



CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS
DEL NOROESTE, S.C.

Programa de Estudios de Posgrado

DINÁMICA POBLACIONAL Y DISTRIBUCIÓN DE LA MOJARRA
CHARRITA *Eucinostomus gracilis* (GILL, 1862) Y LA MOJARRA
TRICOLOR *Eucinostomus currani* Zahuranec, 1980 EN LA
COSTA ORIENTAL DEL GOLFO DE CALIFORNIA.

T E S I S

Que para obtener el grado de

Maestro en Ciencias

Uso, Manejo y Preservación de los Recursos Naturales
(Orientación en Biología Marina)

P r e s e n t a

Jesús Leobardo Pérez Burgos

Guaymas, Sonora, enero de 2021.

ACTA DE LIBERACIÓN DE TESIS

En la Ciudad de La Paz, B. C. S., siendo las 12 horas del día 18 del Mes de diciembre del 2020, se procedió por los abajo firmantes, miembros de la Comisión Revisora de Tesis avalada por la Dirección de Estudios de Posgrado y Formación de Recursos Humanos del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C., a liberar la Tesis de Grado titulada:

“Dinámica poblacional y distribución de la mojarra charrita *Eucinostomus gracilis* (Gill, 1862) y la mojarra tricolor *Eucinostomus currani* Zahuranec, 1980 en la costa oriental del golfo de california”

Presentada por el alumno:

Jesús Leobardo Pérez Burgos

Aspirante al Grado de MAESTRO EN CIENCIAS EN EL USO, MANEJO Y PRESERVACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES CON ORIENTACIÓN EN **Biología Marina**

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron su **APROBACIÓN DE LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISIÓN REVISORA



Dra. Juana López Martínez
Directora de Tesis



Dr. José Arturo Sánchez Paz
Co-Tutor de Tesis

Dr. Hugo Herrera Cervantes
Co-Tutor de Tesis



Dra. Gracia Alicia Gómez Anduro
Directora de Estudios de Posgrado y
Formación de Recursos Humanos.

Conformación de Comité

Comité Tutorial

Dra. Juana López Martínez
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. Unidad Guaymas,
Sonora.
Directora de Tesis

Dr. Hugo Herrera Cervantes
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada. Unidad
La Paz, B.C.S.
Co-tutor de Tesis

Dr. José Arturo Sánchez Paz
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. Unidad Hermosillo,
Sonora.
Co-tutor de Tesis

