



Análisis morfométrico de los otolitos sagita como herramienta para la discriminación de stocks de dorado (*Coryphaena hippurus*) en el Pacífico mexicano

Sofía Ortega-García,^{1,*} Ulianov Jakes-Cota¹, Rubén Rodríguez-Sánchez^{1,*} y M.S. Zuñiga-Flores²

¹Instituto Politécnico Nacional-Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas
La Paz, B.C.S. México. * Becario COFAA.

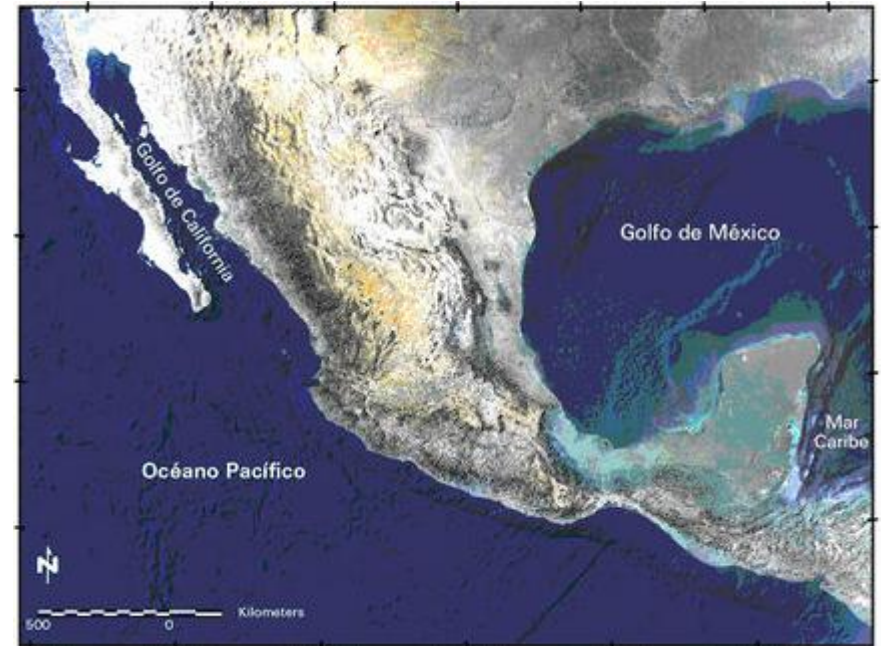
²Instituto Nacional de Pesca/CRIP-La Paz, B.C.S.

INTRODUCCIÓN



- ✓ Los cambios en la estacionalidad de las capturas en el Pacífico Norte y el Pacífico Sur, sugieren la posibilidad de que existan dos poblaciones, una que habita el hemisferio norte y otra el hemisferio sur (Kojima, 1964).

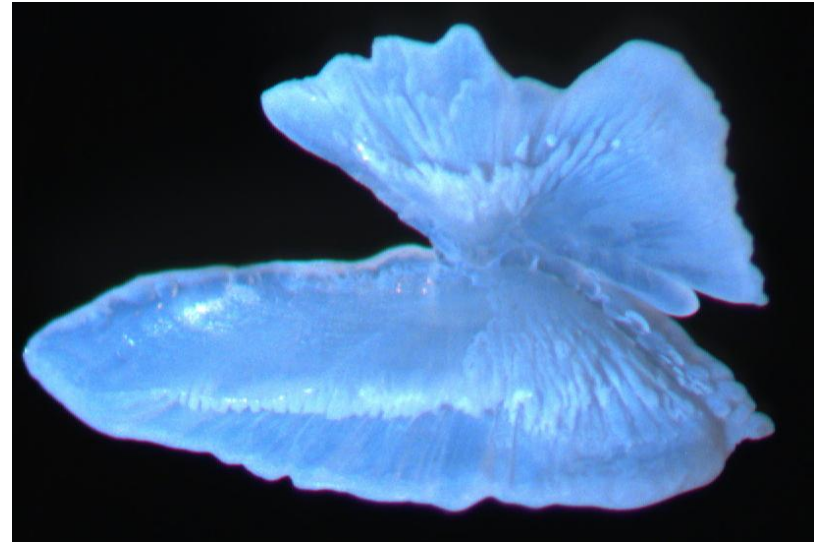
- ✓ A la fecha no existen evidencias genéticas suficientes para distinguir poblaciones diferentes de *C. hippurus*, por lo que actualmente se considera que existe una sola población en el Océano Pacífico
- ✓ No obstante, debido a que la especie es altamente migratoria, uno de los aspectos prioritarios a determinar, es si se trata de una sola población con la finalidad de determinar si las actividades de pesca están incidiendo en una o más poblaciones.



INTRODUCCIÓN

➤ En años recientes la utilización de la morfometría de los otolitos ha permitido la identificación de stocks en diversas especies, el presente estudio analiza la morfometría del otolito sagita del dorado para determinar si esta herramienta es útil para discriminar stocks y que pudiera ser aplicada a todo el Océano Pacífico Oriental (OPO).

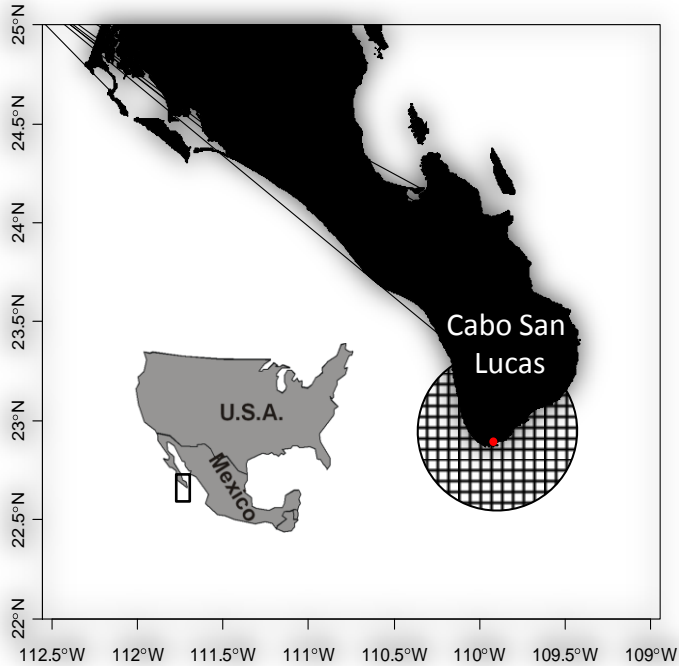
➤ Lessa *et al.* (2004) observaron una variación considerable en la forma de los otolitos sagita de dorado. Sin embargo, tales variaciones no han sido claramente relacionadas a ningún factor particular y permanecen inexplicadas.



