–*H. jonesii*:** Conforme a los resultados del análisis y los valores de las pruebas de hipótesis, no se encontraron argumentos suficientes para aceptar la  $H_0$  y se argumenta que existen diferencias significativas entre estos dos grupos. En la figura 36.1 se observan las principales fuentes de variación perceptibles, la más notoria es la aleta dorsal pequeña de *H. jonesii*, en una posición más posterior y un pedúnculo caudal menos grueso. El porcentaje de reclasificación positiva del análisis de función discriminante es de 97.05% para el grupo 1 y de 96.07% para el grupo 2.

<b>Tabla 36.1</b>	
<b>Grupo 1:</b> <i>H. bimaculata</i>	
<b>Grupo 2:</b> <i>H. jonesii</i>	
Distancia Procrusto:	0.04383918
Distancia de Mahalanobis:	3.5856
T-cuadrada:	262.2769
valor-P (paramétrico):	<.0001



H bimaculata -- H jonesii

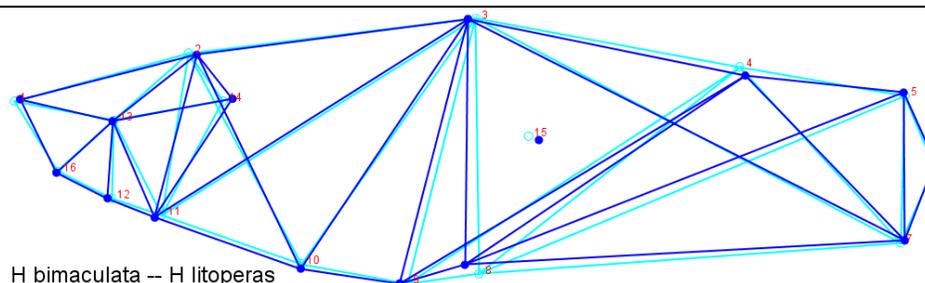
**Figura 36.1 Diagrama de entramado para el contraste de formas consenso entre *H. bimaculata* y *H. jonesii*.**

**Tabla 36.2** reclasificación de la función discriminante.

	Grupo 1	Grupo 2	Total
Grupo 1	33	1	34
Grupo 2	2	49	51

***H. bimaculata*–*H. litoperas*:** Conforme a los resultados del análisis y los valores de las pruebas de hipótesis, no se encontraron argumentos suficientes para aceptar la  $H_0$  y se argumenta que existen diferencias significativas entre estos dos grupos. En la figura 37.1 se observan las principales fuentes de variación perceptibles, en este caso se tienen dos especies morfológicamente muy similares, los detalles morfométricos que podemos enumerar son escasos: la aleta dorsal es ligeramente de mayor tamaño para *H. litoperas*, por el contrario la aleta anal es ligeramente menor en la longitud de su base y su posición es un poco más anterior que en *H. bimaculata*, se agrega que la mitad posterior del cuerpo es relativamente más delgada (distancia del punto 3 al 9 y de 9 a 4). El porcentaje de reclasificación positiva del análisis de función discriminante es del 100% para ambos grupos.

<b>Tabla 37.1</b>	
<b>Grupo 1:</b> <i>H. bimaculata</i>	
<b>Grupo 2:</b> <i>H. litoperas</i>	
Distancia Procrusto:	0.02502697
Distancia de Mahalanobis:	8.0059
T-cuadrada:	279.3894
valor-P (paramétrico):	0.0500



H bimaculata -- H litoperas

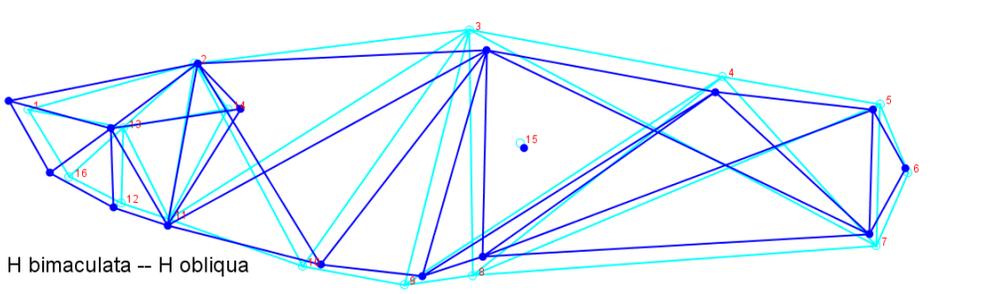
**Figura 37.1 Diagrama de entramado para el contraste de formas consenso entre *H. bimaculata* y *H. litoperas*.**

**Tabla 37.2** reclasificación de la función discriminante.

	Grupo 1	Grupo 2	Total
Grupo 1	34	0	34
Grupo 2	0	5	5

***H. bimaculata*–*H. obliqua*:** Conforme a los resultados del análisis y los valores de las pruebas de hipótesis, no se encontraron argumentos suficientes para aceptar la  $H_0$  y se argumenta que existen diferencias significativas entre estos dos grupos. En la figura 38.1 se observan las principales fuentes de variación perceptibles, se aprecia claramente un cuerpo más delgado y una cabeza de mayor tamaño en general, con la punta del hocico más alargada para *H. obliqua*, las aletas pélvicas y la aleta anal se encuentran en posición más posterior en comparación a *H. bimaculata*, el tamaño de la base de aleta dorsal es un poco más pequeño y su inserción se encuentra más atrás, el pedúnculo caudal también es más delgado que el de *H. bimaculata*. El porcentaje de reclasificación positiva del análisis de función discriminante es del 100% para ambos grupos.

<b>Tabla 38.1</b>	
<b>Grupo 1: <i>H. bimaculata</i></b>	
<b>Grupo 2: <i>H. obliqua</i></b>	
Distancia Procrusto:	0.05093697
Distancia de Mahalanobis:	11.4177
T-cuadrada:	valor-P (paramétrico): 466.5689      0.0149



H bimaculata -- H obliqua

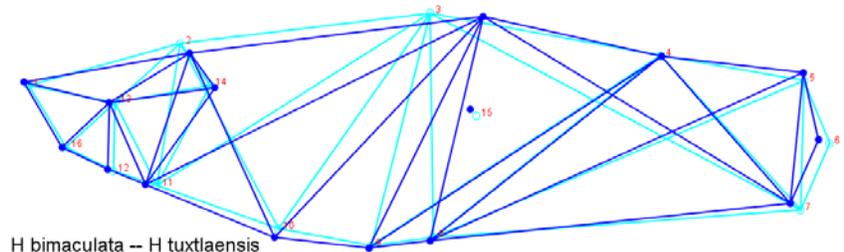
**Figura 38.1 Diagrama de entramado para el contraste de formas consenso entre *H. bimaculata* y *H. obliqua*.**

**Tabla 38.2** reclasificación de la función discriminante.

	Grupo 1	Grupo 2	Total
Grupo 1	34	0	34
Grupo 2	0	4	4

***H. bimaculata*–*H. tuxtlaensis*:** Conforme a los resultados del análisis y los valores de las pruebas de hipótesis, se determinó que no se cuenta con un número de muestra suficiente de machos de *H. tuxtlaensis*, se considera que existen diferencias significativas entre estos dos grupos por medio del análisis en las hembras, pero no se puede refutar ni aceptar en este caso ninguna hipótesis para los machos. En la figura 39.1 se observan las principales fuentes de variación perceptibles, la aleta dorsal de *H. tuxtlaensis* es de menor longitud de base y tiene un perfil antero dorsal recto, por lo que concierne a los demás puntos no hay variaciones que pudieran ser detectadas a simple vista. El porcentaje de reclasificación positiva del análisis de función discriminante es de 100% para ambos grupos.

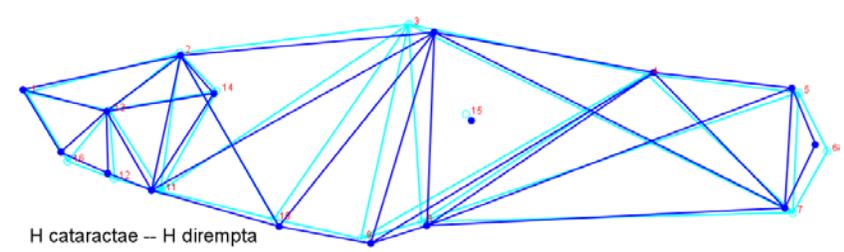
<b>Tabla 39.1</b>	
<b>Grupo 1: <i>H. bimaculata</i></b>	<b>Figura 39.1 Diagrama de entramado para el contraste de formas consenso entre <i>H.</i></b>
<b>Grupo 2: <i>H. tuxtlaensis</i></b>	
Distancia Procrusto: 0.05574679	

Distancia de Mahalanobis: 20.0730		 <p>H bimaculata -- H tuxtlaensis <b>bimaculata y H. tuxtlaensis.</b></p>
T-cuadrada: 391.4143	valor-P (paramétrico): 0.1231	
<u>Valores de P para la prueba con permutaciones (1000)</u>		
Distancia Procrusto:0.4190	T-cuadrada: 0.2470	

**Tabla 39.2** reclasificación de la función discriminante.

	Grupo 1	Grupo 2	Total
Grupo 1	34	0	1
Grupo 2	0	1	1

**H. cataractae–H. dirempta:** Conforme a los resultados del análisis y los valores de las pruebas de hipótesis, no se encontraron argumentos suficientes para aceptar la  $H_0$  y se argumenta que existen diferencias significativas entre estos dos grupos. En la figura 40.1 se observan las principales fuentes de variación perceptibles, por ejemplo la longitud de base de aleta dorsal de *H. dirempta* es más pequeña que la de *H. cataractae*, también se encuentra un corrimiento posterior en las aletas pélvicas y la aleta anal, la forma de la cabeza varía en los puntos 12 y 16 pero difícilmente serían detectadas estas ligeras variaciones, el pedúnculo caudal de *dirempta* parece acortarse ligeramente ya que todos los puntos de esta estructura se están recorriendo en la misma dirección. El porcentaje de reclasificación positiva del análisis de función discriminante es de 100% para ambos grupos

<b>Tabla 40.1</b>		 <p>H cataractae -- H dirempta</p>
<b>Grupo 1:</b> <i>H. cataractae</i>		
<b>Grupo 2:</b> <i>H. dirempta</i>		
Distancia Procrusto: 0.03838620		
Distancia de Mahalanobis: 5.6657		
T-cuadrada: 131.7780	valor-P (paramétrico): 0.8431	
<u>Valores de P para la prueba con permutaciones (1000)</u>		
Distancia Procrusto:0.0070	T-cuadrada: 0.0010	

**Figura 40.1** Diagrama de entramado para el contraste de formas consenso entre *H. cataractae* y *H. dirempta*.

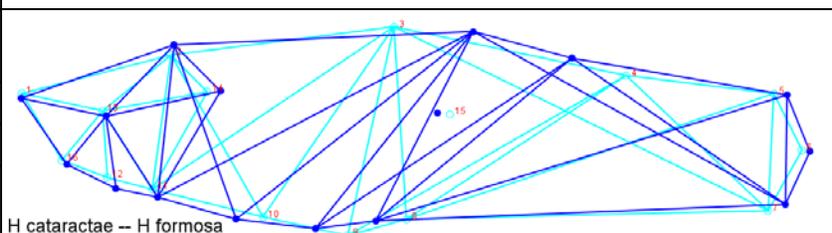
**Tabla 40.2** reclasificación de la función discriminante.

	Grupo 1	Grupo 2	Total
Grupo 1	6	0	6
Grupo 2	0	13	13

**H. cataractae–H. formosa:** Conforme a los resultados del análisis y los valores de las pruebas de hipótesis, no se encontraron argumentos suficientes para aceptar la  $H_0$  y se argumenta que

existen diferencias significativas entre estos dos grupos. En la figura 41.1 se observan las principales fuentes de variación perceptibles, la aleta dorsal de *H. formosa* es mucho más pequeña, sus aletas pectorales y la aleta anal están en posición anterior con respecto a las de *H. cataractae*, el tamaño de su cabeza es mayor en proporción, y el pedúnculo caudal es más largo. El porcentaje de reclasificación positiva del análisis de función discriminante es de 100% para ambos grupos.

<b>Tabla 41.1</b>	
<b>Grupo 1: <i>H. cataractae</i></b>	
<b>Grupo 2: <i>H. formosa</i></b>	
Distancia Procrusto: 0.11083439	
Distancia de Mahalanobis: 11.5004	
T-cuadrada: 396.7755	valor-P (paramétrico): 0.3735
<u>Valores de P para la prueba con permutaciones (1000)</u>	
Distancia Procrusto:0.0030	T-cuadrada:0.0020



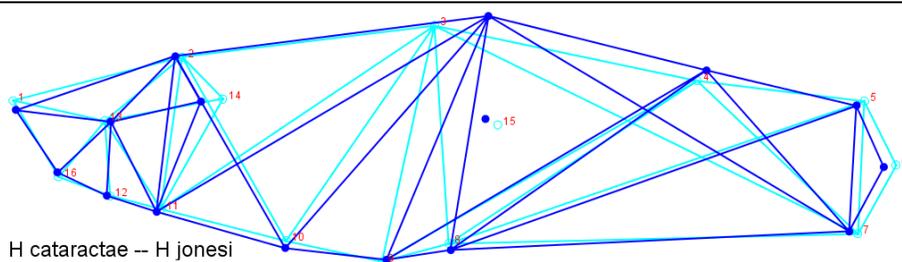
**Figura 41.1** Diagrama de entramado para el contraste de formas consenso entre *H. cataractae* y *H. formosa*.

**Tabla 41.2** reclasificación de la función discriminante.

	Grupo 1	Grupo 2	Total
Grupo 1	6	0	6
Grupo 2	0	6	6

***H. cataractae*–*H. jonesii*:** Conforme a los resultados del análisis y los valores de las pruebas de hipótesis, no se encontraron argumentos suficientes para aceptar la  $H_0$  y se argumenta que existen diferencias significativas entre estos dos grupos. En la figura 42.1 se observan las principales fuentes de variación perceptibles, *H. jonesii* es una especie más alta que *H. cataractae*, con un perfil de cabeza más pronunciado, su aleta dorsal de menor tamaño y su inserción comienza en un punto posterior al de *H. cataractae*, su pedúnculo caudal es más corto en comparación. El porcentaje de reclasificación positiva del análisis de función discriminante es de 100% para ambos grupos

<b>Tabla 42.1</b>	
<b>Grupo 1: <i>H. cataractae</i></b>	
<b>Grupo 2: <i>H. jonesii</i></b>	
Distancia Procrusto:	0.05614016
Distancia de Mahalanobis:	7.7671
T-cuadrada:	valor-P (paramétrico):
323.8639	<.0001



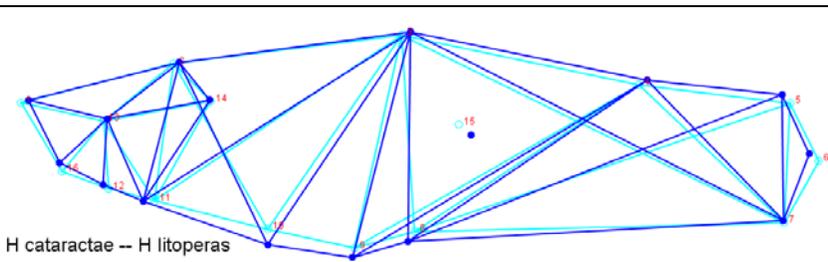
**Figura 42.1** Diagrama de entramado para el contraste de formas consenso entre *H. cataractae* y *H. jonesii*.

**Tabla 42.2** reclasificación de la función discriminante.

	Grupo 1	Grupo 2	Total
Grupo 1	6	0	6
Grupo 2	0	51	51

**H. cataractae–H. litoperas:** Conforme a los resultados del análisis y los valores de las pruebas de hipótesis, no se encontraron argumentos suficientes para aceptar la  $H_0$  y se argumenta que existen diferencias significativas entre estos dos grupos. En la figura 43.1 se observan las principales fuentes de variación perceptibles, en este caso son ligeras, *H. litoperas* tiene un cuerpo más robusto y la diferencia se acentúa en la mitad anterior del cuerpo, la posición y tamaño de las aletas en general no varía notablemente, la cabeza tampoco arroja grandes diferencias, la longitud del hocico puede ser la más notable con un hocico más largo para *H. cataractae*, la posición de la tercera gonapofisis (punto 15) es posterior e inferior en *H. litoperas*. El porcentaje de reclasificación positiva del análisis de función discriminante es de 100% para ambos grupos.

<b>Tabla 43.1</b>	
<b>Grupo 1:</b> <i>H. cataractae</i>	
<b>Grupo 2:</b> <i>H. litoperas</i>	
Distancia Procrusto: 0.03660161	
Distancia de Mahalanobis: 4.7359	
T-cuadrada: 61.1695	valor-P (paramétrico): 0.7205
<u>Valores de P para la prueba con permutaciones (1000)</u>	
Distancia Procrusto:0.0090	T-cuadrada: 0.0070



**Figura 43.1** Diagrama de entramado para el contraste de formas consenso entre *H. cataractae* y *H. litoperas*.

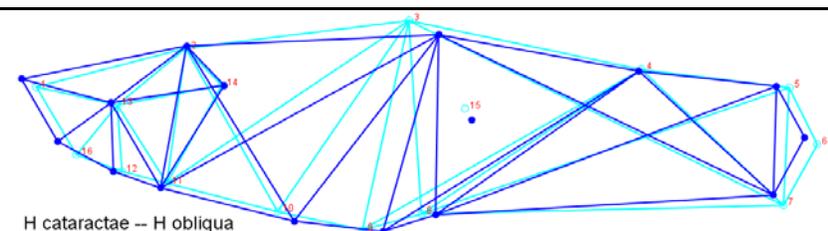
**Tabla 43.2** reclasificación de la función discriminante.