Comité Revisor de Tesis

Dra. Juana López Martínez
Dr. Hugo Herrera Cervantes
Dr. José Arturo Sánchez Paz

Jurado de Examen

Dra. Juana López Martínez
Dr. Hugo Herrera Cervantes
Dr. José Arturo Sánchez Paz

Suplente

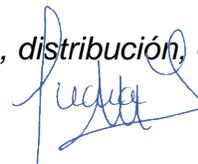
Dr. Eduardo Francisco Balart Páez

Resumen

La familia Gerreidae es uno de los grupos de peces demersales más representativos de aguas tropicales y subtropicales. Se describen como abundantes y con una amplia distribución, en especial el género *Eucinostomus*. Endémicas del Pacífico Oriental Tropical, *E. gracilis* y *E. currani*, son reportadas como abundantes en el Golfo de California (GC), zona caracterizada por su climatología altamente variable. Ambas especies se encuentran catalogadas como preocupación menor en la lista roja de la IUCN, por lo que hace imperativo generar información pertinente para su adecuada evaluación de riesgo. En el presente trabajo se evaluó la distribución y la dinámica de poblaciones de ambas especies de mojarra en la costa oriental del GC durante el periodo 2002-2016, los datos se dividieron en tres periodos (2002-2005, 2007-2010 y 2011-2016). Se evaluó la relación con las condiciones ambientales prevalecientes en los periodos analizados y se encontró una posible correspondencia entre estas y los cambios de distribución y los parámetros poblacionales. El primer periodo presentó eventos “El Niño” moderados, mientras que el segundo se caracterizó por la influencia de aguas frías como efecto de dos eventos “La Niña”, donde se observó una ampliación en la distribución de ambas especies hacia el norte del GC. Por otra parte, el tercer periodo se caracterizó por un aumento en la temperatura como consecuencia de la presencia del fuerte evento “El Niño” 2015-2016, presentando una contracción en la distribución y menor cantidad de lances positivos. En este trabajo, se reporta por primera vez los parámetros de crecimiento de la mojarra charrita *E. gracilis*, así como una ampliación de hábitat de esta. Los datos de longitud-peso se ajustaron a un modelo potencial, el crecimiento relativo es de tipo isométrico para ambas especies, con variaciones de acuerdo con los periodos cálidos o fríos. El crecimiento individual se estimó mediante un acercamiento multi-modelo, los resultados mostraron que el modelo de crecimiento de von Bertalanffy es el que mejor describió el crecimiento; se observó variación en los parámetros de *E. gracilis* $180.25 < L_{\infty} < 234.5$ mm; $0.35 < K < 0.65$ año⁻¹ y $-0.28574 < t_0 < -0.14116$; al igual que *E. currani* $207.55 < L_{\infty} < 234$ mm; $1.3 < K < 1.6$ año⁻¹ y $-0.07109 < t_0 < -0.05645$. Se utilizaron seis ecuaciones empíricas para obtener un valor promedio del coeficiente instantáneo de mortalidad (M) estos variaron por periodos $0.62 < M < 1.1$ para *E. gracilis* y $1.97 < M < 2.34$ para *E. currani*. La mortalidad por pesca anual (F año⁻¹) fue $0.015 < F < 0.238$ y $0.19 < F < 0.43$. La tasa de explotación anual (E año⁻¹) $0.005 < E < 0.177$ y $0.09 < E < 0.18$ indicando una subexplotación de ambas especies. El conocimiento de la dinámica poblacional y la distribución de especies que no se encuentran explotadas permite contar con las bases para un futuro aprovechamiento de nuevos recursos.

Palabras clave: *Eucinostomus*, Golfo de California, distribución, dinámica poblacional

<https://orcid.org/0000-0001-5467-9619>



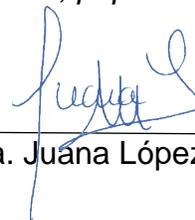
Vo.Bo. Dra. Juana López Martínez

Summary

The Gerreidae family is one of the most representative groups of demersal fish in tropical and subtropical waters. They have a wide distribution and are described as abundant, especially the genus *Eucinostomus*. Endemic to the Eastern Tropical Pacific, *E. gracilis* and *E. currani* are reported as abundant in the Gulf of California (GC), area characterized by its highly variable climatology. Both species are listed as Least Concern on the IUCN Red List, so it is imperative to generate relevant information for proper risk assessment. In the present study, the distribution and population dynamics of both species of mojarra on the eastern coast of the GC during the period 2002-2016 were evaluated, the data were divided into three periods (2002-2005, 2007-2010 and 2011-2016). The environmental conditions in the periods analyzed was evaluated and a possible relation with the changes in distribution and population parameters was found. The first period presented moderate “El Niño” events, while the second was characterized by the influence of cold waters as an effect of two “La Niña” events, where a northward distribution of both species was observed. On the other hand, the third period was characterized by an increase in temperature because of the presence of the strong event “El Niño” 2015-2016, showing a contraction in the distribution and fewer positive hauls. In this study, the growth parameters of the graceful mojarra *E. gracilis* are reported for the first time, as well as an expansion of its habitat. The length-weight data were adjusted to a potential model, the relative growth is of the isometric type for both species, with variations according to the warm or cold periods. Individual growth was estimated following a multi-model approach, the results showed that the von Bertalanffy model best described; a variation of the *E. gracilis* growth parameters was observed $180.25 < L_{\infty} < 234.5$ mm; $0.35 < K < 0.65$ year⁻¹ and $-0.28574 < t_0 < -0.14116$; like *E. currani* $207.55 < L_{\infty} < 234$ mm; $1.3 < K < 1.6$ year⁻¹ and $-0.07109 < t_0 < -0.05645$. The instantaneous mortality coefficient (M) was calculated by the average of six empirical equations, these varied for periods $0.62 < M < 1.1$ for *E. gracilis* and $1.97 < M < 2.34$ for *E. currani*. Annual fishing mortality (F year⁻¹) was $0.015 < F < 0.238$ and $0.19 < F < 0.43$. The annual exploitation rate (E year⁻¹) $0.005 < E < 0.177$ and $0.09 < E < 0.18$ indicating that both species are sub-exploited. The knowledge of the population dynamics and the distribution of species unexploited allows to have the bases for a future use of new resources.