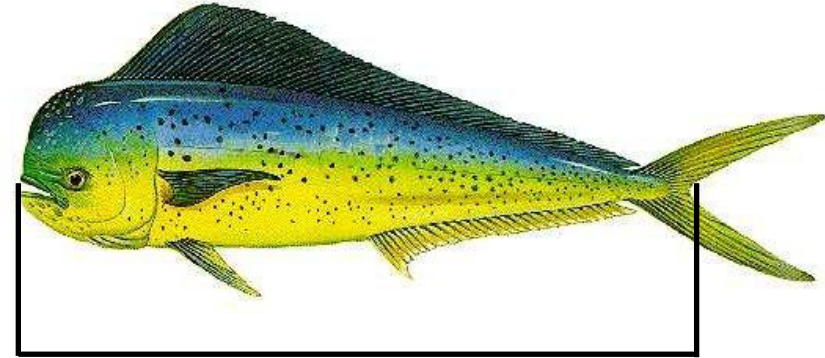
OBJETIVOS

Analizar la morfometría del otolito sagita del dorado capturado en Cabo San Lucas B.C.S., para determinar si ésta herramienta es útil para discriminar stocks y pudiera ser aplicada a con este finalidad en el Océano Pacífico Oriental.

MATERIAL Y MÉTODOS



Área de Estudio

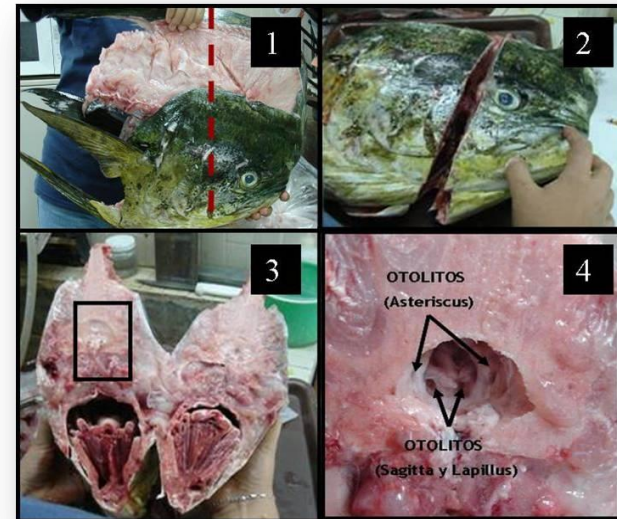


Longitud furcal (LF)

Muestreo

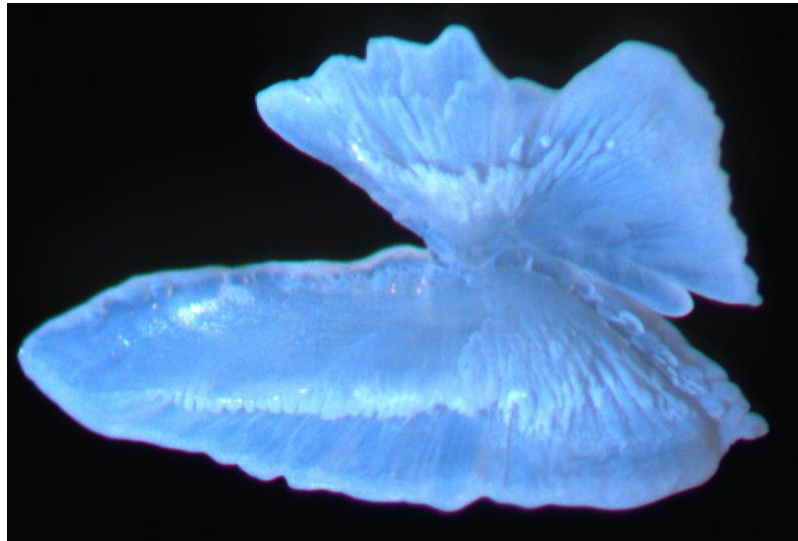


Determinación de sexo



Extracción de los otolitos

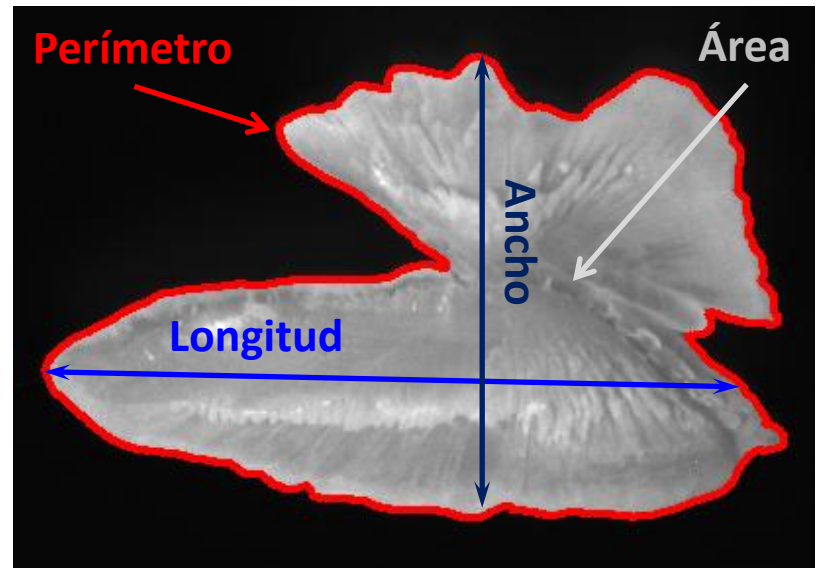
IMÁGEN DEL OTOLITO



El otolito sagita izquierdo de cada individuo fue orientado horizontalmente con el *sulcus acusticus*) hacia arriba y el *rostrum* y *antirostrum* hacia la izquierda

CONTORNO Y DESCRIPTORES MORFOMÉTRICOS

- Extracción del contorno por transformación de las imágenes en escala de grises y binarización.
- Suavización del contorno para eliminar el ruido de pixel.
- Calculo de descriptores morfométricos:
 - ✓ Perímetro
 - ✓ Área
 - ✓ Longitud
 - ✓ Ancho



ANÁLISIS ESTADÍSTICO

- ✓ A partir del contorno de los otolitos se calcularon los **Coeficientes de Fourier (CF)** utilizando **Análisis Elíptico de Fourier**.
- ✓ Estandarización de CF en relación a la longitud de los peces.
- ✓ Selección de la cantidad óptima de armónicos de Fourier para la reconstrucción de la forma de los otolitos: calidad de la reconstrucción.
- ✓ Forma promedio de los otolitos por grupo.
- ✓ **Análisis de Discriminación Canónica** y **MANOVA** utilizando los CF estandarizados: detectar diferencias morfométricas en los otolitos entre grupos.