	Grupo 1	Grupo 2	Total
Grupo 1	6	0	6
Grupo 2	0	5	5

**H. cataractae–H. obliqua:** Conforme a los resultados del análisis y los valores de las pruebas de hipótesis, se determinó que no se cuenta con un número de muestra suficiente para el análisis estadístico de prueba de  $H_0$ , se argumenta que existen diferencias significativas entre estos dos grupos por medio del análisis en las hembras y por la tabla de reclasificación del análisis de función discriminante que apoya la pertenencia de estos elementos a sus categorías a priori, pero no se podría aceptar en este caso ninguna hipótesis con seguridad para los machos. En la figura 44.1 se pueden observar las principales fuentes de variación perceptibles, la aleta dorsal de *H. obliqua* es de menor tamaño, las aletas pélvicas y la aleta anal se recorren posteriormente, el tamaño de la cabeza es mayor, la altura máxima del cuerpo es menor y el pedúnculo caudal es

más delgado, dándole un cuerpo más esbelto e comparación con *H. cataractae*. El porcentaje de reclasificación positiva del análisis de función discriminantes del 100% para ambos grupos.

<b>Tabla 44.1</b>	
<b>Grupo 1: <i>H. cataractae</i></b>	
<b>Grupo 2: <i>H. obliqua</i></b>	
Distancia Procrusto: 0.05848017	
Distancia de Mahalanobis: 3.3497	
T-cuadrada: 26.9290	valor-P (paramétrico): 0.8383
<u>Valores de P para la prueba con permutaciones (1000)</u>	
Distancia Procrusto:0.0120	T-cuadrada: 0.0640



H cataractae -- H obliqua

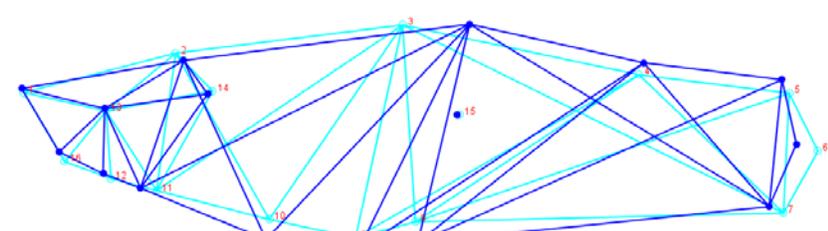
**Figura 44.1 Diagrama de entramado para el contraste de formas consenso entre *H. cataractae* y *H. obliqua*.**

**Tabla 44.2** reclasificación de la función discriminante.

	Grupo 1	Grupo 2	Total
Grupo 1	6	0	6
Grupo 2	0	4	4

***H. cataractae*–*H. tuxtlaensis*:** Conforme a los resultados del análisis y los valores de las pruebas de hipótesis, se determinó que no se cuenta con un número de muestra suficiente para el análisis estadístico de prueba de  $H_0$ , se argumenta que si existen diferencias significativas entre estos dos grupos por medio del análisis en las hembras y por la tabla de reclasificación del análisis de función discriminante que apoya la pertenencia de estos elementos a sus categorías a priori, pero no se podría aceptar en este caso ninguna hipótesis con seguridad para los machos. En la figura 45.1 se observan las principales fuentes de variación perceptibles, el tamaño de la aleta dorsal difiere muy notoriamente, *H. tuxtlaensis* con una aleta dorsal mucho más pequeña, insertada más posteriormente, un cuerpo más robusto y un pedúnculo caudal más ancho, estas son especies cuya conformación consenso claramente se diferencia a simple vista. El porcentaje de reclasificación positiva del análisis de función discriminante es de 100% para ambos grupos.

<b>Tabla 45.1</b>	
<b>Grupo 1: <i>H. cataractae</i></b>	
<b>Grupo 2: <i>H. tuxtlaensis</i></b>	
Distancia Procrusto: 0.07903274	
Distancia de Mahalanobis: 6.8685	
T-cuadrada: 40.4364	valor-P (paramétrico): 0.5327
<u>Valores de P para la prueba con permutaciones (1000)</u>	
Distancia Procrusto:0.1370	T-cuadrada: 0.0870



H cataractae -- H tuxtlaensis

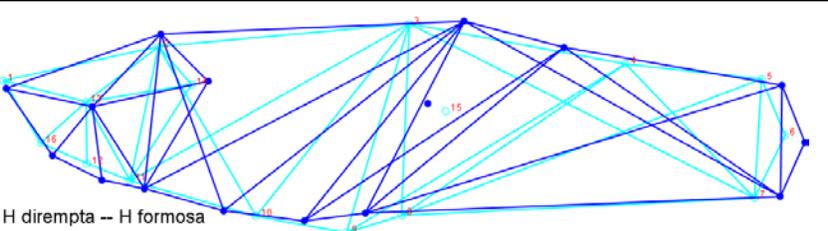
**Figura 45.1 Diagrama de entramado para el contraste de formas consenso entre *H. cataractae* y *H. tuxtlaensis*.**

**Tabla 45.2** reclasificación de la función discriminante.

	Grupo 1	Grupo 2	Total
Grupo 1	6	0	6
Grupo 2	0	1	1

**H. dirempta--H. formosa:** Conforme a los resultados del análisis y los valores de las pruebas de hipótesis, no se encontraron argumentos suficientes para aceptar la Ho y se argumenta que existen diferencias significativas entre estos dos grupos. En la figura 46.1 se observan las principales fuentes de variación perceptibles, la aleta dorsal es muy pequeña en comparación, la cabeza es de mayor tamaño en proporción con el resto del cuerpo, las aletas pectorales y la aleta anal se insertan en un punto anterior con respecto a *H. dirempta*, por último, la parte más posterior donde encontramos el pedúnculo caudal se alarga. El porcentaje de reclasificación positiva del análisis de función discriminante es de 100% para ambos grupos.

<b>Tabla 46.1</b>	
<b>Grupo 1:</b> <i>H. dirempta</i>	
<b>Grupo 2:</b> <i>H. formosa</i>	
Distancia Procrusto: 0.11407181	
Distancia de Mahalanobis: 23.8473	
T-cuadrada: 2334.6341	valor-P (paramétrico): 0.2707
<u>Valores de P para la prueba con permutaciones (1000)</u>	
Distancia Procrusto:<.0001	T-cuadrada: <.0001



H dirempta -- H formosa

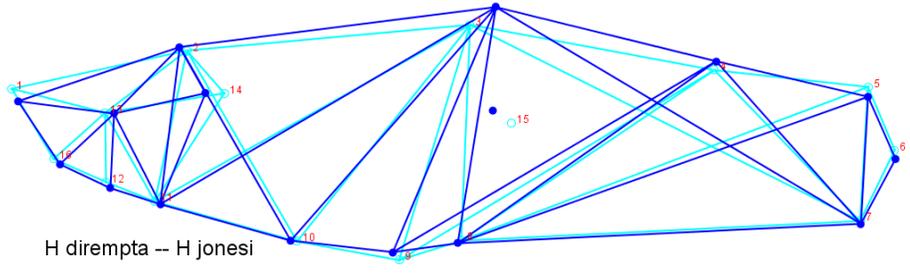
**Figura 46.1** Diagrama de entramado para el contraste de formas consenso entre *H. dirempta* y *H. formosa*.

**Tabla 46.2** reclasificación de la función discriminante.

	Grupo 1	Grupo 2	Total
Grupo 1	13	0	13
Grupo 2	0	6	6

**H. dirempta--H. jonesii:** Conforme a los resultados del análisis y los valores de las pruebas de hipótesis, no se encontraron argumentos suficientes para aceptar la Ho y se argumenta que existen diferencias significativas entre estos dos grupos. En la figura 47.1 se observan las principales fuentes de variación perceptibles, el cuerpo de *H. jonesii* es un poco más alto y la base de su aleta dorsal es más pequeña, la inserción del cráneo (punto 14) se recorre anteriormente al igual que la ubicación de la tercera gonapofisis, el perfil de la cabeza es más pronunciado (puntos 1 al 2), mientras que su pedúnculo caudal es ligeramente más delgado. El porcentaje de reclasificación positiva del análisis de función discriminante es de 100% para ambos grupos

**Tabla 47.1**

<b>Grupo 1: <i>H. dirempta</i></b>		
<b>Grupo 2: <i>H. jonesii</i></b>		
Distancia Procrusto: 0.04369696		
Distancia de Mahalanobis: 7.7345		
T-cuadrada: 619.7202	valor-P (paramétrico): <.0001	

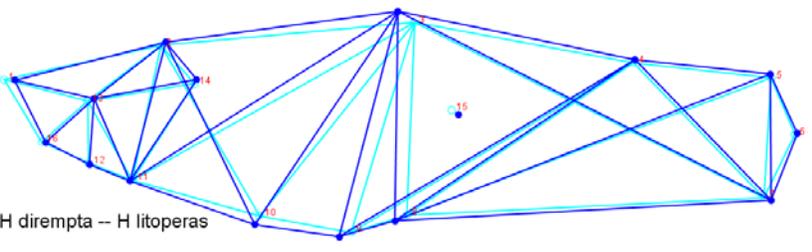
H dirempta -- H jonesii

**Figura 47.1 Diagrama de entramado para el contraste de formas consenso entre *H. dirempta* y *H. jonesii*.**

**Tabla 47.2** reclasificación de la función discriminante.

	Grupo 1	Grupo 2	Total
Grupo 1	13	0	13
Grupo 2	0	51	51

***H. dirempta*–*H. litoperas*:** Conforme a los resultados del análisis y los valores de las pruebas de hipótesis, no se encontraron argumentos suficientes para aceptar la  $H_0$  y se argumenta que existen diferencias significativas entre estos dos grupos. En la figura 48.1 se pueden observar las principales fuentes de variación perceptibles, la aleta dorsal de *H. litoperas* es más grande que la de *dirempta* además es más robusto en su mitad anterior, su hocico es un poco más corto y la aleta anal está ligeramente más cercana a las aletas pélvicas (distancia de los puntos 8 y 9 al 10) El porcentaje de reclasificación positiva del análisis de función discriminante es de 100% para ambos grupos

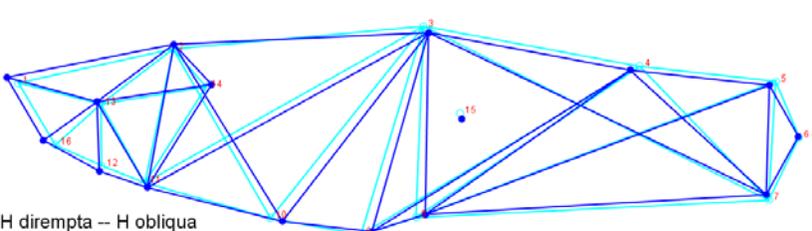
<b>Tabla 48.1</b>		
<b>Grupo 1: <i>H. dirempta</i></b>		
<b>Grupo 2: <i>H. litoperas</i></b>		
Distancia Procrusto: 0.03240827		
Distancia de Mahalanobis: 4.4339		
T-cuadrada: 70.9930	valor-P (paramétrico): 0.9242	H dirempta -- H litoperas
<u>Valores de P para la prueba con permutaciones (1000)</u>		<b>Figura 48.1 Diagrama de entramado para el contraste de formas consenso entre <i>H. dirempta</i> y <i>H. litoperas</i>.</b>
Distancia Procrusto: 0.0580	T-cuadrada: 0.0060	

**Tabla 48.2** reclasificación de la función discriminante.

	Grupo 1	Grupo 2	Total
Grupo 1	13	0	13
Grupo 2	0	5	5

**H. dirempta-H. obliqua:** Conforme a los resultados del análisis y los valores de las pruebas de hipótesis, no se encontraron argumentos suficientes para aceptar la  $H_0$  y se argumenta que existen diferencias significativas entre estos dos grupos. En la figura 49.1 se observan las principales fuentes de variación perceptibles, en este caso las configuraciones consenso son muy cercanas, la aleta de *H. obliqua* es solo ligeramente más pequeña al igual que su pedúnculo caudal, pero a simple vista difícilmente estas diferencias podrían no ser detectadas, las aletas pélvicas y la aleta anal están desplazadas posteriormente en obliqua y su cabeza es ligeramente de mayor tamaño. Estas especies son en términos morfométricos las más cercanas de todo el estudio. El porcentaje de reclasificación positiva del análisis de función discriminante es de 100% para ambos grupos.

<b>Tabla 49.1</b>	
<b>Grupo 1:</b> <i>H. dirempta</i>	
<b>Grupo 2:</b> <i>H. obliqua</i>	
Distancia Procrusto: 0.03127373	
Distancia de Mahalanobis: 5.4834	
T-cuadrada: 91.9727	valor-P (paramétrico): 0.8614
<u>Valores de P para la prueba con permutaciones (1000)</u>	
Distancia Procrusto:0.1600	T-cuadrada: 0.0260



H dirempta -- H obliqua

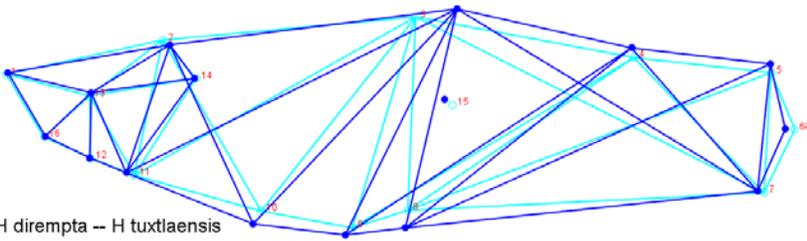
**Figura 49.1 Diagrama de entramado para el contraste de formas consenso entre *H. dirempta* y *H. obliqua*.**

**Tabla 49.2** reclasificación de la función discriminante.

	Grupo 1	Grupo 2	Total
Grupo 1	13	0	13
Grupo 2	0	4	4

**H. dirempta-H. tuxtlaensis:** Conforme a los resultados del análisis y los valores de las pruebas de hipótesis, se determinó que no se cuenta con un número de muestra suficiente para el análisis estadístico de prueba de  $H_0$ , se argumenta que existen diferencias significativas entre estos dos grupos por medio del análisis en las hembras y por la tabla de reclasificación del análisis de función discriminante que apoya la pertenencia de estos elementos a sus categorías a priori, pero se podría aceptar en este caso ninguna hipótesis con seguridad para los machos. En la figura 50.1 se observan las principales fuentes de variación perceptibles, *H. tuxtlaensis* es más robusta que *H. dirempta*, tiene una aleta dorsal de menor longitud, un pedúnculo caudal más grueso y no presenta grandes variaciones en la cabeza o en la posición de aleta pélvica y anal. El porcentaje de reclasificación positiva del análisis de función discriminante es de 100% para ambos grupos.

<b>Tabla 50.1</b>	
<b>Grupo 1:</b> <i>H. dirempta</i>	<b>Figura 50.1 Diagrama de entramado para el contraste de formas consenso entre</b>
<b>Grupo 2:</b> <i>H. tuxtlaensis</i>	

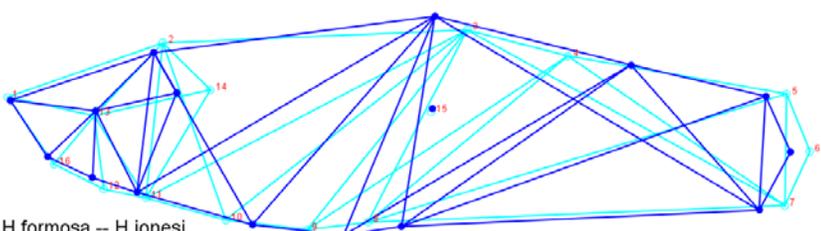
Distancia Procrusto: 0.05063530		
Distancia de Mahalanobis: 5.1541		
T-cuadrada: 24.6672	valor-P (paramétrico): 0.9675	
<i>Valores de P para la prueba con permutaciones (1000)</i>		
Distancia Procrusto:0.0980	T-cuadrada: 0.1550	

H dirempta -- H tuxtlaensis  
**H. dirempta y H. tuxtlaensis**

**Tabla 50.2** reclasificación de la función discriminante.

	Grupo 1	Grupo 2	Total
Grupo 1	13	0	13
Grupo 2	0	1	1

**H. formosa--H. jonesii:** Conforme a los resultados del análisis y los valores de las pruebas de hipótesis, no se encontraron argumentos suficientes para aceptar la  $H_0$  y se argumenta que existen diferencias significativas entre estos dos grupos. En la figura 51.1, se pueden observar las principales fuentes de variación perceptibles, *H. jonesii* posee una aleta dorsal más amplia, el área del pedúnculo caudal es más corta que la de *H. formosa*, su cabeza es pequeña en comparación, el perfil pronunciado de esta región cefálica superior coincide, las aletas pélvicas y anal de *jonesii* son posteriores a donde se encuentran insertadas las de *H. formosa*. El porcentaje de reclasificación positiva del análisis de función discriminante es de 100% para ambos grupos.

<b>Tabla 51.1</b>		
<b>Grupo 1: H. formosa</b>		
<b>Grupo 2: H. jonesii</b>		
Distancia Procrusto: 0.10110345		
Distancia de Mahalanobis: 11.8853		

H formosa -- H jonesii  
**Figura 51.1 Diagrama de entramado para el contraste de formas consenso entre H. formosa y H. jonesii.**

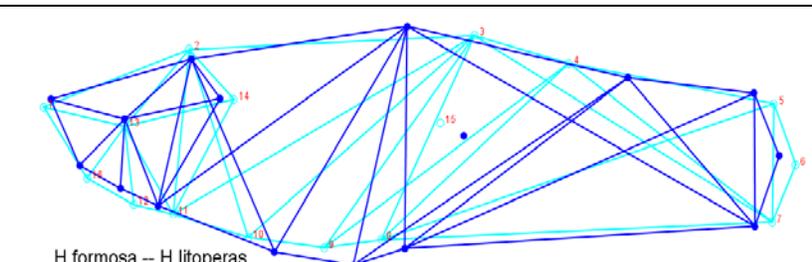
**Tabla 51.2** reclasificación de la función discriminante.