Keywords: *Eucinostomus*, Gulf of California, distribution, population dynamics

<https://orcid.org/0000-0001-5467-9619>



Vo.Bo. Dra. Juana López Martínez

Dedicatoria

“Por los que hoy no están”

Agradecimientos

Agradezco al Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C., CIBNOR, por recibirme como alumno, por la formación y apoyo brindado, así como darme la oportunidad de crecer como persona.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología CONACYT por el apoyo de la beca otorgada con número 937368.

Al proyecto Respuestas “Cambios históricos y recientes en la distribución de especies bentónicas y demersales marinas del Golfo de California como efecto del Calentamiento Global. Detección de especies con potencial invasivo” clave SEMARNAT-CONACYT-2018-1-A3-S-77965.

A mi Directora de Tesis Dra. Juana López Martínez por brindarme el conocimiento sobre la ciencia y la oportunidad de avanzar bajo su dirección y apoyo. De corazón agradezco sus enseñanzas y consejos, sus regaños y llamadas de atención, pero más que nada agradezco el haber creído en mí, incluso cuando ni yo mismo lo hacía. Un infinito agradecimiento por darnos la oportunidad de hacer grandes cosas.

A mi comité tutorial, Dr. Hugo Herrera-Cervantes y Dr. José Arturo Sánchez-Paz, por el apoyo y aporte de conocimiento tanto para este trabajo como para mi persona. Gracias por su paciencia.

Al Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. Unidad Guaymas, por brindarme el espacio y material para realizar mi investigación. A esas grandes personas que me brindaron su apoyo día a día.

Al Instituto Nacional de Pesca (INAPESCA) que en conjunto al CIBNOR otorgaron información de FAC provenientes de cruceros prospectivos efectuados durante periodos de veda del camarón en el margen oriental del Golfo de California en el periodo 2002 a 2016. Especialmente a la Dra. Alma Rosa García Juárez y al Dr. Carlos Hiram Rábago Quiroz.

A los proyectos SAGARPA-2003-C01-89 y el proyecto Produce Sonora 2011 que facilitaron la información de observadores a bordo de la flota camaronera del Golfo de California obtenidos durante 2004-2005.

Al Laboratorio de Pesquerías por todas las experiencias y por el conocimiento obtenido a través de un arduo trabajo. Gracias al Dr. Rufino Morales Azpeitia, a la Dra. Eloísa Herrera Valdivia y al M.C. Francisco Javier Álvarez Tello por los consejos y enseñanzas, así como las facilidades para realizar mi trabajo.

Un especial agradecimiento al M.C. Edgar Arzola Sotelo por el soporte y apoyo en mi trabajo, por el aporte de conocimiento y la paciencia que conllevó este. Que el señor te llene de bendiciones.

A mis compañeros de maestría del CIBNOR Unidad La Paz. Gracias por compartir esos momentos divertidos y tensos que solo se sienten en un posgrado. Gracias por la diversidad de conocimientos y pensamientos que se pueden tener, pero más que nada el interés por la ciencia. Un especial agradecimiento a mis amigos que hicieron más amena y divertida mi estancia. Gerardo Pichardo, gracias por recibirme como tu roomie y hacerme sentir como de tu familia, por esas pláticas y desayunos con machaca, por aguantar mis cantos matutinos y arrastrarme en las mañanas para poder tomar el transporte y no llegar tarde a clases, pero más que nada gracias por tu confidencialidad. Estefani Larios, gracias por acoplarte desde un inicio y por tu gentileza, gracias por esos viajes y momentos divertidos, pero más que nada gracias por tu confianza, claro que también por el apoyo de esos mapas, ¡eres grande! Adonají, Dona, Donita, eres una de las personas más maravillosas que conocí en La Paz, eres fuerte e inteligente, agradezco el poder haber compartido este tiempo contigo, la oportunidad de conocerte, te agradezco infinitamente la confianza que depositaste en mí y más que nada el aguantarme, esos momentos divertidos y especiales, de verdad eres un sol Adorojion.