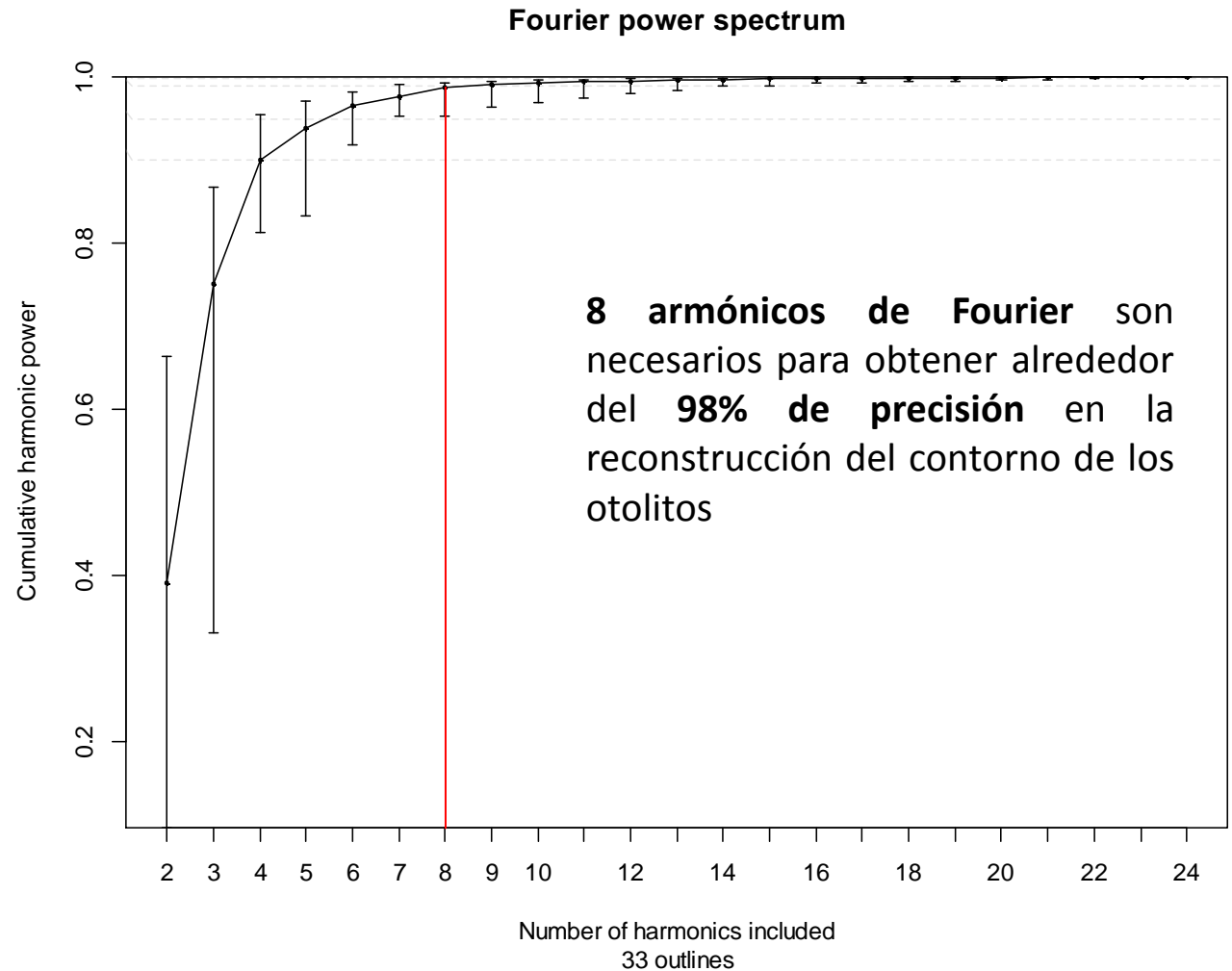
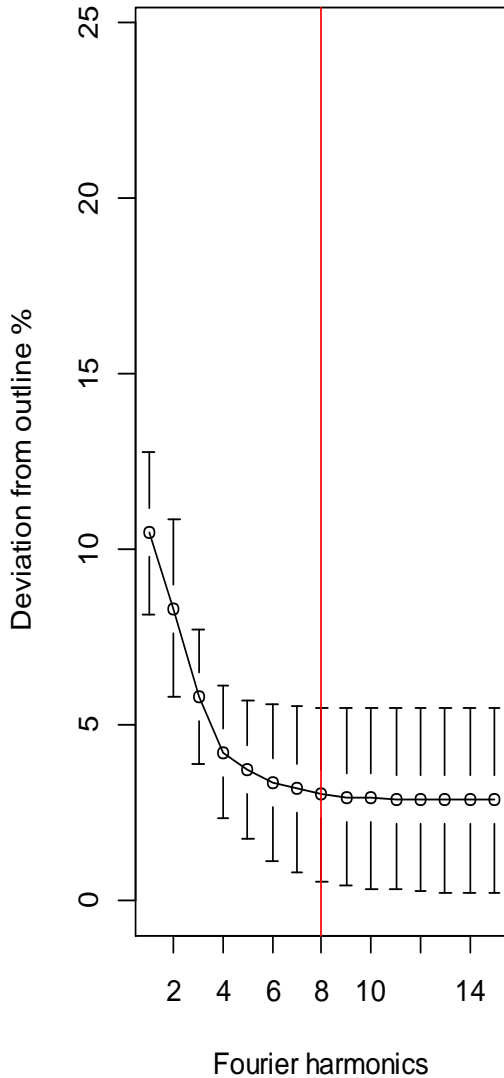
Se realizaron dos análisis para comparar la forma de los otolitos por grupos:

1. En el primero se comparó la forma de los otolitos entre **machos** (n=15) y **hembras** (n=18) (90 – 100 cm LF).
2. En el segundo se realizó la comparación entre grupos de intervalos de talla: **Grupo 1**(n=9): 65-70 cm LF, **Grupo 2**(n=15): 90-95 cm LF y **Grupo 3**(n=18): 95-100 cm LF.