	Grupo 1	Grupo 2	Total
Grupo 1	6	0	6
Grupo 2	0	51	51

**H. formosa--H. litoperas:** Conforme a los resultados del análisis y los valores de las pruebas de hipótesis, no se encontraron argumentos suficientes para aceptar la  $H_0$  y se argumenta que existen diferencias significativas entre estos dos grupos. En la figura 52.1 se pueden observar las principales fuentes de variación perceptibles, *H. litoperas* presenta una aleta dorsal mucho más amplia que *H. formosa*, aunque la parte caudal es más corta y gruesa, las aletas pectorales y la

aleta anal está en una ubicación posterior en relación a *H. formosa*, la cabeza en comparación a la de *H. formosa* es de menor tamaño en relación al resto del cuerpo y la tercera gonapofisis se desplaza hacia un punto infra posterior. El porcentaje de reclasificación positiva del análisis de función discriminante es de 100% para ambos grupos.

<b>Tabla 52.1</b>	
<b>Grupo 1: <i>H. formosa</i></b>	
<b>Grupo 2: <i>H. litoperas</i></b>	
Distancia Procrusto:0.11645725	
Distancia de Mahalanobis: 7.8622	
T-cuadrada: 168.5858	valor-P (paramétrico): 0.4943
<i>Valores de P para la prueba con permutaciones (1000)</i>	
Distancia Procrusto:<.0001	T-cuadrada: 0.0010



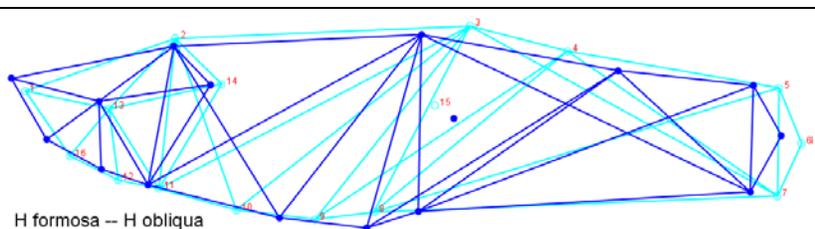
**Figura 52.1 Diagrama de entramado para el contraste de formas consenso entre *H. formosa* y *H. obliqua*.**

**Tabla 53.2** reclasificación de la función discriminante.

	Grupo 1	Grupo 2	Total
Grupo 1	6	0	6
Grupo 2	0	5	5

***H. formosa*–*H. obliqua*:** Conforme a los resultados del análisis y los valores de las pruebas de hipótesis, no se encontraron argumentos suficientes para aceptar la  $H_0$  y se argumenta que existen diferencias significativas entre estos dos grupos. En la figura 53.1 se observan las principales fuentes de variación perceptibles, *H. obliqua* presenta una aleta dorsal más amplia, en el área caudal el pedúnculo es más corto y las aletas pectorales y anal se presentan más posteriormente, la cabeza es de tamaño similar pero el hocico es más alargado. El porcentaje de reclasificación positiva del análisis de función discriminante es de 100% para ambos grupos.

<b>Tabla 53.1</b>	
<b>Grupo 1: <i>H. formosa</i></b>	
<b>Grupo 2: <i>H. obliqua</i></b>	
Distancia Procrusto:0.12307615	
Distancia de Mahalanobis: 11.2573	
T-cuadrada: 304.1420	valor-P (paramétrico): 0.3414
<i>Valores de P para la prueba con permutaciones (1000)</i>	
Distancia Procrusto:0.0020	T-cuadrada: 0.0010



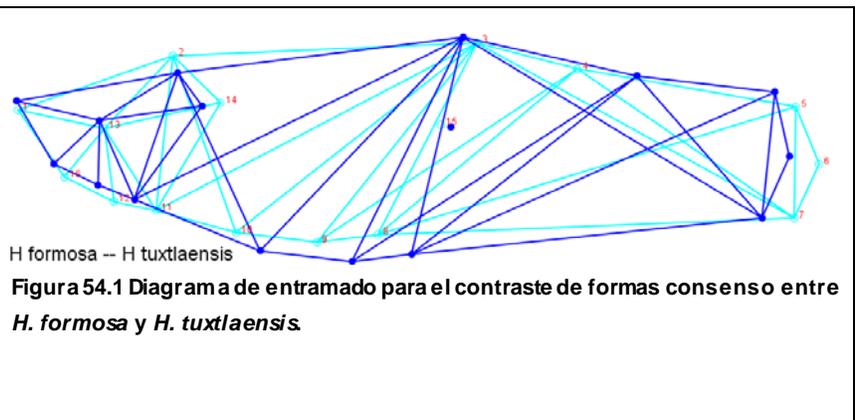
**Figura 53.1 Diagrama de entramado para el contraste de formas consenso entre *H. formosa* y *H. obliqua*.**

**Tabla 53.2** reclasificación de la función discriminante.

	Grupo 1	Grupo 2	Total
Grupo 1	6	0	6
Grupo 2	0	4	4

**H. formosa–H. tuxtlaensis:** Conforme a los resultados del análisis y los valores de las pruebas de hipótesis, no se encontraron argumentos suficientes para aceptar la  $H_0$  y se argumenta que existen diferencias significativas entre estos dos grupos. En la figura 54.1 se observan las principales fuentes de variación perceptibles, el perfil antero dorsal de *H. tuxtlaensis* es recto, sin la pronunciada pendiente de la cabeza de *H. formosa*, la aleta dorsal es más amplia, el pedúnculo caudal es más grueso y el área caudal es más corta, las aletas pectorales y la aleta anal están insertadas en un punto posterior al de *H. formosa* y la cabeza es pequeña y alargada en comparación a la primera especie. El porcentaje de reclasificación positiva del análisis de función discriminante es de 100% para ambos grupos.

<b>Tabla 54.1</b>	
<b>Grupo 1:</b> <i>H. formosa</i>	
<b>Grupo 2:</b> <i>H. tuxtlaensis</i>	
Distancia Procrusto: 0.10523260	
Distancia de Mahalanobis: 9.8483	
T-cuadrada: 83.1327	valor-P (paramétrico): 0.3930
<u>Valores de P para la prueba con permutaciones (1000)</u>	
Distancia Procrusto:0.0550	T-cuadrada: 0.0310

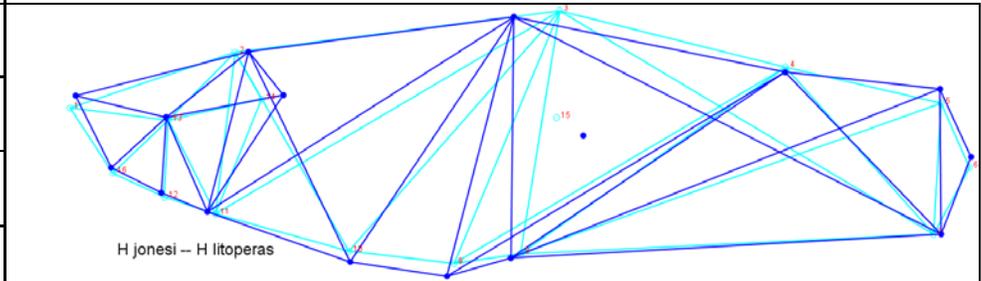


**Tabla 54.2** reclasificación de la función discriminante.

	Grupo 1	Grupo 2	Total
Grupo 1	6	0	6
Grupo 2	0	1	1

**H. jonesi–H. litoperas:** Conforme a los resultados del análisis y los valores de las pruebas de hipótesis, no se encontraron argumentos suficientes para aceptar la  $H_0$  y se argumenta que existen diferencias significativas entre estos dos grupos. En la figura 55.1 se pueden observar las principales fuentes de variación perceptibles, *H. litoperas* posee una aleta dorsal de mayor amplitud, su pedúnculo caudal es más ancho, la mitad anterior del cuerpo es ligeramente más robusta, la posición de la aleta anal o gonopodio se encuentra en una posición más anterior, la pendiente de la parte dorsal del cráneo no es tan pronunciada como la de *H. jonesii*, y la posición de la tercera gonapofisis varía considerablemente su posición ya que se encuentra en posición ínfero posterior a la de *H. jonesii*. El porcentaje de reclasificación positiva del análisis de función discriminante es de 100% para ambos grupos.

<b>Tabla 55.1</b>	
Grupo 1: <i>H. jonesii</i>	
Grupo 2: <i>H. litoperas</i>	
Distancia Procrusto:	0.05699188
Distancia de Mahalanobis:	8.2727
T-cuadrada:	valor-P (parametrico):
311.6365	<.0001



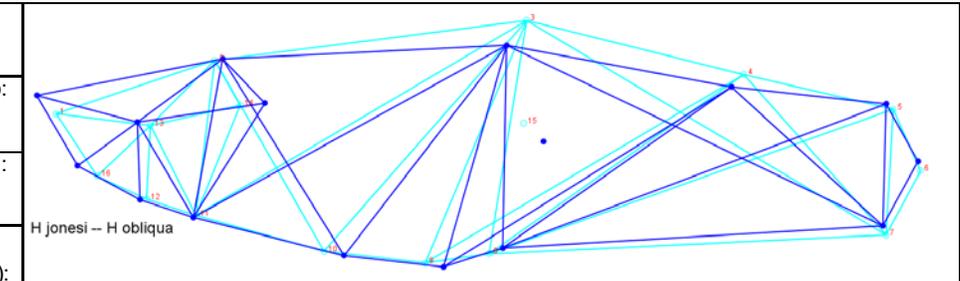
**Figura 55.1** Diagrama de entramado para el contraste de formas consenso entre *H. jonesii* y *H. litoperas*.

**Tabla 55.2** reclasificación de la función discriminante.

	Grupo 1	Grupo 2	Total
Grupo 1	51	0	51
Grupo 2	0	5	5

***H. jonesii*--*H. obliqua*:** Conforme a los resultados del análisis y los valores de las pruebas de hipótesis, no se encontraron argumentos suficientes para aceptar la  $H_0$  y se argumenta que existen diferencias significativas entre estos dos grupos. En la figura 56.1 se observan las principales fuentes de variación perceptibles, el cuerpo de *H. obliqua* en general es más esbelto que el de *H. jonesii*, aleta dorsal más amplia, y su pedúnculo caudal es ligeramente más delgado. Las aletas pectorales y la aleta anal se encuentran en posición posterior a la de *H. jonesii* y el tamaño de su cabeza con relación al resto del cuerpo también es mayor. El porcentaje de reclasificación positiva del análisis de función discriminante es de 100% para ambos grupos.

<b>Tabla 56.1</b>	
Grupo 1: <i>H. jonesii</i>	
Grupo 2: <i>H. obliqua</i>	
Distancia Procrusto:	0.06177797
Distancia de Mahalanobis:	11.1336
T-cuadrada:	valor-P (parametrico):
459.7661	<.0001



**Figura 56.1** Diagrama de entramado para el contraste de formas consenso entre *H. jonesii* y *H. obliqua*.

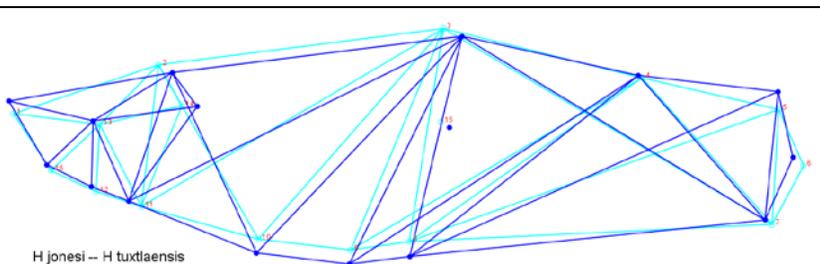
**Tabla 56.2** reclasificación de la función discriminante.

	Grupo 1	Grupo 2	Total
Grupo 1	51	0	51
Grupo 2	0	4	4

***H. jonesii*--*H. tuxtaensis*:** Conforme a los resultados del análisis y los valores de las pruebas de hipótesis, se determinó que no se cuenta con un número de muestra suficiente para el análisis estadístico de prueba de  $H_0$ , se argumenta que existen diferencias significativas entre estos dos

grupos por medio del análisis en las hembras y por la tabla de reclasificación del análisis de función discriminante que apoya la pertenencia de estos elementos a sus categorías a priori, pero no se puede aceptar en este caso ninguna hipótesis con seguridad para los machos. En la figura 57.1 se observan las principales fuentes de variación perceptibles, la aleta de *H. tuxtlaensis* en comparación con la de *H. jonesii* es de menor amplitud y se inserta ligeramente más atrás, el pedúnculo caudal es más grueso, su perfil antero dorsal es recto a comparación de *H. jonesii* que se pronuncia más en la parte dorsal del cráneo (puntos 1 a 2), la mitad posterior de su cuerpo es un poco más robusta y las aletas pectorales y la aleta anal no varían su posición con respecto a las de *H. jonesii*. El porcentaje de reclasificación positiva del análisis de función discriminante es del 100% para ambos grupos.

<b>Tabla 57.1</b>	
<b>Grupo 1: <i>H. jonesii</i></b>	
<b>Grupo 2: <i>H. tuxtlaensis</i></b>	
Distancia Procrusto: 0.04796005	
Distancia de Mahalanobis: 9.2282	
T-cuadrada: 83.5229	valor-P (parametrico): 0.2211
<u>Valores de P para la prueba con permutaciones (1000)</u>	
Distancia Procrusto:0.6480	T-cuadrada: 0.2720



**Figura 57.1 Diagrama de entramado para el contraste de formas consenso entre *H. jonesii* y *H. tuxtlaensis*.**

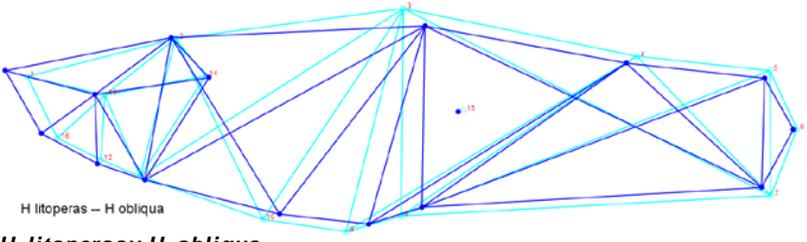
**Tabla 57.2** reclasificación de la función discriminante.

	Grupo 1	Grupo 2	Total
Grupo 1	51	0	51
Grupo 2	0	1	1

***H. litoperas* -- *H. obliqua*:** Conforme a los resultados del análisis y los valores de las pruebas de hipótesis, no se encontraron argumentos suficientes para aceptar la  $H_0$  y se argumenta que existen diferencias significativas entre estos dos grupos. En la figura 58.1 se observan las principales fuentes de variación perceptibles, el cuerpo de *H. obliqua* es más esbelto y se percibe por la reducción de la distancia entre los puntos 3 a 8, 9 y 10 entre otros, la amplitud de la aleta dorsal es menor, el pedúnculo caudal es más delgado este cambio se conforma por los puntos 5 y 7 principalmente, la aleta anal y las aletas pectorales se recorren posteriormente y se produce una elongación en la región cefálica explicada por los puntos 1, 12 y 16. El porcentaje de reclasificación positiva del análisis de función discriminante es 80% para el grupo 1 y de 100% para el grupo 2.

<b>Tabla 58.1</b>	
<b>Grupo 1: <i>H. litoperas</i></b>	
<b>Grupo 2: <i>H. obliqua</i></b>	

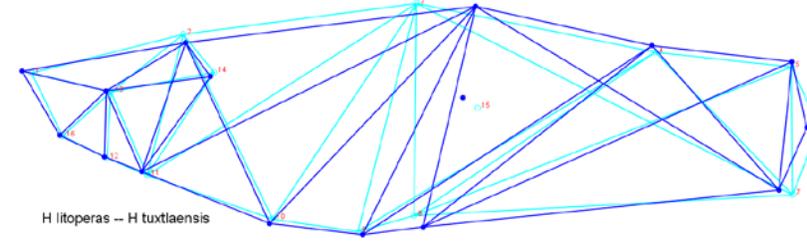
**Figura 58.1 Diagrama de entramado para el contraste de formas consenso entre**

Distancia Procrusto: 0.05592328		 <p>H litoperas – H obliqua <b>H. litoperas y H. obliqua.</b></p>
Distancia de Mahalanobis: 2.9354		
T-cuadrada: 19.1478	valor-P (paramétrico): 0.8463	
<u>Valores de P para la prueba con permutaciones (1000)</u>		
Distancia Procrusto:0.0370	T-cuadrada: 0.0270	

**Tabla 58.2** reclasificación de la función discriminante.

	Grupo 1	Grupo 2	Total
Grupo 1	4	1	5
Grupo 2	0	4	4

**H. litoperas – H. tuxtlaensis.** Conforme a los resultados del análisis y los valores de las pruebas de hipótesis, se determinó que no se cuenta con un número de muestra suficiente para el análisis estadístico de prueba de  $H_0$ , se argumenta que existen diferencias significativas entre estos dos grupos por medio del análisis en las hembras y por la tabla de reclasificación del análisis de función discriminante que apoya la pertenencia de estos elementos a sus categorías a priori, pero no se puede aceptar en este caso ninguna hipótesis con seguridad para los machos. En la figura 59.1 se observan las principales fuentes de variación perceptibles, observamos un cambio en la amplitud de la aleta dorsal de grupo *H. tuxtlaensis* la cual es más pequeña y se inserta posteriormente, el grosor del pedúnculo caudal es similar, el punto 8 de la aleta gonopodial se encuentra en posición inferior con respecto a este mismo punto en litoperas y por último la punta del hocico de tuxtlaensis es ligeramente más larga. El porcentaje de reclasificación positiva del análisis de función discriminante es 80% para el grupo 1 y de 100% para el grupo 2.