A mis compañeros y amigos del posgrado del CIBNOR Unidad Guaymas, gracias por crear un ambiente tan grato en el área de posgrado, gracias por esas pláticas

de terapia semanal, gracias por esas risas y convivios. Jy'asu Moreno, gracias por el soporte y apoyo, creo que sin ti no estaríamos en el posgrado, gracias por siempre tratar de ayudar y estar al pendiente. Edgardo Farach, gracias por aguantar a gente tan loca, agradezco tu paciencia y el apoyo que siempre estás dispuesto a brindar, gracias por el aporte de cultura internacional y más que nada por tu amistad.

A la Ing. en Acuicultura y ahora Maestra en Ciencias, Karen Viviana Urias Padilla, a ti que te pude haber agradecido en todos y cada uno de los apartados anteriores. Agradezco cada momento desde el día de que te conocí, por haber cedido y acompañarme en esta locura que fue posgrado, por haberte mudado y vivir conmigo en otra ciudad. Gracias por el apoyo académico y emocional que me brindaste durante este trayecto, gracias por no dejar de darme ánimos, por no dejarme rendir y la confianza que siempre has tenido en mí, mucho de lo que ahora soy es gracias a ti, gracias por aguantarme en mis peores momentos y gracias por estar en los mejores, simplemente gracias por ser mi mejor amiga.

Finalmente, agradezco a mi familia por ser parte fundamental en mi vida y apoyar todas mis decisiones, por darme la oportunidad de ser la persona que ahora soy, todo lo que tengo y lo que soy es por ustedes. Espero ser siempre un gran orgullo para mis padres y un gran ejemplo para mis hermanos. Los quiero infinitamente.

Contenido

Resumen	i
Summary	ii
Dedicatoria	iii
Agradecimientos	iv
Contenido	vii
Lista de figuras	ix
Lista de tablas	xii
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	3
2.1. Biología de las especies.....	4
2.2. Estado de conservación de las especies.....	10
2.3. Respuestas fisiológicas de los peces marinos a cambios de temperatura ambiental.....	12
3. JUSTIFICACIÓN	16
4. HIPÓTESIS	17
5. OBJETIVO	18
5.1 Objetivo general.....	18
5.2 Objetivos particulares.....	18
6. MATERIAL Y MÉTODOS	19
6.1 Área de estudio.....	19
6.2 Muestreos biológicos.....	22
6.2.1 Información proveniente de cruceros.....	22
6.2.2 Información proveniente de observadores a bordo de la flota camaronera de Sonora.....	23
6.3 Trabajo de laboratorio.....	24
6.3.1 Identificación taxonómica del material biológico.....	24
6.4 Trabajo de gabinete.....	25
6.4.1 Distribución.....	26
6.4.2 Estructura poblacional.....	26
6.4.2.1 Relación longitud/peso.....	26
6.4.2.2 Estructura de tallas.....	26
6.4.2.3 Análisis multinomial.....	27
6.4.2.3.1 Relación longitud-edad relativa.....	29
6.4.2.4 Proporción de sexo.....	29
6.4.3 Dinámica poblacional.....	29
6.4.3.1 Modelos de crecimiento.....	29
6.4.3.1.1 Modelo de von Bertalanffy.....	29
6.4.3.1.2 Modelo de Gompertz.....	30