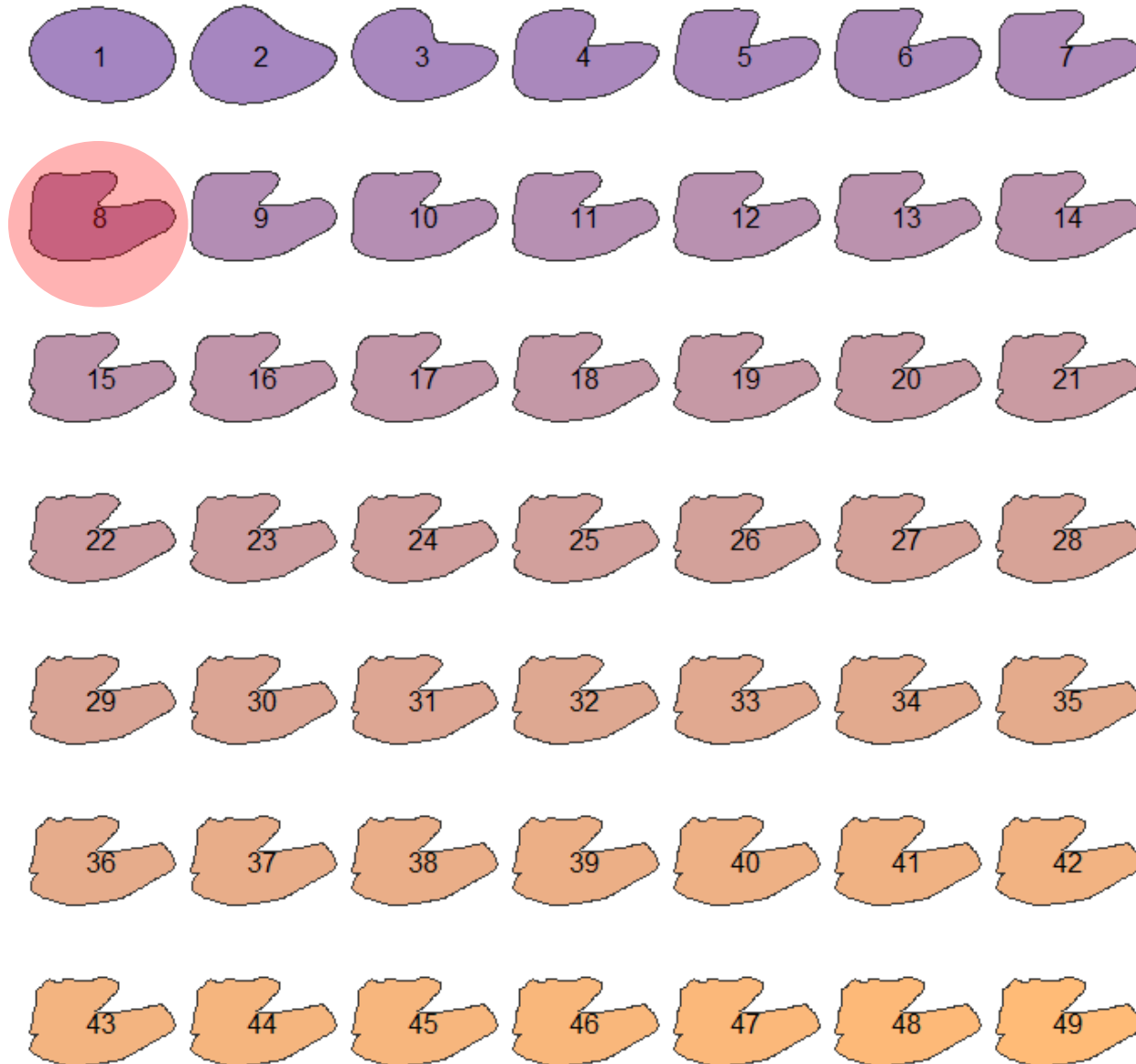
El procesamiento de las imágenes y todos los análisis estadísticos fueron realizados utilizando el lenguaje de programación R (R Core Team, 2015) con los paquetes para el análisis de contornos shapeR (Libungan y Palsson, 2015) y Momocs (Bonhomme *et al.*, 2014).