<b>Tabla 59.1</b>		 <p>H litoperas – H tuxtlaensis</p>
<b>Grupo 1:</b> Hlitoperas		
<b>Grupo 2:</b> Htuxtlaensis		
Distancia Procrusto:	0.06323883	
Distancia de Mahalanobis:	2.4418	
T-cuadrada: 4.9687	valor-P (paramétrico): 0.8528	
<u>Valores de P para la prueba con permutaciones (1000)</u>		
Distancia Procrusto:	T-cuadrada: 0.0990	
0.1650		

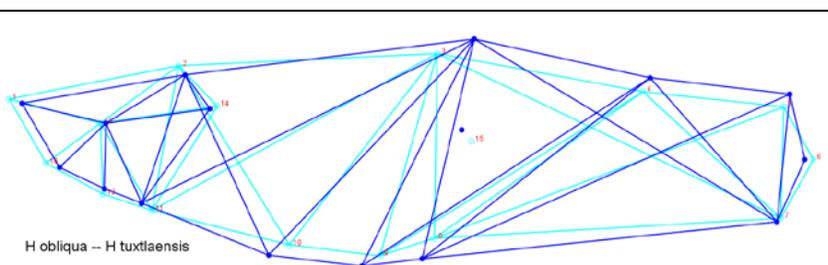
**Figura 59.1** Diagrama de entramado para el contraste de formas consenso entre *H. litoperas* y *H. tuxtlaensis*.

**Tabla 59.2** reclasificación de la función discriminante.

	Grupo 1	Grupo 2	Total
Grupo 1	4	1	5
Grupo 2	0	1	1

**H. obliqua – H. tuxtlaensis:** Conforme a los resultados del análisis y los valores de las pruebas de hipótesis, se determinó que no se cuenta un número de muestra suficiente para el análisis estadístico de prueba de Ho, se argumenta que existen diferencias significativas entre estos dos grupos por medio del análisis en las hembras y por la tabla de reclasificación del análisis de función discriminante que apoya la pertenencia de estos elementos a sus categorías a priori, pero no se puede aceptar en este caso ninguna hipótesis con seguridad para los machos. En la figura 60.1 se observan las principales fuentes de variación, *H. tuxtlaensis* debido a la diferencia entre la distancia del punto 3 con los puntos 8, 9,10 y el punto 4 con los mismos 8, 9, 10 tiene un cuerpo más robusto que *H. obliqua*, por el contrario su aleta dorsal es de menor amplitud, sus aletas pectorales y su aleta anal o gonopodial se insertan más anteriormente, por último el tamaño cefálico es menor y el perfil superior de esa misma área es recto. El porcentaje de reclasificación positiva del análisis de función discriminante es 75% para el grupo 1 y de 100% para el grupo 2.

<b>Tabla 60.1</b>	
<b>Grupo 1: <i>H. obliqua</i></b>	
<b>Grupo 2: <i>H. tuxtlaensis</i></b>	
Distancia Procrusto: 0.06233756	
Distancia de Mahalanobis: 1.8087	
T-cuadrada:	valor-P
2.6171	(paramétrico):
	0.8393
<u>Valores de P para la prueba con permutaciones (1000)</u>	
Distancia Procrusto:0.3200	T-cuadrada: 0.1760



**Figura 60.1** Diagrama de entramado para el contraste de formas consenso entre *H. obliqua* y *H. tuxtlaensis*.

**Tabla 60.2** reclasificación de la función discriminante.

	Grupo 1	Grupo 2	Total
Grupo 1	3	1	4
Grupo 2	0	1	1

Observando los valores de la tabla 61.1, se hace énfasis en la categoría *H. tuxtlaensis*, la cual no alcanza valores de diferencia significativa con ninguna de las demás categorías, esto se debe a que solo se contó con 1 ejemplar macho de esta especie lo que no permite un análisis estadístico normalizado y debido al parecido entre sus formas, que ya se ha dejado claro en los análisis morfométricos (exceptuando el caso de *H. formosa*, que es la forma más externa al grupo), en este estudio no se logra diferenciar de las otras formas, aunque como se infiere por los resultados de las hembras en este estudio y por el estudio

de McEachran & Dewitt (2008), efectivamente existe tal especie con un perfil morfométrico y morfológico propio.

**Tabla 61.1** Valores de P y T cuadrada (1000 permutaciones), análisis de función discriminante

Valor P / T2 (1000 permutaciones)	<i>H. bimaculata</i>	<i>H. cataractae</i>	<i>H. dirempta</i>	<i>H. formosa</i>	<i>H. jonesii</i>	<i>H. litoperas</i>	<i>H. obliqua</i>
<i>H. cataractae</i>	<b>0.0134/&lt;.0001</b>						
<i>H. dirempta</i>	<b>0.0003/&lt;.0001</b>	0.8431/ <b>0.0010</b>					
<i>H. formosa</i>	<b>&lt;.0001/&lt;.0001</b>	0.3735/ <b>0.0020</b>	0.2707/ <b>&lt;.0001</b>				
<i>H. jonesii</i>	<b>&lt;.0001/&lt;.0001</b>	<b>&lt;.0001/&lt;.0001</b>	<b>&lt;.0001/&lt;.0001</b>	<b>&lt;.0001/&lt;.0001</b>			
<i>H. litoperas</i>	<b>0.0500/&lt;.0001</b>	0.7205/ <b>0.0070</b>	0.9242/ <b>0.0060</b>	0.4943/ <b>0.0010</b>	<b>&lt;.0001/&lt;.0001</b>		
<i>H. obliqua</i>	<b>0.0149/&lt;.0001</b>	0.8383/0.0640	0.8614/ <b>0.0260</b>	0.3414/ <b>0.0010</b>	<b>&lt;.0001/&lt;.0001</b>	0.8463/ <b>0.0270</b>	
<i>H. tuxtlaensis</i>	0.1231/0.2470	0.5327/0.0870	0.9675/0.1550	0.3930/ <b>0.0310</b>	0.2211/0.2720	0.8528/0.0990	0.8393/0.1760

## RESULTADOS DEL ANÁLISIS INTRA-ESPECÍFICO: HETERANDRIA (PSEUDOXIPHOPHORUS) BIMACULATA

### ANÁLISIS DE VARIABLES CANÓNICAS: *H. BIMACULATA*

Se realizó una prueba de variables canónicas y función discriminante para las diferentes localidades de *H. bimaculata*, con la finalidad de comprobar si existen diferentes morfo tipos para la especie, observar su plasticidad y analizarse existe una diferencia tan grande como para sugerir estudios posteriores que puntualicen en la separación de este complejo en otras especies como autores anteriores han sugerido.

El análisis se realizó con 5 categorías correspondientes a los estados de la república mexicana en donde se distribuyen las poblaciones de esta especie, posteriormente se dividió en categorías correspondientes a las localidades de colecta para obtener mayor precisión en el estudio.

**Tabla 62.1** Grupos de análisis por Estados con números de observaciones, AVC, *H. bimaculata*.

Grupos	Observaciones
1. Q. Roo	3

2. Campeche	5
3. Chiapas	3
4. Oaxaca	3
5. Tabasco	9
6. Veracruz	11

**Tabla 62.2** Análisis por localidad

Grupos	Observaciones
1. Abundancia, Calakmul, Camp (F14)	1
2. Abundancia, Calakmul, Camp	3
3. Felipe Carrillo Puerto, El Remate, Laguna Noh-Bec, Q Roo.	3
4. Holaltum, estación de la vida silvestre, Camp	1
5. Ocosingo Arroyo el Azufre (Usumacinta), Chiapas	1
6. Pichucalco, Villa Hermosa, Tab.	2

7. Rio Ixcan, Chiapas	1
8. Rio basura, Sontecomapan, Veracruz.	1
9. Rio la palma, Lazaro Cárdenas, Ver	3
10. Rio Mixteco, Oax	1
11. Santiago Tuxtla, Ver	6
12. Sierra Tapijulapa, Tabasco	2
13. Tacotalpa, Río de la Sierra, Tapijulapa, Tab.	5
14. Yalahui, Oaxaca.	1
15. Carretera Palenque-Chankala, Chiapas.	1
16. Carretera Tuxtepec-Matías Romero, Oax.	1

En el análisis por “Estados” se obtuvieron 5 variables que explican el 100% de la varianza, solo dos de estos valores alcanzan a explicar más del 10% de la variación de forma individual y en conjuntos estos dos valores aportan el 98.64% de la varianza total.

**Tabla 62.3** Eigen-valores, varianza explicada por el componente y valor acumulativo. Categoría: “Estado”

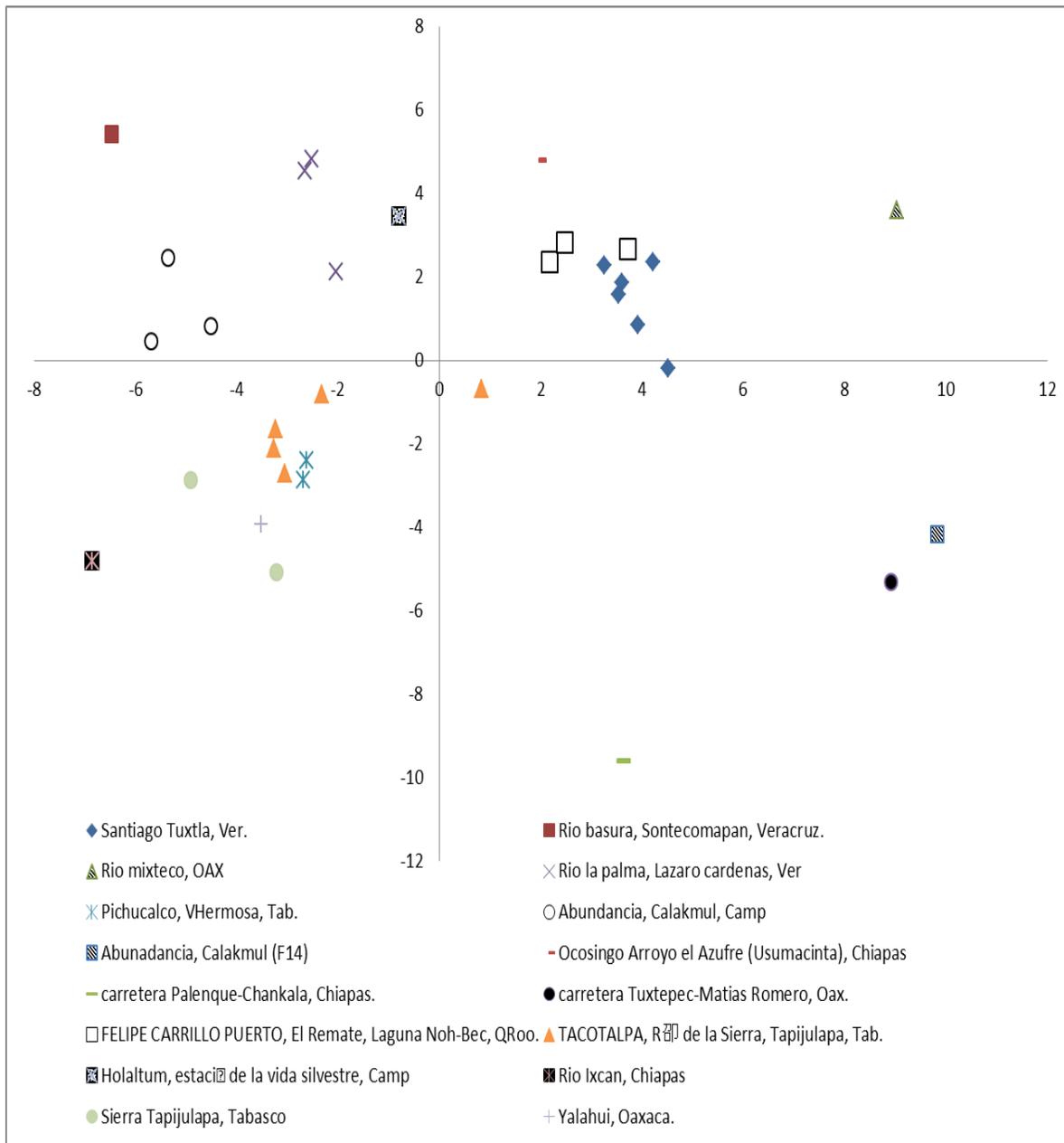
Eigenvalores	% Varianza	Acumulativo %
<b>1297.24069013</b>	<b>85.566</b>	<b>85.566</b>
<b>198.27851378</b>	<b>13.078</b>	<b>98.644</b>

En el análisis por “Localidades” se obtuvieron 15 valores que explican el 100% de la varianza, solo los primeros tres obtienen un valor explicativo superior al 10% de la varianza total, el valor acumulativo de los primeros tres Eigen-valores es de 72.52%. Como el objetivo de este análisis es observar las variaciones al interior de la especie *H. bimaculata* y debido a que una división del estudio por Estados no considera regiones biogeográficas, la orografía de la región y diversos factores ambientales que podrían influir en la variación de la forma entre las poblaciones de un estado, se utilizara la categoría de localidad y los resultados que se obtengan solo de este análisis.

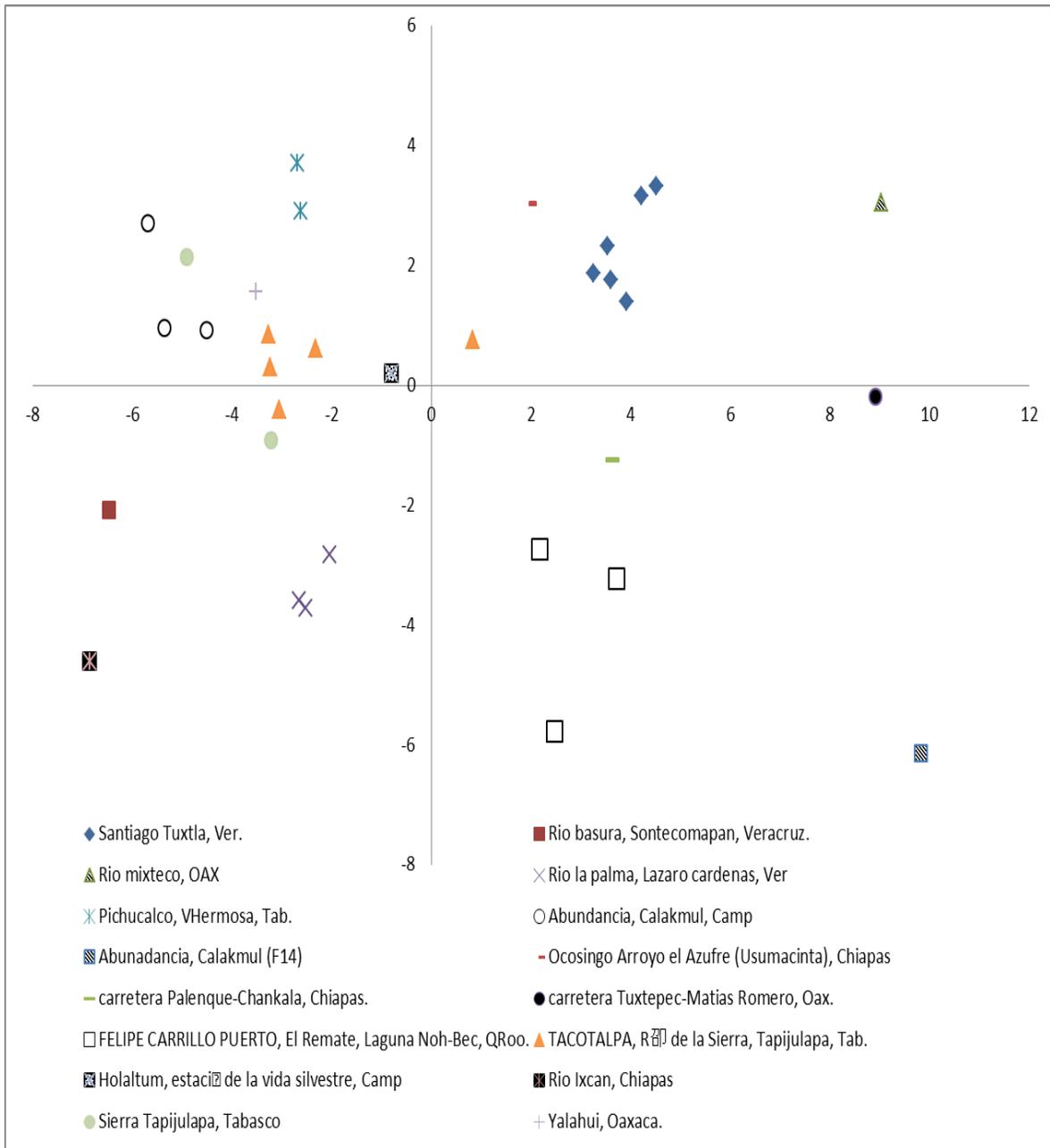
**Tabla 62.4** Eigen-valores, varianza explicada por el componente y valor acumulativo. Categoría: “Localidad”

Eigenvalores	% Varianza	Acumulativo %
<b>41.21646154</b>	<b>37.291</b>	<b>37.291</b>
<b>26.65088946</b>	<b>22.301</b>	<b>59.593</b>
<b>14.78370385</b>	<b>12.928</b>	<b>72.521</b>

Se utilizaron los valores canónicos para construir gráficas de dos dimensiones y observar tendencias de las categorías sobre los ejes (figuras 61.1 y 61.2)



**Figura 61.1** Gráfica de dispersión, Análisis de variables canónicas, *H. bimaculata*; CV1 vs. CV2, gráfica para categoría: Localidades, Machos.



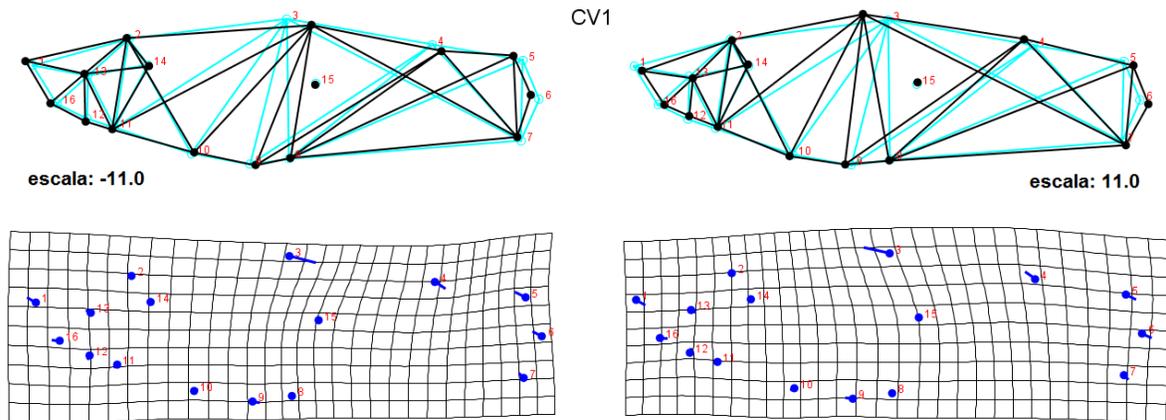
**Figura 61.2** Gráfica de dispersi3n, Análisis de variables can3nicas. *H. bimaculata*; CV1 vs. CV3, gráfica para categoría: Localidades, Machos.

**PRIMER VARIABLE CAN3NICA.**

La primer variable can3nica del análisis que usa la categoría de **Estado** explica el 85.56% de la varianza total de la muestra (tabla 61.3), en el segundo análisis donde se usa la categoría de **localidad**, se observa que esta primer variable can3nica explica 37.29% de la varianza total de la muestra (véase tabla 61.4), esta diferencia entre los

valores de varianza puede ser explicada razonablemente debido a que el análisis que agrupa a las observaciones por Estados de la República Mexicana puede incluir dentro de una categoría de **Estado** a dos o más categorías de **localidad**, conteniendo así, una mayor varianza dentro de las categorías de estado, debido a esto, se explicarían solo las variables Canónicas del Análisis que usaron localidades como categorías a priori. Se considera de mayor precisión el empleo de la categoría de **localidad** ya que también de este modo se podrán observar los procesos que ocurren dentro de las poblaciones de los estados.

Los individuos que se distribuyen en la región negativa del eje presentan un tamaño cefálico ligeramente mayor y una aleta dorsal de menor tamaño, podría formularse una relación de co-variación, cabezas más grandes proporcionales a aletas dorsales pequeñas. Se observa también un pedúnculo caudal con variación poco perceptible en su ancho, existe un ligero cambio en la posición del gonopodio que no muestra un cambio notable en la forma, la forma del cuerpo en general se percibe más delgada quizá por el ligero descenso en la posición del punto 3 y la proporción del tamaño cabeza cuerpo.



**Figura 61.3** Entramados y gradillas de deformación. AVC intra-específico, *H. bimaculata*; Variable 1, escalas: -11.0 (izq.) y 11.0 (der.)

La región positiva del eje presenta cambios complementarios pero en sentido opuesto a los descritos anteriormente en la región negativa, la forma intermedia de los extremos se observa en la gráfica 61.3 como la línea de base de color azul claro.

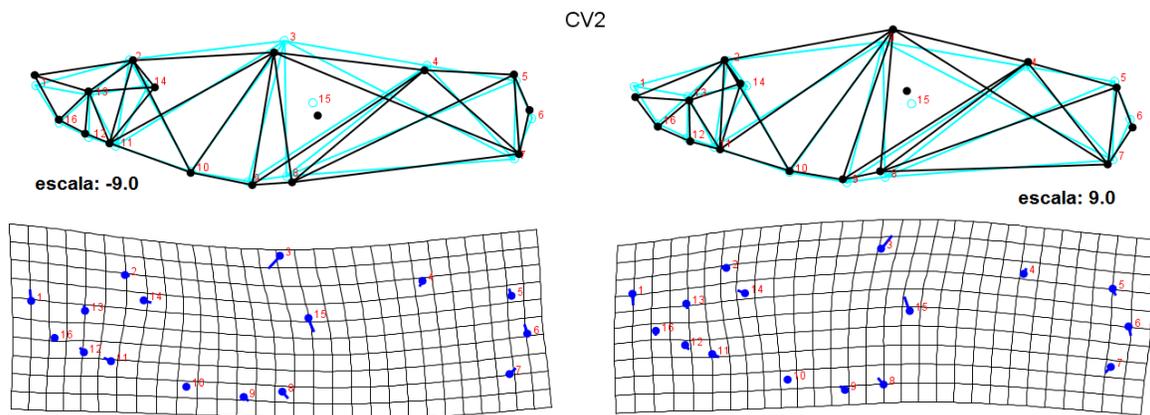
Las localidades del estado de Tabasco, Abundancia-Calakmul y Hololtum en Campeche, Rio la Palma, y Rio Basura-Sontecomapan en Veracruz, Yalahui en Oaxaca y el Rio Ixcán en Chiapas se encuentran en la región negativa del eje, mientras que las localidades de

Santiago Tuxtla en Veracruz, Felipe Carrillo Puerto en Quintana Roo, Arroyo el azufre-Ocosingo y la carretera Palenque-Chankala en Chiapas, Rio mixteco y Carretera Tuxtepec-Matias Romero en Oaxaca y por último, Abundancia-Calakmul (F14) Campeche, se encuentran en la región negativa del eje.

En esta primer variable canónica se observa que las localidades de los estados: Veracruz, Oaxaca y Chiapas, se encuentran distribuidas de forma longitudinal, abarcando distintos valores a lo largo de la escala de deformación, esto nos indica un proceso de variación morfológica dentro de las poblaciones del estado, el mismo caso pero en menor escala se observa en las poblaciones de estados como Campeche y Tabasco. Quintana Roo se considera el grupo más sólido, pero esto puede deberse a que solo existe una localidad en el análisis para este Estado.

**SEGUNDA VARIABLE CANÓNICA**

La segunda Variable Canónica explica el 26.65% de la varianza total, los puntos de mayor variación son: punto 3 (aleta dorsal), punto 1 (extremo del hocico) y el punto 15 (localización de la tercera gonapofisis). En conjunto estas variaciones resultan en una deformación general que se puede describir como un arqueamiento del dorso y cuerpo más robusto para la región positiva del eje, cambios complementarios pero en sentido opuesto resultan en un perfil recto dorsal y cuerpo más esbelto para la región negativa del eje.

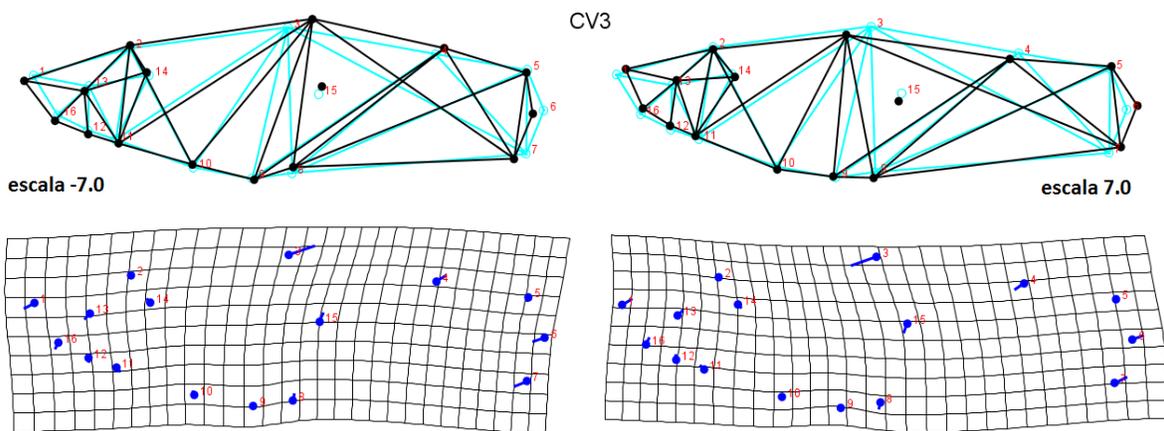


**Figura 61.4** Entramados y gradillas de deformación. AVC intra-específico, *H. bimaculata*; Variable 2, escalas: -9.0 (izq.) y 9.0 (der.)

Las localidades de Quintana Roo, Veracruz, Campeche, Ocosingo en Chiapas y la localidad Rio Mixteco en Oaxaca, se agrupan en la región positiva del eje, y tienden a presentar cambios relacionados con los que se describen en la figura 61.4 correspondientes a la escala 9.0 (izq.), Mientras que las localidades del estado de Tabasco, Rio Ixcan y Carretera Palenque-Chankala en Chiapas, Yalahui y Matías Romero en Oaxaca y Calakmul (f14) en Campeche presentan afinidad con la forma descrita en el lado derecho de la figura 61.4; escala -9.0.

### TERCER VARIABLE CANÓNICA

La tercer variable canónica del análisis explica el 12.92% del total de la variación, agrupa de forma similar a las observaciones que la segunda variable canónica. La longitud de la aleta dorsal (distancia entre puntos 3-4), la posición de la punta del hocico (punto 1), la orientación y el ancho del pedúnculo caudal (triangulación de los puntos 5, 6 y 7) son las principales fuentes de variación.



**Figura 61.5** Entramados y gradillas de deformación. AVC intra-específico, *H. bimaculata*; Variable 3, escalas: -7.0 (izq.) y 7.0 (der.)

La región negativa del eje se caracteriza por presentar cambios en la longitud de la aleta dorsal, la cual tiende a disminuir la distancia entre los puntos 3 y 4; la altura del punto 3 aumenta junto con el punto 4 pero en menor magnitud este último, lo anterior resulta en un cuerpo robusto, el pedúnculo caudal se presenta grueso y orientado hacia abajo, el hocico se encuentra alargado y orientado inferiormente. Los cambios en la región positiva son complementarios en magnitud pero en sentido opuesto a los descritos.

**RESULTADOS DEL ANÁLISIS INTRA ESPECÍFICO PARA *HETERANDRIA (PSEUDOXIPHOPHORUS) JONESII***

De igual manera que el análisis anterior, el presente análisis al interior de *H. jonesii* uso la categoría de **localidad**.

**ANÁLISIS DE VARIABLES CANÓNICAS: *H. JONESII***

El análisis de variables canónicas se realizó con 13 categorías de localidad equivalentes a los sitios de colecta de los ejemplares, y con un total de 52 individuos de la especie *H. jonesii*

**Tabla 63.1** Localidades y numero de observaciones, AVC *H. jonesii*,

Localidad	Observaciones
Arroyo la Conchita, SLP	8
Balsequillo, Puebla.	1
Coacuilco, Hidalgo	2
Ejido las palmas, Tamuin, SLP	1
Ejido las palmas, rio Florido, SLP	4
Milagro, Tlaxcala	1
Nacimiento del rio Huichihuayán, a 25km de Xilitla, SLP	10
Rio Cuchiat, Cuetzalan, Puebla.	4
Rio Coyolapa. Veracruz	2
Rio Tula, Tezontepec, Hidalgo	4
Rio papagayo, Guerrero	3
Rio Jalacingo, Puebla	11
Rio Nixtamulapa, Veracruz	1

Se obtuvieron 12 Variables canónicas que explican el 100% de la variación de los cuales solo las primeras tres explican más de 10% de esa variación por separado:

**Tabla 63.2** Eigenvalores, Varianza y valor acumulativo. AVC, *H. jonesii*.

Eigen-valores	% Varianza	Acumulativo %
<b>108.50947716</b>	<b>51.772</b>	<b>51.772</b>
<b>43.31608267</b>	<b>20.667</b>	<b>72.438</b>
<b>25.42698210</b>	<b>12.132</b>	<b>84.570</b>

Se utilizaron los valores canónicos para construir gráficas de dos dimensiones y observar las tendencias de las categorías sobre los ejes (figuras 62.1 y 62.2)

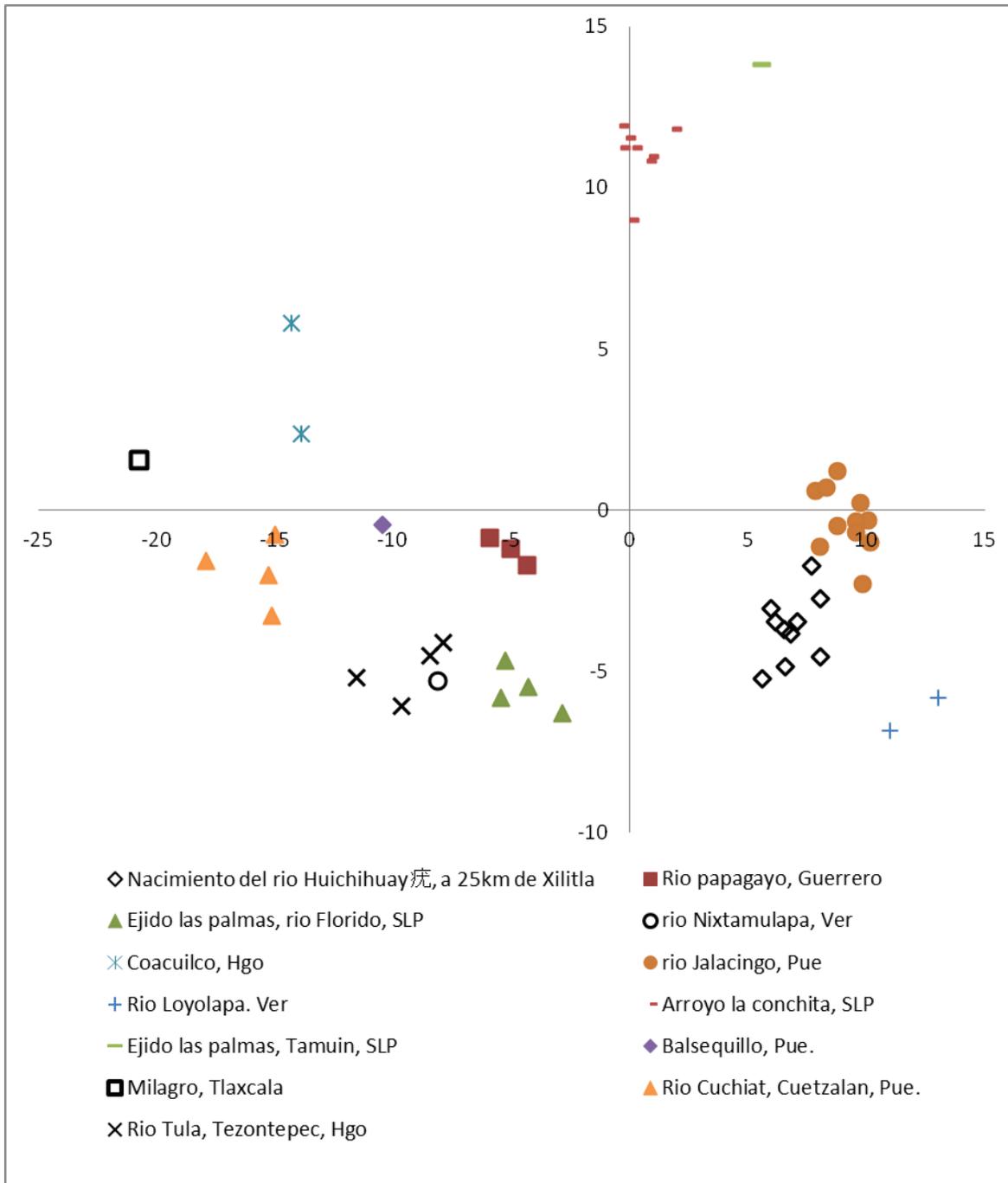
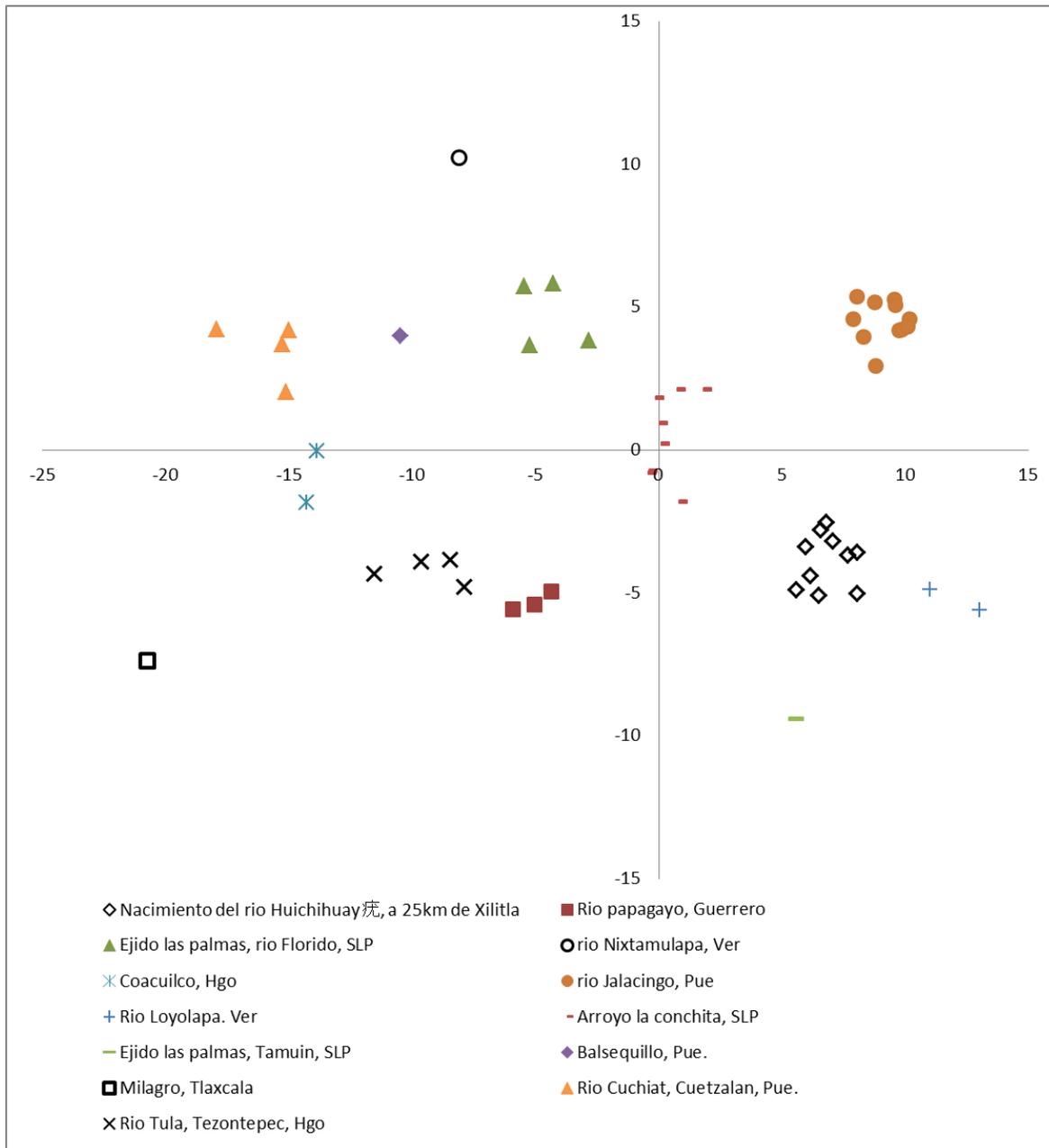