RESULTADOS

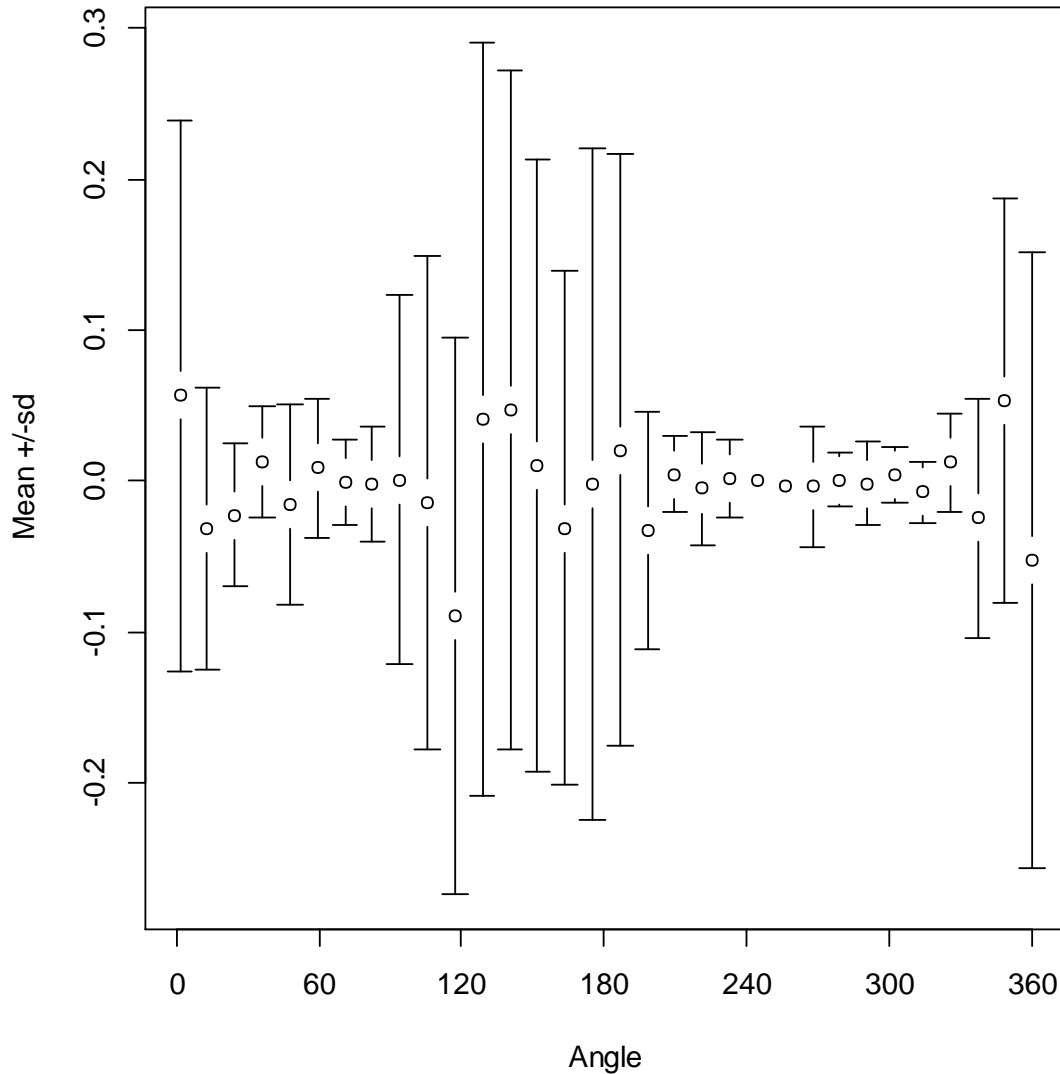
CALIDAD DE LA RECONSTRUCCIÓN DEL CONTORNO DE LOS OTOLITOS



NÚMERO DE ARMÓNICOS REQUERIDOS

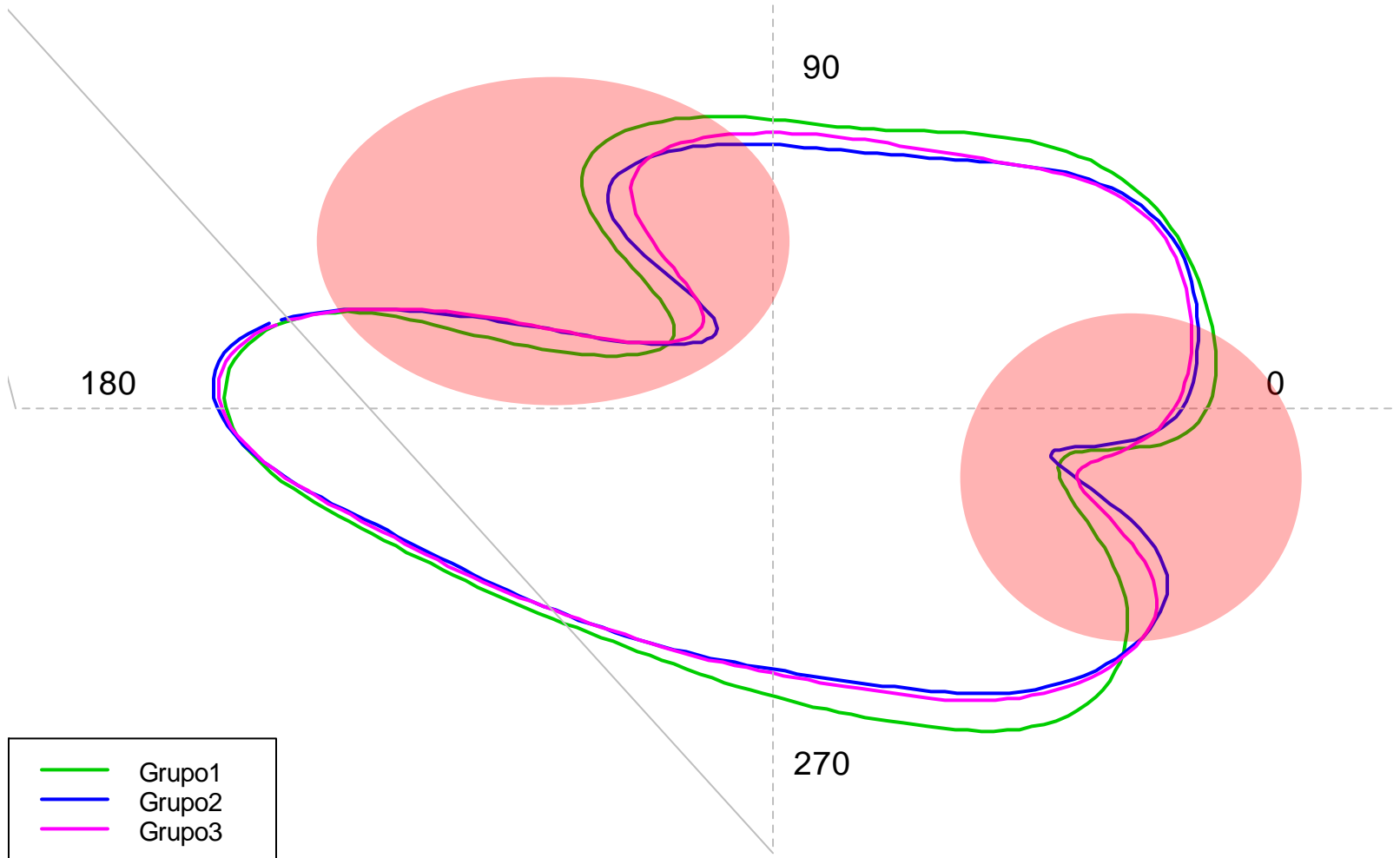


VARIACIÓN EN EL CONTORNO DE LOS OTOLITOS ENTRE GRUPOS DE ESTUDIO (MACHOS Y HEMBRAS, GRUPOS DE INTERVALOS DE TALLA)



La mayor variación entre grupos de estudio (machos y hembras, grupos de intervalos de talla) puede ser adjudicada a dos áreas del otolito, ángulos 100-180° y 340-20°, las cuales corresponden al punto de separación del *rostrum* y *antirostrum*, y a la separación posterior de las alas dorsal y ventral de los otolitos.