Figura 62.1 Gráfica de dispersión, Análisis de variables canónicas: *H. jonesii*, CV1 vs.CV2.

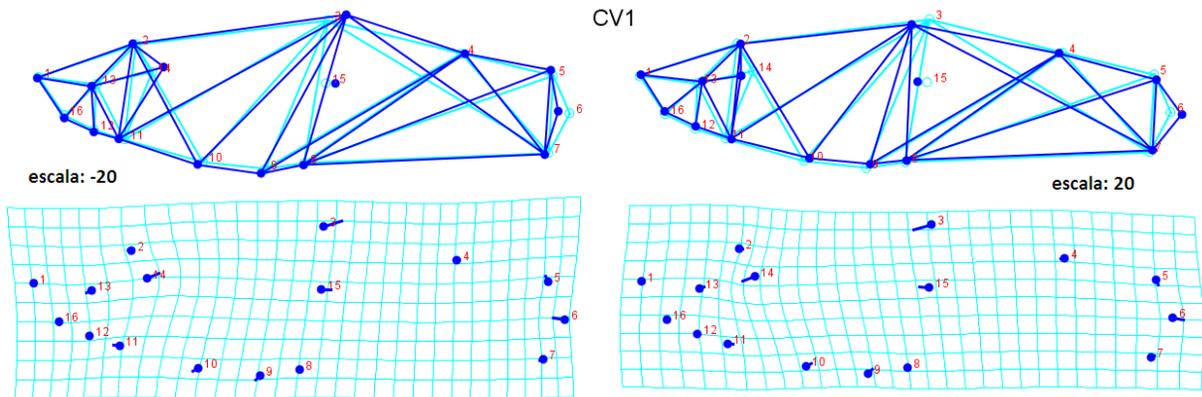


**Figura 62.2** Gráfica de dispersión, Análisis de variables canónicas: *H. jonesii*, CV1 vs.CV3.

### **PRIMER VARIABLE CANÓNICA: ANÁLISIS AL INTERIOR DE *H. JONESII***

La primer variable canónica explica el 51.72% de la variación total en la muestra, como se observa en la figura 62.1 agrupa en la región positiva las poblaciones de: Río Jalacingo, Puebla; Huichihuayan cerca de Xilitla, el Arroyo la Conchita, Xilitla, y el Ejido las Palmas en Tamuin, S.L.P. De este análisis se recupera en la región

positiva del eje, la forma de casi el total de las poblaciones de San Luis Potosí con excepción de la población del Rio Florido que se distribuye hacia la región centro-negativa. Como se observa en la figura 62.3 la región Positiva se caracteriza por presentar una aleta dorsal amplia (punto 3 al 4), el pedúnculo caudal se encuentra alargado por un corrimiento posterior del punto 6 (unión de placas hipurales), la inserción del cráneo (punto 14) se recorre anteriormente, reduciendo su distancia con respecto a la posición del ojo (punto 13), el punto donde se localiza la tercera gonapófisis (punto 15) tiende a recorrer su posición hacia adelante, casi por encima del punto 8, en general la forma del cuerpo es relativamente esbelta con respecto a la forma relacionada con la región negativa del eje.



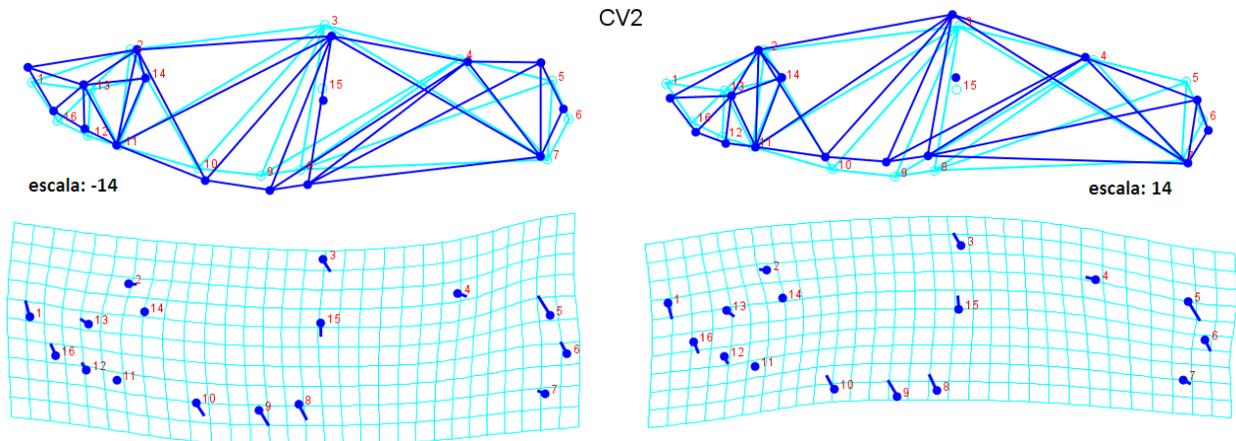
**Figura 62.3** Entramados y gradillas de deformación. AVC intra-específico, *H. jonesii*; Primer Variable Canónica, escalas: -20.0 (izq.) y 20.0 (der.).

En la región negativa del componente se presentan cambios complementarios a los que describe la región positiva del componente, de igual magnitud, pero en sentido opuesto. Encontramos distribuidas a todas las poblaciones del estado de Hidalgo, Tlaxcala y Guerrero; el Rio Cuchiata y Balsequillo en Puebla, Rio Nixtamulapa, Veracruz; y por último se tiene a la población de Rio Florido, en el ejido las palmas de S.L.P.

### **SEGUNDA VARIABLE CANÓNICA**

La segunda variable canónica explica 20.66% de la variación total en la muestra, en la región positiva se encuentran 4 localidades: Arroyo la Conchita y Tamuin en San Luis Potosí, Coacuilco, Hidalgo; Milagro, Tlaxcala. La región positiva

presenta un arqueamiento del cuerpo, dado por un incremento en la altura del punto 3 (inserción de la aleta dorsal), los puntos en la región ventral siguen esta tendencia y elevan ligeramente su posición, la región cefálica y caudal, por el contrario, tienden a sufrir un descenso en la posición de sus puntos, con una marcada variación en la posición del punto 1 (extremo del hocico).



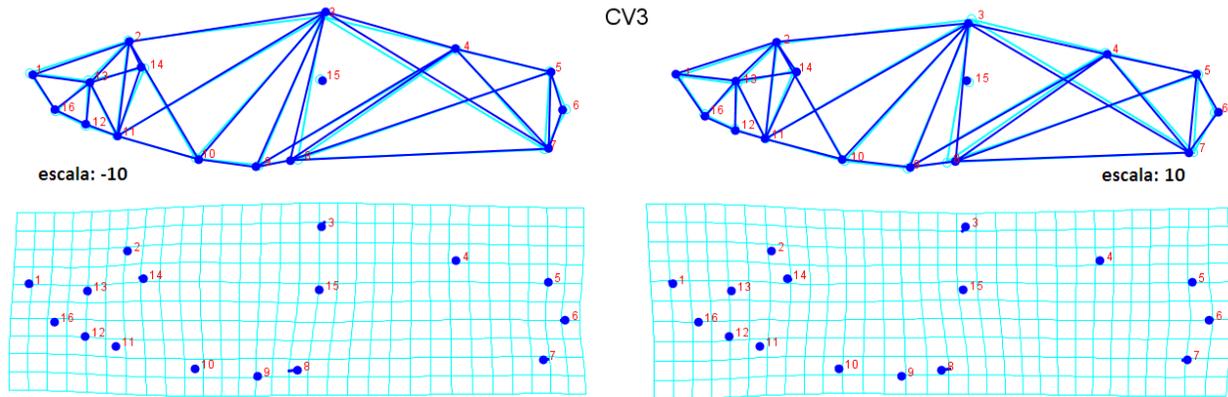
**Figura 62.4** Entramados y gradillas de deformación. AVC intra-específico, *H. jonesii*; Segunda Variable Canónica, escalas: -14.0 (izq.) y 14.0 (der.).

La región negativa de la segunda variable canónica presenta cambios en los mismos puntos, pero en sentido opuesto, encontramos al resto de las localidades distribuidas en esta región, donde encontramos un perfil recto o ligeramente arqueado hacia arriba, la región cefálica se orienta hacia arriba debido al corrimiento del punto 1 hacia arriba acompañado de los otros puntos integrantes de la cabeza y un pedúnculo caudal ancho.

### ***TERCER VARIABLE CANÓNICA***

La tercer Variable Canónica explica el 12.13% de la variación total de la muestra, muestra cambios sutiles en la conformación de los organismos, básicamente se centra en el punto 3 inicio de la dorsal donde su posición relativa da una mayor o menor altura según la región del componente donde se encuentre el individuo (véase fig. 62.5), el punto 7 (inserción ventral de la aleta caudal) le da una orientación recta o hacia abajo a la aleta caudal según sea el caso y el punto 8

que influye en la posición del gonopodio. Como se observa en la figura 62.2 la región negativa de la tercera variable canónica agrupa a las localidades de Hidalgo a Guerrero y a Tlaxcala, a la localidad de Huichihuayan en S.L.P. y al Río Coyolapa en Veracruz. En la región cero o centro del eje, encontramos la localidad de Arroyo la conchita, S.L.P. En la región positiva se distribuyen todas las localidades de Puebla, el Río Nixtamulapa en Veracruz y Río Florido en S.L.P.



**Figura 62.5** Entramados y gradillas de deformación. AVC intra-específico, *H. jonesii*; Tercera Variable Canónica, escalas: -10.0 (izq.) y 10.0 (der.).

## MORFOLOGÍA TRADICIONAL.

Los conteos dorsales se llevaron a cabo con el propósito de complementar el trabajo, aquí se presentan las tablas con los conteos separados en machos y hembras.

**Tabla 64.1** Conteos dorsales del género *Heterandria*; Hembras.

No de frasco	especie	localidad	No. de radios aleta dorsal													
			7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17			
8964	<i>H. bimaculata</i>	MATIAS ROMERO, Carretera Tuxtepec-Matías Romero, poza frente a hotel nuevo, Oaxaca, México										1	3			
9134	<i>H. bimaculata</i>	Desviación a Santa Cecilia Jaleza, Oaxaca, México											2			
10601	<i>H. bimaculata</i>	SAN JUAN LALANA, Arroyo a 2 Km. de Yalahui, Oaxaca, México												2	1	
15650	<i>H. bimaculata</i>	RIO MIXTECO, Oaxaca, México												1		
cat001	<i>H. bimaculata</i>	CATEMACO, Río Cuetzamapan, Veracruz, México										3				
146	<i>H. bimaculata</i>	COYAME, Catemaco, Veracruz, México												2		
165	<i>H. bimaculata</i>	1KM AL SUR DE COYAME, CATEMACO, Veracruz, México												2		
15644	<i>H. bimaculata</i>	SANTIAGO TUXTLA, LOS TUXTLAS, Veracruz, México											4	1		

15645	<i>H. bimaculata</i>	LOS AMATES, LA CASCADA LOS AMATES, Veracruz, México				3	1	
15646	<i>H. bimaculata</i>	LA PLAYITA, SANTIAGO TUXTLA, Veracruz, México			3	1		
15653	<i>H. bimaculata</i>	LAGUNA ESCONDIDA, LOS TUXTLAS, Veracruz, México			4	1		
15655	<i>H. bimaculata</i>	SONTECOMAPAN, RIO BASURA, Veracruz, México				2	2	
15656	<i>H. bimaculata</i>	LOS TUXTLAS, RIO POROJO, Veracruz, México				3	2	
15658	<i>H. bimaculata</i>	RIO LA PALMA, CARDENAS, Veracruz, México				5		
15659	<i>H. bimaculata</i>	LOS TUXTLAS, Veracruz, Mexico, , EYIPANTLA, HACIA SIHUAPAN		2		3		
15660	<i>H. bimaculata</i>	A 2 KM EYIPANTLA, SIHUAPAN, Veracruz, México				4		
15651	<i>H. bimaculata</i>	MANANTIAL AZUFRADO EL CARMEN, Tlaxcala, México		1		3		
3685	<i>H. bimaculata</i>	TETLATLAHUCA, San Miguel del Milagro, Rancho Sta. Elena, Tlaxcala, México				5		
6342	<i>H. bimaculata</i>	PALENQUE, Carretera Palenque-Chankala, km. 27, Chiapas, México					1	3
6347	<i>H. bimaculata</i>	OCOSINGO, Afluente del Río Lacanja, a 2 km de la última desviación a Bonampak, Chiapas, México					1	2
8393	<i>H. bimaculata</i>	OCOSINGO, Arroyo El Azufre, Usumacinta-Benemérito, Chiapas, México				1		
8431	<i>H. bimaculata</i>	OCOSINGO, Río cercano a la carretera Benemérito, Chiapas, México				1		1
8551	<i>H. bimaculata</i>	OCOSINGO, Río Ixcán, Reserva Lacandona, Chiapas, México				1	1	2
10306	<i>H. bimaculata</i>	PICHUCALCO, Río cercano a Pichucalco, Chiapas, México.					4	1
12350	<i>H. bimaculata</i>	TACOTALPA, Río de la Sierra, Tapijulapa, Tabasco, México					1	2
12353	<i>H. bimaculata</i>	TACOTALPA, Río de la Sierra, Tapijulapa, Tabasco, México						2
15623	<i>H. bimaculata</i>	TLACOTALPA, Tributario del Oxolotán, Tabasco, México					1	1
6271	<i>H. bimaculata</i>	FELIPE CARRILLO PUERTO, El Remate, Laguna Noh-Bec, Quintana Roo, México					1	3
9686	<i>H. bimaculata</i>	CHAMPOTON, Aguada La Abundancia, Nuevo Becal. Calakmul, Campeche, México				1	1	
tez-02	<i>H. jonesii</i>	Río Nixtamulapa, Jalatzingo, Veracruz, México					4	
15654	<i>H. jonesii</i>	XILITLA, ARROYO LA CONCHITA, San Luis Potosí, México			5			
15647	<i>H. bimaculata</i>	RIO PAPAGAYO, Guerrero, México			2	2		
0008hepch07	<i>H. jonesii</i>	Nacimiento del río Huichihuayán, a 25km de Xilitla, San Luis Potosí, México		1	3	1		
3631	<i>H. jonesii</i>	TEZONTEPEC DE ALDAMA, Río Tula, Tezontepec, Hidalgo, México		3	1			
9066	<i>H. jonesii</i>	LAGO de Valsequillo, Puebla, México			2			
S/N	<i>H. jonesii</i>	RIO CUCHIATE, Cuetzalan, Puebla, México			3			
S/N	<i>H. jonesii</i>	RIO COLORALI, Hidalgo, México		1				
S/N	<i>H. jonesii</i>	ARROYO DL SALTO, Veracruz, México		5				
166	<i>H. Formosa</i>	NUEVA ORELANS, E.U.A.	3	1				
10178	<i>H. tuxtlaensis</i>	LAGO DE CATEMACO, Catemaco, Veracruz, México			1	1		
10196	<i>H. tuxtlaensis</i>	LAGO DE CATEMACO, Catemaco, Veracruz, México		2	1			
9120	<i>H. tuxtlaensis</i>	LAGO DE CATEMACO, Catemaco, Veracruz, México			2			
S/N	<i>H. tuxtlaensis</i>	ARROYO 3KM ANTES DE LAS MARGARITAS, Catemaco,			4			