VARIACIÓN EN EL CONTORNO DE LOS OTOLITOS ENTRE GRUPOS

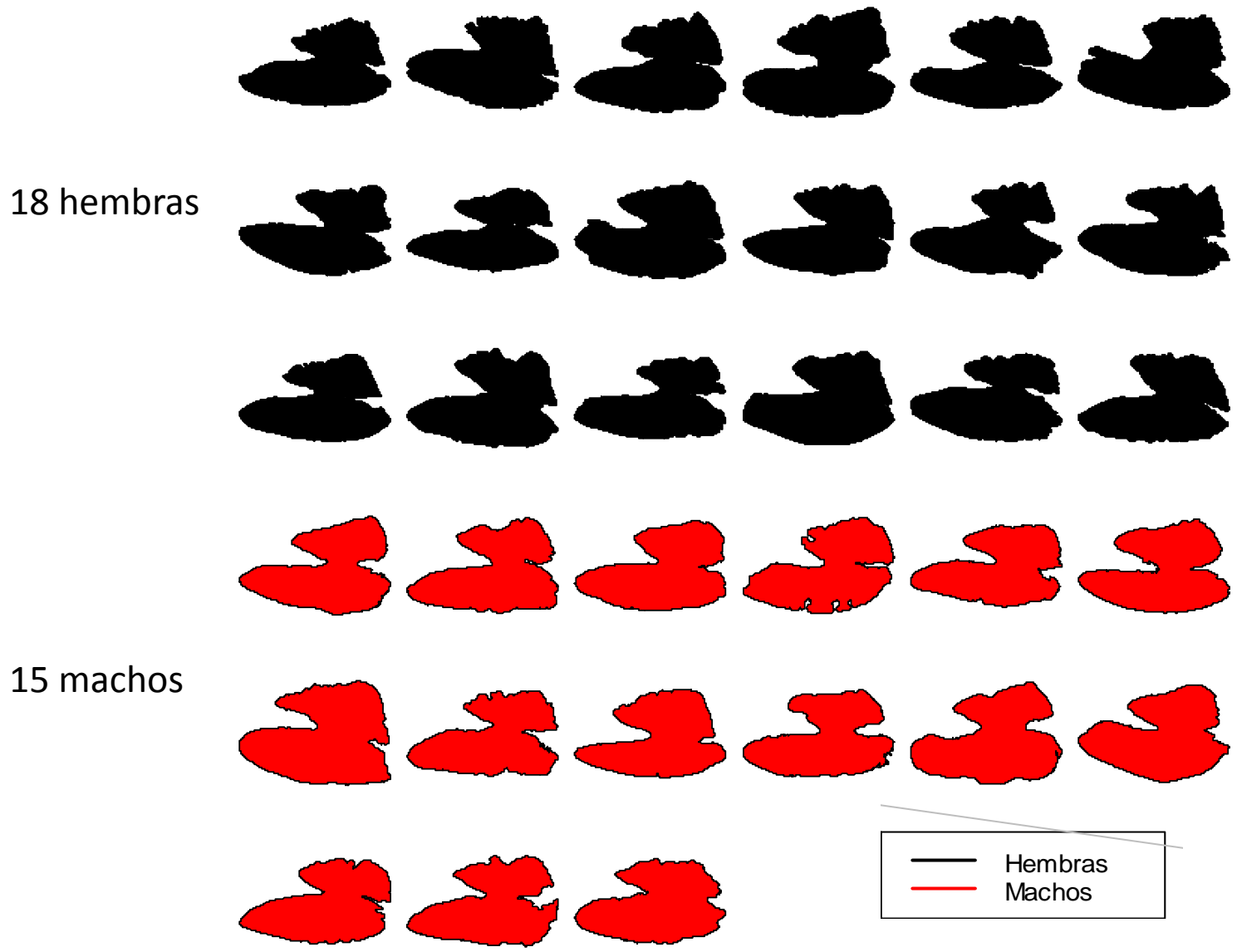


Comparación entre machos y hembras

Intervalo de tallas 90 – 100 cm LF

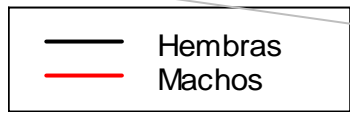
Cabo San Lucas, BCS

CONTORNOS DE OTOLITOS DE MACHOS Y HEMBRAS UTILIZADOS

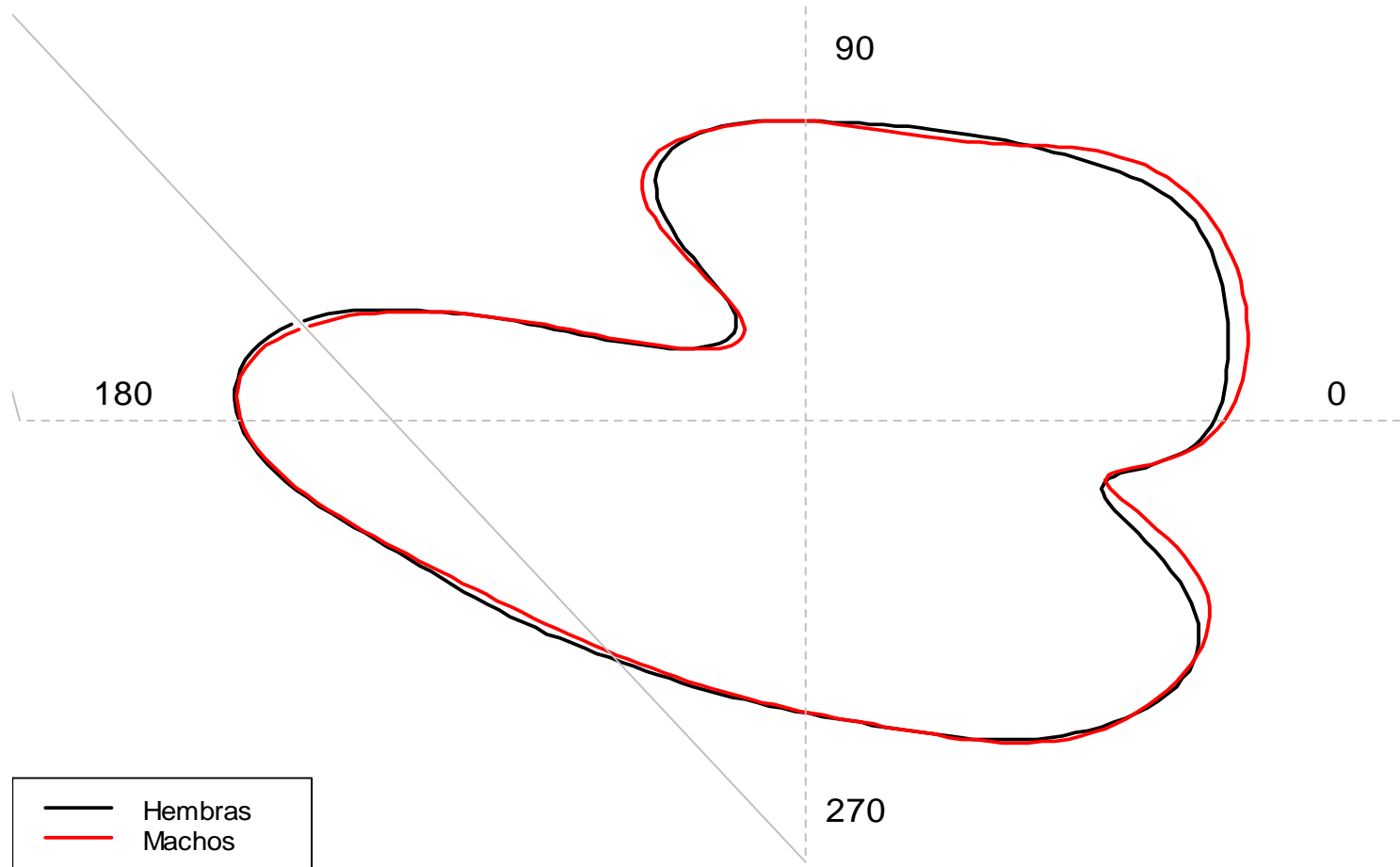


18 hembras

15 machos



FORMA PROMEDIO DE LOS OTOLITOS BASADA EN LA RECONSTRUCCIÓN DE FOURIER



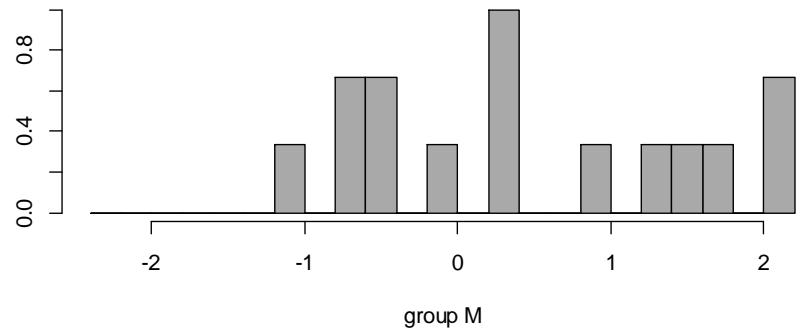
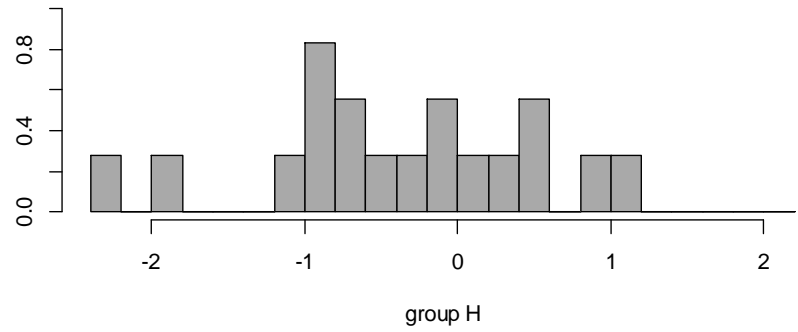
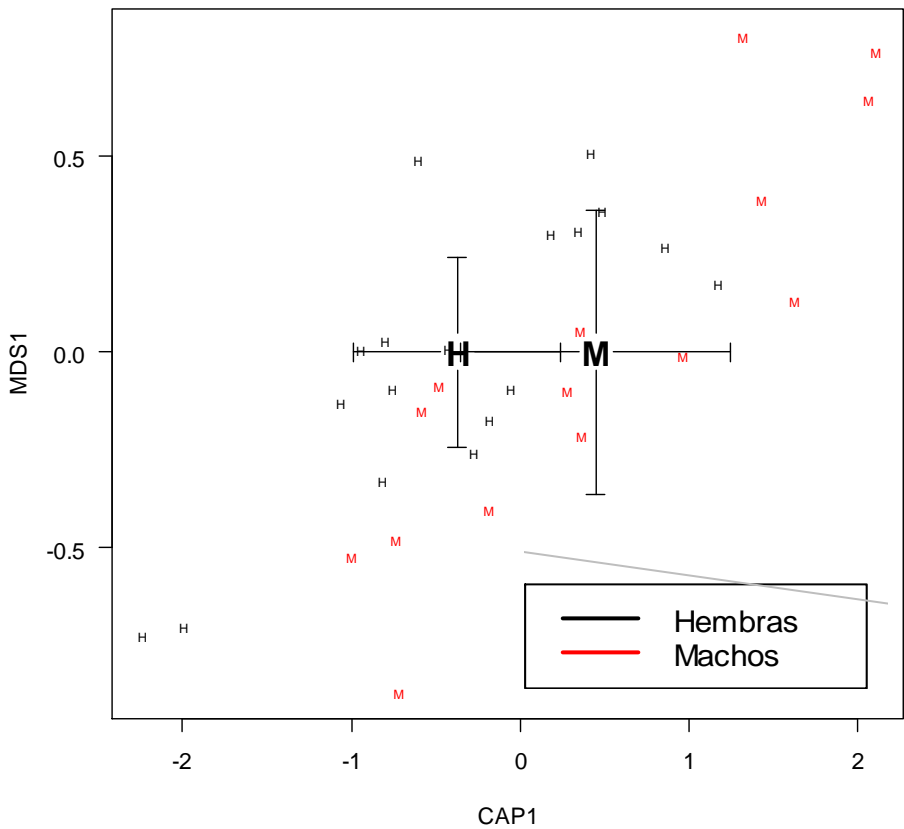
No se encontraron diferencias significativas en la forma de los otolitos entre machos y hembras

Valores promedio de los **descriptores morfométricos** de los otolitos de dorado *Coryphaena hippurus* separados por sexo

Sexo	Área	Perímetro	Longitud	Ancho
Hembras	7.36	13.59	4.12	2.52
Machos	6.60	13.06	3.93	2.41
ANOVA (p)	0.61	0.76	0.689	0.721

No se encontraron diferencias estadísticas significativas ($p > 0.05$)

Análisis de Discriminación Canónica de los coeficientes de Fourier estandarizados



MANOVA, $p = 0.73$

No se encontraron diferencias estadísticas significativas en la forma de los otolitos ($p > 0.05$)

Comparación entre intervalos de longitud

Grupo 1: 65-70, Grupo 2: 90-95 y

Grupo 3: 95 –100 cm LF

Sexos combinados

Cabo San Lucas, BCS

CONTORNOS DE OTOLITOS UTILIZADOS

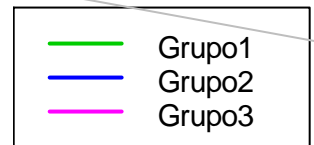
65-70 cm



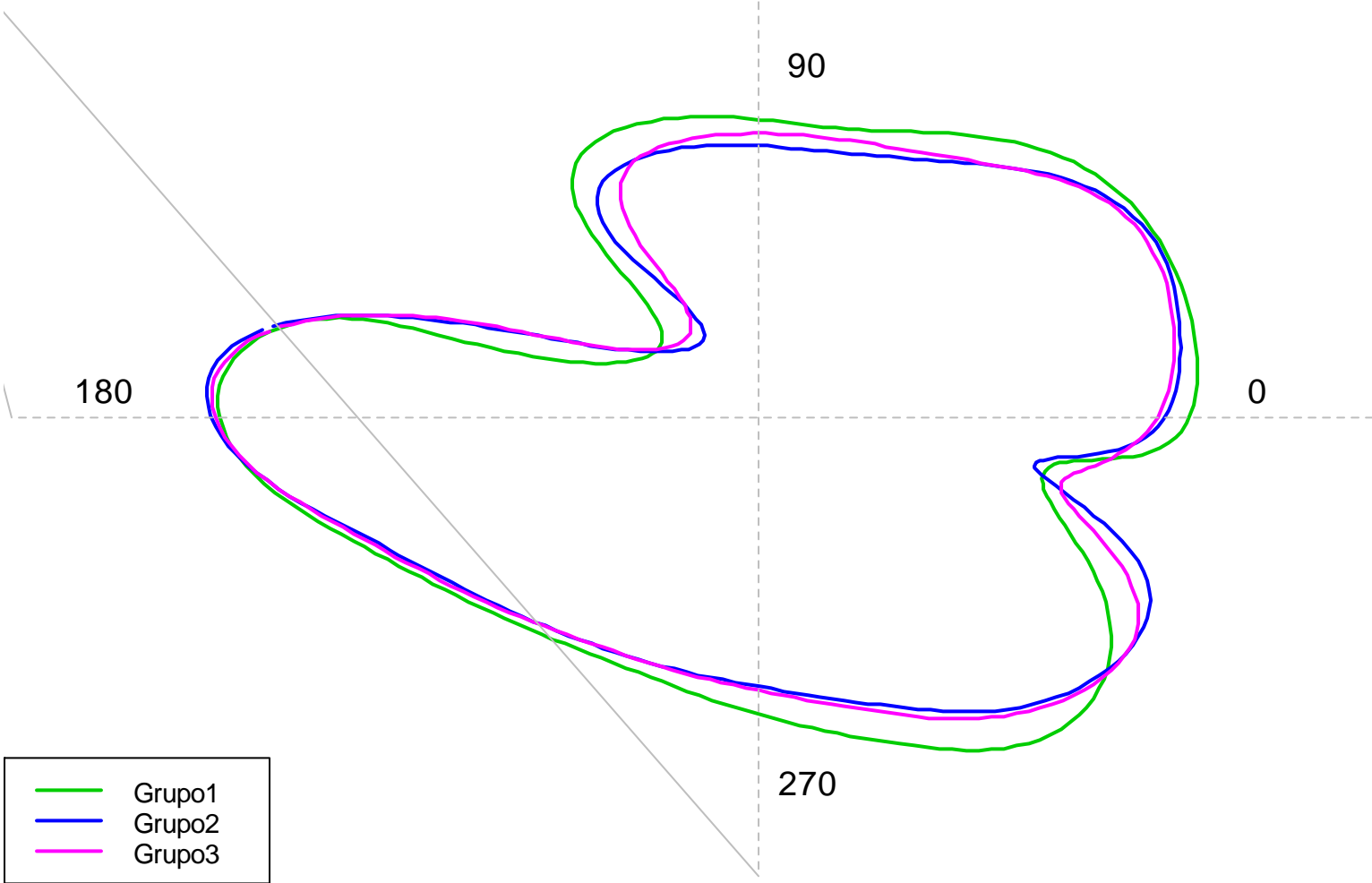
90-95 cm



95-100 cm



FORMA PROMEDIO DE LOS OTOLITOS BASADA EN LA RECONSTRUCCIÓN DE FOURIER



Valores promedio de los **descriptores morfométricos** de los otolitos de dorado *Coryphaena hippurus* separados por intervalo de longitudes

Sexo	Área	Perímetro	Longitud	Ancho
Grupo 1	4.23	10.16	2.90	1.96
Grupo 2	6.18	12.19	3.73	2.29
Grupo 3	8.01	14.73	4.40	2.68

Grupo 1 vs **Grupo 2**: ANOVA, $p > 0.05$ === No hay diferencias significativas

Grupo 2 vs **Grupo 3**: ANOVA, $p > 0.05$ === No hay diferencias significativas

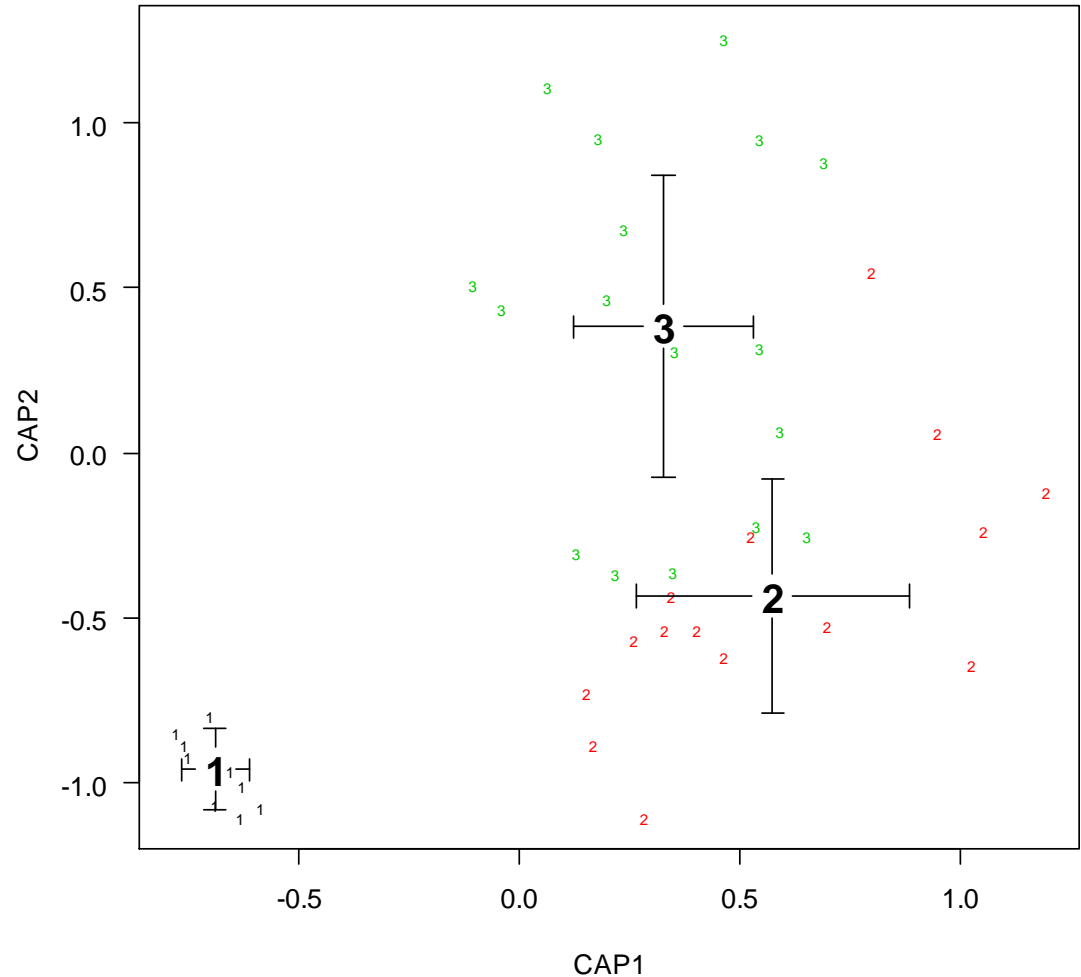
Grupo 1 vs **Grupo 3**: ANOVA, $p < 0.05$ === Si hay diferencias significativas

Análisis de Discriminación Canónica a partir de los coeficientes de Fourier estandarizados

Grupo 1 vs Grupo 2:
MANOVA, $p = 0.001$
Se encontraron
diferencias estadísticas
significativas ($p < 0.05$)

Grupo 1 vs Grupo 3:
MANOVA, $p = 0.001$
Se encontraron
diferencias estadísticas
significativas ($p < 0.05$)

Grupo 2 vs Grupo 3:
MANOVA, $p = 0.269$
No se encontraron
diferencias estadísticas
significativas ($p > 0.05$)



CONCLUSIONES

- ✓ La comparación de la forma de los otolitos entre sexos indicó que no existen diferencias significativas, por lo que todos los análisis subsecuentes se realizaron con los sexos combinados.
- ✓ Existen diferencias significativas en la forma de los otolitos entre grupos de intervalos de longitudes, por lo que se recomienda utilizar los otolitos de organismos adultos debido a que la forma de éstos ya no presentan cambios significativos.
- ✓ Se considera que el análisis de contorno de los otolitos es útil para discriminar stocks de dorado y que puede ser aplicado en todo el OPO.