	<i>tuxtlaensis</i>	Veracruz, México															
AMNH 24486	<i>H. cataractae</i>	Arroyo Sachicha, 20 kilómetros al noroeste de Cobán, 6-8 kilómetros al norte de Cancal, sistema del Río Usumacinta, Alta Verapaz, Guatemala												3		3	
AMNH 24492	<i>H. litoperas</i>	Tributario del río Cahabón, Sistema del río Polochic, Alta Verapaz, Guatemala														2	4
AMNH 36361	<i>H. dirempta</i>	Río Semococh tributario del río Chajmaic a 0.5km de la boca, drenaje del Río de la Pasión, Alta Verapaz, Guatemala	3		2												
AMNH 36362	<i>H. dirempta</i>	Segundo arroyo cerca de la boca del río Semococh, en el sistema Chajmaic, Alta Verapaz, Guatemala	1		2		2										
AMNH 36314	<i>H. obliqua</i>	Río Salinas-río Icolvolay, cuenca del río Dolores, Alta Verapaz, Guatemala.	1		5		2										

**Tabla 64.2** Conteos dorsales del genero *Heterandria*; Machos.

No de frasco	especie	localidad	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
8964	<i>H. bimaculata</i>	MATIAS ROMERO, Carretera Tuxtepec-Matías Romero, poza frente a hotel nuevo, Oaxaca, México										1	
10601	<i>H. bimaculata</i>	SAN JUAN LALANA, Arroyo a 2 Km. de Yalahui, Oaxaca, México											1
15650	<i>H. bimaculata</i>	RIO MIXTECO, Oaxaca, México									1		
cat001	<i>H. bimaculata</i>	CATEMACO, Rio Cuetzamapan, Veracruz, México								5			
146	<i>H. bimaculata</i>	COYAME, Catemaco, Veracruz, México						1		3			
15644	<i>H. bimaculata</i>	SANTIAGO TUXTLA, LOS TUXTLAS, Veracruz, México								1	1		
15646	<i>H. bimaculata</i>	LA PLAYITA, SANTIAGO TUXTLA, Veracruz, México								4			
15655	<i>H. bimaculata</i>	SONTECOMAPAN, RIO BASURA, Veracruz, México									2		
15656	<i>H. bimaculata</i>	LOS TUXTLAS, RIO POROJO, Veracruz, México									1	1	
15660	<i>H. bimaculata</i>	A 2 KM EYIPANTLA, SIHUAPAN, Veracruz, México								3			
3685	<i>H. bimaculata</i>	TETLATLAHUCA, San Miguel del Milagro, Rancho Sta. Elena, Tlaxcala, México								1			
8393	<i>H. bimaculata</i>	OCOSINGO, Arroyo El Azufre, Usumacinta-Benemérito, Chiapas, México								1			
8551	<i>H. bimaculata</i>	OCOSINGO, Río Ixcán, Reserva Lacandona, Chiapas, México										2	
10306	<i>H. bimaculata</i>	PICHUCALCO, Río cercano a Pichucalco, Chiapas, México.										2	
12350	<i>H. bimaculata</i>	TACOTALPA, Río de la Sierra, Tapijulapa, Tabasco, México										1	2
12353	<i>H. bimaculata</i>	TACOTALPA, Río de la Sierra, Tapijulapa, Tabasco, México										1	3
6271	<i>H. bimaculata</i>	FELIPE CARRILLO PUERTO, El Remate, Laguna Noh-Bec, Quintana Roo, México									1	3	
6611	<i>H. bimaculata</i>	HOLOLTUM, estación de la vida silvestre, Campeche, México									2		
9576	<i>H. bimaculata</i>	CHAMPOTON, Aguada La Abundancia, Nuevo Becal. Calakmul, Campeche, México									2		
9686	<i>H. bimaculata</i>	CHAMPOTON, Aguada La Abundancia, Nuevo Becal. Calakmul, Campeche, México									2	1	
tez-02	<i>H. jonesii</i>	Río Nixtamulapa, Jalatzingo, Veracruz, México							5	1			
15654	<i>H. jonesii</i>	XILITLA, ARROYO LA CONCHITA, San Luis Potosí, México							5				
15647	* <i>H. bimaculata</i>	RIO PAPAGAYO, Guerrero, México							2	1			
0008hepch07	<i>H. jonesii</i>	Nacimiento del río Huichihuayán, a 25km de Xilitla, San Luis Potosí, México						1	3	1			
3631	<i>H. jonesii</i>	TEZONTEPEC DE ALDAMA, Río Tula, Tezontepec, Hidalgo, México							2				

9066	<i>H. jonesii</i>	LAGO de Valsequillo, Puebla, México				1				
S/N	<i>H. jonesii</i>	RIO CUCHIATE, Cuetzalan, Puebla, México					4			
S/N	<i>H. jonesii</i>	RIO COLORALI, Hidalgo, México				1				
S/N	<i>H. jonesii</i>	ARROYO DL SALTO, Veracruz, México				5				
166	<i>H. formosa</i>	NUEVA ORELANS, E.U.A.	3	1						
10196	<i>H. tuxtlaensis</i>	LAGO DE CATEMACO, Catemaco, Veracruz, México				1				
S/N	<i>H. tuxtlaensis</i>	ARROYO 3KM ANTES DE LAS MARGARITAS, Catemaco, Veracruz, México					3			
AMNH 24486	<i>H. cataractae</i>	Arroyo Sachicha, 20 kilómetros al noroeste de Cobán, 6-8 kilómetros al norte de Cancal, sistema del Río Usumacinta, Alta Verapaz, Guatemala						2	3	
AMNH 24492	<i>H. litoperas</i>	Tributario del río Cahabón, Sistema del río Polochic, Alta Verapaz, Guatemala							5	
AMNH 36361	<i>H. dirempta</i>	Río Semococh tributario del río Chajmaic a 0.5km de la boca, drenaje del Río de la Pasión, Alta Verapaz, Guatemala					4	1		
AMNH 36362	<i>H. dirempta</i>	Segundo arroyo cerca de la boca del río Semococh, en el sistema Chajmaic, Alta Verapaz, Guatemala				1	3	1		
AMNH 36314	<i>H. obliqua</i>	Río Salinas-río Icolvolay, cuenca del río Dolores, Alta Verapaz, Guatemala.				2	1	1		

### FOTOGRAFÍAS Y MERÍSTICA DEL GONOPODIO

Se tomaron fotografías del gonopodio de 21 machos de las especies *H. bimaculata*, *H. jonesii* y *H. formosa*. Se realizaron los conteos de los segmentos subdistales del radio gonopodial 4ª (SSRG4a), número de segmentos subdistales de este mismo radio que presentan dentelladuras (SSDRG4a), número de serraciones subdistales del radio 4p (SSDR4p) y la curvatura del extremo distal del radio 4ª. Se desea observar si existe consistencia entre la variación morfométrica y los cambios en esta estructura, la cual es hasta ahora el principal carácter taxonómico entre los poeciliidos.

**Tabla. 65.1** Merística del gonopodio.

No. de Catalogo	SSRG4a	SSDRG4a	SSDR4p
15646	8	6	11
15656	8	5	14
6611	6	3	9
6271	8	5	12
12350	7	-	10-11
9576	8	5	12
9686	8	4-5	10-11
10601	8	5	11
12353	6	4	10
18097	10	5-6	14
15658	7	-	8
15660	8	4	10
15660(2)	7	4-5	11
10306	7-8	5	11
15647*	7	0	12
18101	3	0	15

18103	4	0	13
9906	4	0	13
3633	3	0	12
18098	4	0	14
<b>18096</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>6</b>

En el frasco de colecta marcado con el número de catálogo 15647 perteneciente a la localidad del Río Papagayo en Guerrero, se encontró un ejemplar, marcado con asterisco (\*) en la tabla 63.2, que presenta la forma y características del gonopodio de *H. jonesii*, aunque el número de segmentos subdistales presentes en el radio 4<sup>a</sup> exceden considerablemente a los que corresponden a esta especie. Los conteos dorsales de este ejemplar y del resto de los machos que se encontraban en la localidad pertenecen a la especie *Heterandria bimaculata*, estos caracteres intermedios sugieren una posible hibridación entre *H. jonesii* y *H. bimaculata*. Rosen (1979) anteriormente había reportado ya dentro de su revisión de *Heterandria* una hibridación entre *H. bimaculata* y *H. obliqua* en la región de la Alta Verapaz en Guatemala.

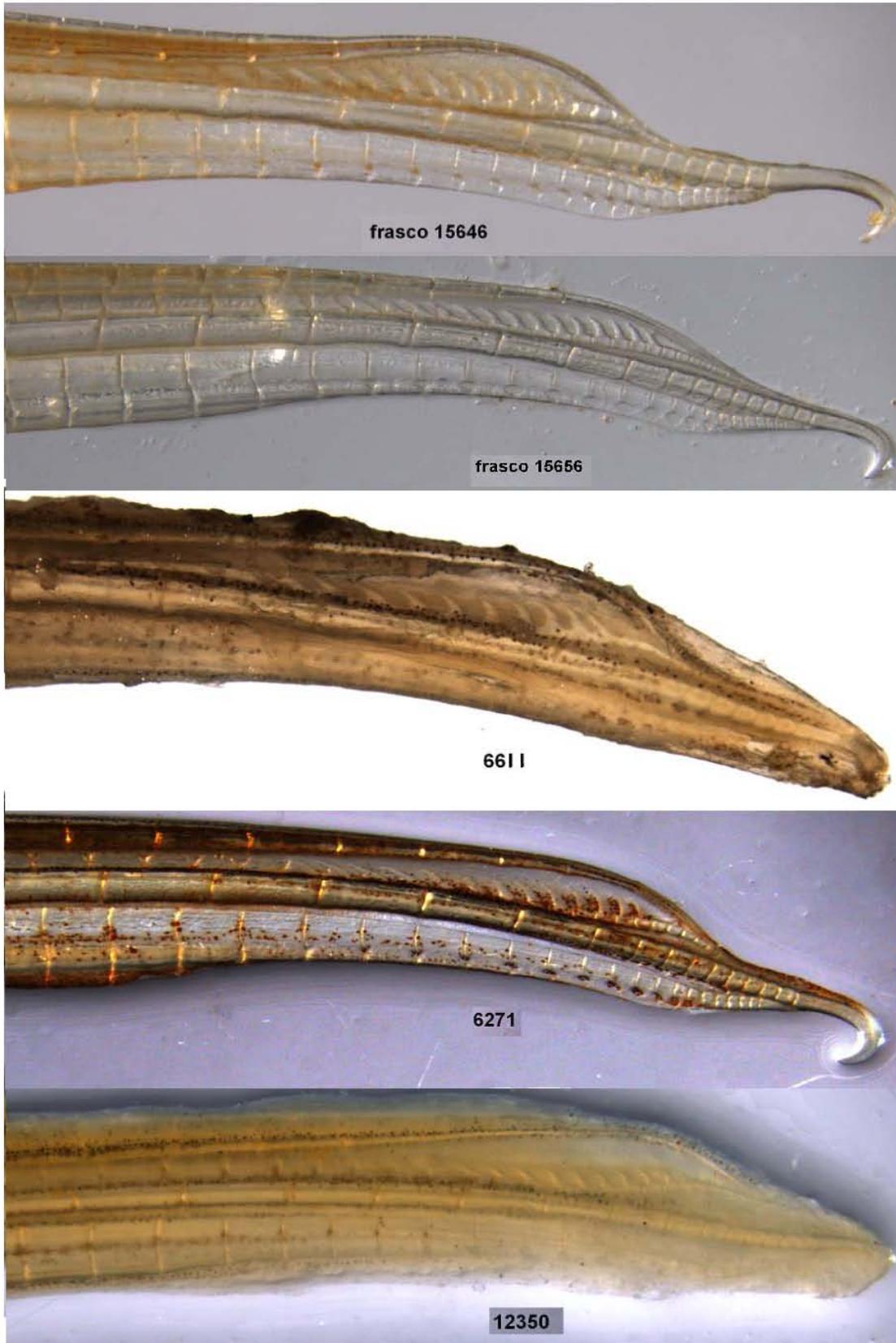


Figura 63.1 Primer bloque de fotografías del gonopodio, *H. bimaculata*.



Figura 63.2 Segundo bloque de fotografías del gonopodio, *H. bimaculata*.



Figura 63.3 Tercer bloque de fotografías del gonopodio, *H. bimaculata*.

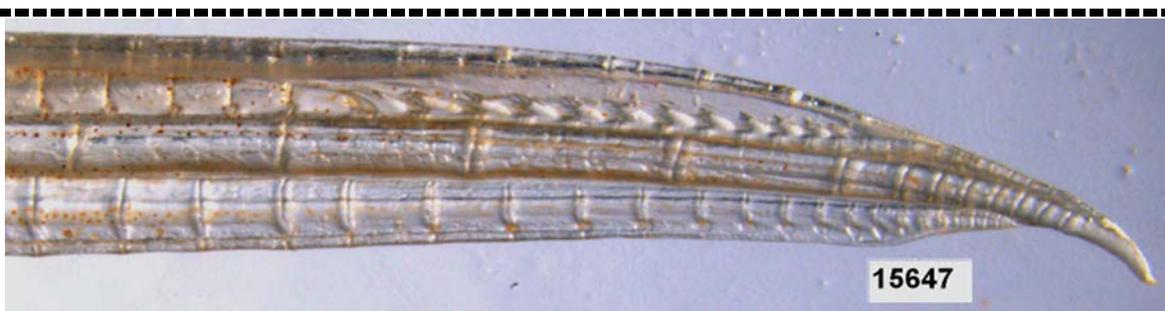


Figura 63.4 Fotografía de gonopodio, ejemplar con caracteres intermedios *H. jonesii* / *H. bimaculata*.



Figura 63.5 Primer bloque de fotografías del gonopodio, *H. jonesii*.



Figura 63.6 Fotografía de gonopodio, *H. formosa*.

## DISCUSIÓN.

Como se observa en los análisis morfométricos exploratorios (de componentes principales y variables canónicas) así como los de confirmación (función discriminante), existen fenómenos al interior de las categorías y entre ellas, el caso de *Heterandria formosa* que es excluida repetidamente en todos los análisis tanto por su forma, la cual presenta una área cefálica mucho mayor en relación con su cuerpo, un pedúnculo caudal más largo y delgado y la inserción del gonopodio es anterior con respecto a *Pseudoxiphophorus*, como por los resultados en los conteos de morfología tradicional en los cuales posee un reducido número de radios dorsales, un gonopodio con solo un segmento sub-distal en el radio 4<sup>a</sup> con la punta del radio corta y no presenta curvatura, las aserraciones en forma de espinas en la sección sub-distal del radio 4p son solo 6 y existe una separación mucho mayor entre los radios gonopodiales 3 y 4<sup>a</sup>. Ninguna de las especies de *Pseudoxiphophorus* asemeja la forma de *H. formosa*. El tamaño diminuto, los conteos vertebrales reducidos, aletas pectorales reducidas (Rosen, 1979) y características de comportamiento reproductivo como la superfecundación, complementan los resultados de este estudio en el cual se sugiere separar *Heterandria* solo para el caso de *H. formosa* y *Pseudoxiphophorus* para el resto de las especies actualmente conocidas como *Heterandria*, quedando ambos géneros, como válidos e independientes. Esto coincide con el trabajo de Morales y Cazan de reciente publicación (2012), quien encuentra esto mismo pero por medio de análisis moleculares y el trabajo de Agorreta et al (2013) que realiza una filogenia

por medio de marcadores moleculares (*cytB* principalmente) dejando a *Belonesox* y *Xiphophorus* como los grupos hermanos más probables de *Pseudoxiphophorus*.

Los ejemplares que integran al ahora género *Pseudoxiphophorus* presentan intervalos sobrepuestos en la merística de la aleta dorsal y en los elementos gonopodiales. Debido a esto no son de gran utilidad para diagnosticar a las especies, ya que existen especies como es el caso de *P. bimaculata* que comprenden un amplio intervalo en sus conteos y abarca los intervalos desde *P. jonesii* que va de 12 a 14 radios dorsales hasta los 16 -17 de *P. litoperas*.

Todas las categorías analizadas presentaron valores de  $P < 0.05$  en el análisis de función discriminante, esto nos indica que existe diferencia significativa entre todas ellas, en el caso particular de los machos de *Pseudoxiphophorus tuxtlaensis* el número limitado y reducido de muestra influye sobre los resultados de este análisis y nos da valores poco confiables de  $P$ , puesto que el análisis de las hembras el cual cuenta con mayor número de ejemplares, separó adecuadamente a esta categoría del resto. Al interior de las categorías *H. bimaculata* y *H. jonesii* se observa gran variación entre las localidades, El análisis de variables canónicas al interior de la categoría *H. bimaculata* nos confirma una alta variación morfológica entre las poblaciones de la especie. Agrupando por separado a las poblaciones del sur y las poblaciones que se localizan hacia el centro-oeste de México. La categoría *H. jonesii* separa a la forma de las localidades de San Luis Potosí de la forma que presenta el resto de las localidades de México.

Después de efectuar el análisis de variables canónicas para ambas especies los resultados nos sugieren que, como en el caso del género, pudiesen existir formas diferentes aun no descritas en ambas especies que deben ser revisadas detenidamente para determinar si se trata de especies en efecto de formas no descritas y enmascaradas por la actual merística o si se trata de variaciones de las formas conocidas.

Al revisar el gonopodio a partir de las fotografías de microscopio estereoscópico se encontró un ejemplar con número de catálogo CNPEIBUNAM-15647 en la

localidad del Rio Papagayo en el estado de Guerrero con un gonopodio característico de la especie *Pseudoxiphophorus jonesii*, el cual presenta un número anormal alto de segmentos subdistales, se revisaron los conteos dorsales de los ejemplares de la localidad y presentan de 13 a 14 radios en la aleta dorsal, el intervalo para *P. jonesii* en este carácter va de 12 a 14 radios dorsales, el resto de los ejemplares machos fueron identificados como *P. bimaculata*, aunque se pudiera pensar en sugerir un híbrido entre *P. bimaculata* y *P. jonesii* no existen reportes de poblaciones cercanas de *P. jonesii* en la región lo que hace poco probable un entrecruzamiento de material genético entre estas especies al menos en este caso.

## CONCLUSIONES.

1.- Todas las categorías de especie obtuvieron una diferencia significativa al poner a prueba los grupos con el análisis de función discriminante, en el caso de los machos el número de individuos en la muestra, influye en obtener valores significativos de diferencia, sin embargo las hembras las cuales tuvieron un número de muestra mayor, obtienen valores de P y T cuadrada que separan a todas las especies del género.

2.- Con respecto a los resultados de este estudio la categoría *Heterandria formosa* se separa de la nube de puntos que forman las especies del género *Pseudoxiphophorus*, en todos los análisis morfométricos y los conteos de morfología tradicional *H. formosa* resulta ser diferente del resto de las especies que se consideraban en el género *Heterandria*. Ya sea por los conteos reducidos que presenta en todas las estructuras revisadas o por la forma característica que se observa en la morfometría de esta especie, se debe adoptar el criterio que *Heterandria* sea tratada como un género separado de *Pseudoxiphophorus* y que este último sea validado con estatus de género como han sugerido Regan (1913), Miller (1974), Radda (1985), Ghedotti (2000), Morales-Cazan y Albert (2012) y más recientemente Agorreta *et al.* (2013).

3.- Las principales estructuras donde se concentra la variación y encontramos reiteradamente en los análisis de componentes principales y el análisis de variables canónicas son: Aleta dorsal (amplitud de la aleta), Altura y arqueamiento del cuerpo, pedúnculo caudal (ancho del pedúnculo) y orientación del hocico (punto 1).

4.- Conforme al Análisis de Componentes Principales y el Análisis de Variables Canónicas se observan procesos notables al interior de las categorías *H. bimaculata* y *H. jonesii*, que hace pensar que deben existir formas enmascaradas aun no conocidas para la ciencia.

5.- El análisis de variables canónicas al interior de la categoría *H. bimaculata* nos confirma una alta variación morfológica entre las poblaciones de la especie, Agrupando separadamente a las poblaciones del sur y las poblaciones que se localizan hacia el centro-oeste de México. El análisis de variables canónicas al interior de la categoría ***H. jonesii***, separa a las poblaciones de San Luis Potosí del resto.

6.- Se sugieren al menos 2 formas no descritas para *P. bimaculata* y una para *P. jonesii*.

7.- Por lo tanto se cumple la hipótesis alternativa para el género, la diversidad del género contiene formas no descritas entre los complejos de especie *P. bimaculata* y *P. jonesii*, que tendrán que confirmarse con estudios de la osteología. El género *Heterandria* se separa del grupo *Pseudoxiphophorus* y queda conformado por solo una especie, *H. formosa* y el género *Pseudoxiphophorus* queda conformado por 9 especies, *P. anzuetoii*, *P. attenuata*, *P. bimaculata*, *P. cataractae*, *P. dirempta*, *P. jonesii*, *P. litoperas*, *P. obliqua* y *P. tuxtlaensis*.

## BIBLIOGRAFÍA

- Agorreta, A., Domínguez-Domínguez, O., Reina, R.G., Miranda, R., Bermingham, E., Doadrio, I. 2013. Phylogenetic relationships and biogeography of *Pseudoxiphophorus* (Teleostei: Poeciliidae) based on mitochondrial and nuclear genes. *Molecular phylogenetics and Evolution*, 66: 80-90.
- Burnie, D. 2003. *Animal*. Dorling Kindersley, Londres. 624 pp.
- Espinosa, P.H., M.T D. Gaspar y P.M. Fuentes. 1993. *Listados Faunísticos de México. III. Los Peces Dulceacuícolas Mexicanos*. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. 99 p.
- Gaspar-Dillanes, M.T. 1987. Nuevo registro de *Heterandria* (*Pseudoxiphophorus*) *bimaculata* (Heckel, 1848) en la vertiente del Pacífico Mexicano. (Pisces: Poeciliidae). *An. Inst. Biol. UNAM, Ser. Zool.* (2):933-938.
- Ghedotti, M. J. 2000. Phylogenetic analysis and taxonomy of the poecilioid fishes (Teleostei: Cyprinodontiformes). *Zoological Journal of the Linnean Society*, 130: 1-53.
- Hubbs, C. L. 1924. Studies of the fishes of the order Cyprinodontes. *Misc. Publ. Mus. Zool. Univ. Michigan*, no. 13, pp. 1-31.
- Hubbs, C. L. 1926. Studies of the fishes of the order Cyprinodontes. VI. *Ibid.*, no. 16, pp. 1-86.
- Hubbs, C. L. 1936. Fishes of the Yucatan Peninsula. *Publ. Carnegie Inst. Washington*, no. 457, pp. 157-287.

- Kendall, D. G. 1977. The diffusion of shape. *Adv. Appl. Prob.*, 9:428-30.
- Klingenberg, C.P. 2011. *MorphoJ*: an integrated software package for geometric morphometrics. *Molecular Ecology Resources* 11: 353-357.
- Mceachran, J.D. y Dewitt, T.J. 2008. A new livebearingfish, *Heterandria tuxtlaensis*, from Lake Catemaco, Veracruz, Mexico (Cyprinodontiformes: Poeciliidae). *Zootaxa* 1824, 45-54.
- Miller, R.R. 1974. Mexican species of the genus *Heterandria*, subgenus *Pseudoxiphophorus* (pisces: Poeciliidae). *San Diego SOC. NAT. HIST.*, trans 17(17):235-250.
- Miller, R.R. 1988. Mesoamerican fishes of the Rio Usumacinta basin: composition, derivation and conservation. Pp. 9-10, in G.H Dalrymple et al. (eds.), *Wildlife in the Everglades and Latin American Wetlands. Proceedings of the 1<sup>st</sup> Everglades National Park Symposium* (1985).
- Miller, R. R., Minckley, L.W. y Norris, M. S. 2009. *Peces Dulceacuícolas de México*. CONABIO, SIMAC, ECOSUR, DFC. México.
- Mónaco, P.J., Rasch, E.M. y Balsano, J.S. 1984. Apomictic reproduction in the amazon molly, *Poecilia formosa* and its triploid hybrids. In: *Evolutionary Biology Monographs - Evolutionary Genetics of Fishes*. B.J. Turner, ed. Plenum. pp. 311-328.
- Morales-Cazan, Alf y Albert, James S. Monophyly of *Heterandriini* (Teleostei: Poeciliidae) revisited: a critical review of the data. *Neotrop. Ichthyol.* 2012, vol.10, n.1 [cited 2013-03-04], pp. 19-44 .
- Nelson, J.S. 2006. *Fishes of the World*. Fourth Edition. J. Wiley. New York.

- Radda, A. C. 1985. Revalidierung der Gattung *Pseudoxiphophorus* Bleeker 1860 (Poeciliidae: Osteichthyes). *Sonderdruck aus Aquaria*, 32: 126-128.
- Regan, C. T. 1913. A revision of the Cyprinodont fishes of the subfamily Poeciliinae. *Proceedings of the Zoological Society*, 5: 977-1019.
- Reznick, D. N. y Miles, D. B. (1989). A review of life history patterns in Poeciliid fishes. Pp. 125-148. En: Meffe, G. K., Snelson, F. F. (Eds.). *Ecology & Evolution of Livebearing Fishes (Poeciliidae)*. Prentice Hall, New Jersey.
- Rohlf, F.J. 2004a. *tpsUtil, file unity program, version 1.26*. Department of ecology and evolution, State university of New York at Stony Brook.
 

2004b. *tpsDig, digitize landmarks and outlines, version 2.0*. Department of ecology and evolution, State university of New York at Stony Brook.
- Rosen, D.E. y R.M. Bailey. 1963. The Poeciliid Fishes (Cyprinodontiformes) their Structure Zoogeography and Systematics. *Bull. Amer. Mus. Natur. Hist.* 126. 176p.
- Rosen, D.E. (1979). Fishes from the uplands and intermontane basins of Guatemala: Revisionary studies and comparative Geography. *Bulletin of the American museum of natural history*. Vol 162; article 5. New York.
- Schulz, R. J. 1969. Hybridization, unisexuality, and polyploidy in the teleost Poeciliopsis(Poeciliidae) and other vertebrates. *Am. Nat.* 103 (934): 605-619, 2 figs.
- Toro, I. MV., Manriquez, S. G. y Suazo, G. I. Geometric morphometrics and the study of biologic shapes: from descriptive to quantitative morphology. *Int. J. Morphol.*, 28(4):977-990, 2010.

- Wourms, J. P., B. D. Grove, J. Lombardi. 1988. The maternal-embryonic relationship in viviparous fishes. In Vol. 11B of *Fish Physiology*, ed. W. S. Hoar and D. J. Randall, pp. 1-134. San Diego: Academic Press.
  
- Zelditch, M. L., D. L. Swiderski, H. D. Sheets, and W. L. Fink. 2004. *Geometric Morphometrics For Biologists: A Primer*. Elsevier Academic Press, New York and London, 437p. |

## Anexo de tablas.

### Listado del material utilizado.

Colección y No. de Catalogo	especie	localidad
CNPEIBUNAM 18102	<i>H. bimaculata</i>	Refugio, Veracruz, México
CNPEIBUNAM 8964	<i>H. bimaculata</i>	MATIAS ROMERO, Carretera Tuxtepec-Matías Romero, poza frente a hotel nuevo, Oaxaca, México
CNPEIBUNAM 9134	<i>H. bimaculata</i>	Desviación a Santa Cecilia Jalieza, Oaxaca, México
CNPEIBUNAM 10601	<i>H. bimaculata</i>	SAN JUAN LALANA, Arroyo a 2 Km. de Yalahui, Oaxaca, México
CNPEIBUNAM 15623	<i>H. bimaculata</i>	Tributario del Oxolotán, Tlacotalpan, Veracruz, México
CNPEIBUNAM 15650	<i>H. bimaculata</i>	RIO MIXTECO, Oaxaca, México
CNPEIBUNAM 18095	<i>H. bimaculata</i>	CATEMACO, Rio Cuetzalapan, Veracruz, México
CNPEIBUNAM 18097	<i>H. bimaculata</i>	COYAME, Catemaco, Veracruz, México
CNPEIBUNAM 18097	<i>H. bimaculata</i>	1KM AL SUR DE COYAME, CATEMACO, Veracruz, México
CNPEIBUNAM 15644	<i>H. bimaculata</i>	SANTIAGO TUXTLA, LOS TUXTLAS, Veracruz, México
CNPEIBUNAM 15645	<i>H. bimaculata</i>	LOS AMATES, LA CASCADA LOS AMATES, Veracruz, México
CNPEIBUNAM 15646	<i>H. bimaculata</i>	LA PLAYITA, SANTIAGO TUXTLA, Veracruz, México
CNPEIBUNAM 15653	<i>H. bimaculata</i>	LAGUNA ESCONDIDA, LOS TUXTLAS, Veracruz, México
CNPEIBUNAM 15655	<i>H. bimaculata</i>	SONTECOMAPAN, RIO BASURA, Veracruz, México
CNPEIBUNAM 15656	<i>H. bimaculata</i>	LOS TUXTLAS, RIO POROJO, Veracruz, México
CNPEIBUNAM 15658	<i>H. bimaculata</i>	RIO LA PALMA, CARDENAS, Veracruz, México
CNPEIBUNAM 15659	<i>H. bimaculata</i>	LOS TUXTLAS, Veracruz, Mexico, , EYIPANTLA, HACIA SIHUAPAN
CNPEIBUNAM 15660	<i>H. bimaculata</i>	A 2 KM EYIPANTLA, SIHUAPAN, Veracruz, México
CNPEIBUNAM 15651	<i>H. bimaculata</i>	MANANTIAL AZUFRADO EL CARMEN, Tlaxcala, México
CNPEIBUNAM 3685	<i>H. bimaculata</i>	TETLATLAHUCA, San Miguel del Milagro, Rancho Sta. Elena, Tlaxcala, México
CNPEIBUNAM 6342	<i>H. bimaculata</i>	PALENQUE, Carretera Palenque-Chankala, km. 27, Chiapas, México
CNPEIBUNAM 6347	<i>H. bimaculata</i>	OCOSINGO, Afluente del Río Lacanja, a 2 km de la última desviación a Bonampak, Chiapas, México
CNPEIBUNAM 8393	<i>H. bimaculata</i>	OCOSINGO, Arroyo El Azufre, Usumacinta-Benemérito, Chiapas, México
CNPEIBUNAM 8431	<i>H. bimaculata</i>	OCOSINGO, Río cercano a la carretera Benemérito, Chiapas, México
CNPEIBUNAM 8551	<i>H. bimaculata</i>	OCOSINGO, Río Ixcán, Reserva Lacandona, Chiapas, México
CNPEIBUNAM 10306	<i>H. bimaculata</i>	PICHUCALCO, Río cercano a Pichucalco, Chiapas, México.
CNPEIBUNAM 12350	<i>H. bimaculata</i>	TACOTALPA, Río de la Sierra, Tapijulapa, Tabasco, México
CNPEIBUNAM 12353	<i>H. bimaculata</i>	TACOTALPA, Río de la Sierra, Tapijulapa, Tabasco, México
CNPEIBUNAM 15623	<i>H. bimaculata</i>	TLACOTALPA, Tributario del Oxolotán, Tabasco, México
CNPEIBUNAM 6271	<i>H. bimaculata</i>	FELIPE CARRILLO PUERTO, El Remate, Laguna Noh-Bec, Quintana Roo, México
CNPEIBUNAM 9686	<i>H. bimaculata</i>	CHAMPOTON, Aguada La Abundancia, Nuevo Becal. Calakmul, Campeche, México
CNPEIBUNAM 18100	<i>H. jonesii</i>	Río Loyolapa, Ver
CNPEIBUNAM 18103	<i>H. jonesii</i>	Río Nixtamulapa, Jalatzingo, Veracruz, México
CNPEIBUNAM 15654	<i>H. jonesii</i>	XILITLA, ARROYO LA CONCHITA, San Luis Potosí, México
CNPEIBUNAM 15647	<i>H. jonesii</i>	RIO PAPAGAYO, Guerrero, México
CNPEIBUNAM 18101	<i>H. jonesii</i>	Nacimiento del río Huichihuayán, a 25km de Xilitla, San Luis Potosí, México
CNPEIBUNAM 3631	<i>H. jonesii</i>	TEZONTEPEC DE ALDAMA, Río Tula, Tezontepec, Hidalgo, México

CNPEIBUNAM 9066	<i>H. jonesii</i>	LAGO de Valsequillo, Puebla, México
CNPEIBUNAM 18098	<i>H. jonesii</i>	RIO CUCHIATE, Cuetzalan, Puebla, México
CNPEIBUNAM 18104	<i>H. jonesii</i>	RIO COLORALI, Hidalgo, México
CNPEIBUNAM 18094	<i>H. jonesii</i>	ARROYO DEL SALTO, Veracruz, México
CNPEIBUNAM 18105	<i>H. jonesii</i>	Coacuilco, Mpio. Huejutla de Reyes, Hidalgo, México
CNPEIBUNAM 18096	<i>H. formosa</i>	NUEVA ORELANS, E.U.A.
CNPEIBUNAM 10178	<i>H. tuxtlaensis</i>	LAGO DE CATEMACO, Catemaco, Veracruz, México
CNPEIBUNAM 10196	<i>H. tuxtlaensis</i>	LAGO DE CATEMACO, Catemaco, Veracruz, México
CNPEIBUNAM 9120	<i>H. tuxtlaensis</i>	LAGO DE CATEMACO, Catemaco, Veracruz, México
CNPEIBUNAM 18099	<i>H. tuxtlaensis</i>	Puente 1 regreso entre las Margaritas y Tebanca, CATEMACO, Veracruz, Mexico
CNPEIBUNAM 18093	<i>H. tuxtlaensis</i>	ARROYO 3KM ANTES DE LAS MARGARITAS, Catemaco, Veracruz, México
AMNH 24486	<i>H. cataractae</i>	Arroyo Sachicha, 20 kilómetros al noroeste de Cobán, 6-8 kilómetros al norte de Cancal, sistema del Río Usumacinta, Alta Verapaz, Guatemala
AMNH 24492	<i>H. litoperas</i>	Tributario del río Cahabón, Sistema del río Polochic, Alta Verapaz, Guatemala
AMNH 36361	<i>H. dirempta</i>	Río Semococh tributario del río Chajmaic a 0.5km de la boca, drenaje del Río de la Pasión, Alta Verapaz, Guatemala
AMNH 36362	<i>H. dirempta</i>	Segundo arroyo cerca de la boca del río Semococh, en el sistema Chajmaic, Alta Verapaz, Guatemala
AMNH 36314	<i>H. obliqua</i>	Río Salinas-río Icvolay, cuenca del río Dolores, Alta Verapaz, Guatemala.