6.4.3.1.3 Modelo logístico.....	31
6.4.3.1.4 Ajuste de modelos.....	32
6.4.3.2 Selección del modelo.....	32
6.4.3.3 Crecimiento por medio de métodos electrónicos.....	33
6.4.3.4 Talla de primera madurez sexual.....	35
6.4.3.5 Mortalidad natural.....	36
6.4.3.1 Análisis de cohorte.....	38
7. RESULTADOS	43
7.1 Distribución.....	43
7.2 Estructura poblacional.....	50
7.2.1 Relaciones longitud-peso.....	54
7.2.2 Estructura de tallas.....	55
7.2.3 Proporción de sexos.....	58
7.3 Dinámica poblacional.....	58
7.3.1 Crecimiento.....	58
7.3.1.1 Modelos de crecimiento.....	60
7.3.1.2 Crecimiento por métodos electrónicos.....	62
7.3.1.3 Índice de funcionamiento Φ'	64
7.3.2 Talla de primera madurez sexual.....	66
7.3.3 Mortalidad natural.....	70
7.3.4 Mortalidad total, por pesca y tasa de explotación.....	72
7.3.5 Abundancia.....	73
7.3.6 Condiciones ambientales prevalecientes.....	78
8. DISCUSIÓN	82
8.1. Distribución y abundancia.....	82
8.2. Dinámica poblacional.....	85
9. CONCLUSIONES	92
10. LITERATURA CITADA	95
11. ANEXOS	114

Lista de figuras

Figura 1.	Distribución reportada de la mojarra charrita <i>Eucinostomus gracilis</i>	5
Figura 2.	Distribución reportada de la mojarra tricolor <i>Eucinostomus currani</i>	7
Figura 3.	Cronología e intensidad de eventos El Niño y La Niña ocurridos en el periodo 2000-2020.....	14
Figura 4.	Localización geográfica del área de estudio Costa oriental del Golfo de California.....	21
Figura 5.	Datos morfométricos de las mojarras (Perciformes: Gerreidae).....	24
Figura 6.	Área de muestreo cruceros de arrastre.....	45
Figura 7.	Mapa de distribución de la mojarra charrita <i>Eucinostomus gracilis</i> en el Golfo de California (periodo 1, 2 y 3).....	46
Figura 8.	Mapa de distribución de la mojarra tricolor <i>Eucinostomus currani</i> en el Golfo de California (periodo 1, 2 y 3).....	46
Figura 9.	Distribución anual de la mojarra charrita <i>Eucinostomus gracilis</i>	48
Figura 10.	Distribución anual de la mojarra tricolor <i>Eucinostomus currani</i>	49
Figura 11.	Relación Lt/p de la mojarra charrita <i>Eucinostomus gracilis</i> en la costa oriental del Golfo de California en el periodo 2002-2016.....	51
Figura 12.	Relación Lt/p de la mojarra tricolor <i>Eucinostomus currani</i> en la costa oriental del Golfo de California en el periodo 2002-2016.....	51
Figura 13.	Histograma de frecuencias de la mojarra charrita <i>Eucinostomus gracilis</i> en la costa oriental del Golfo de California en el periodo 2002-2016.....	52
Figura 14.	Histograma de frecuencias de la mojarra tricolor <i>Eucinostomus currani</i> en la costa oriental del Golfo de California en el periodo 2003-2016.....	53
Figura 15.	Histograma de frecuencias de la mojarra charrita <i>Eucinostomus gracilis</i> en la costa oriental del Golfo de California.....	56
Figura 16.	Histograma de frecuencias de la mojarra charrita <i>Eucinostomus currani</i> en la costa oriental del Golfo de California.....	57
Figura 17.	Datos de longitud-edad de la mojarra charrita <i>Eucinostomus gracilis</i> en la costa oriental del Golfo de California en el periodo 2002-2016.....	59

Figura 18. Datos de longitud-edad de la mojarra tricolor <i>Eucinostomus currani</i> en la costa oriental del Golfo de California en el periodo 2002-2016.....	59
Figura 19. Modelo de crecimiento von Bertalanffy ajustado a datos de <i>Eucinostomus gracilis</i> en la costa oriental del Golfo de California en el periodo 2002-2016.....	61
Figura 20. Modelo de crecimiento von Bertalanffy ajustado a datos de <i>Eucinostomus currani</i> en la costa oriental del Golfo de California en el periodo 2002-2016.....	61
Figura 21. Curvas de crecimiento del modelo de von Bertalanffy de la mojarra charrita <i>Eucinostomus gracilis</i> estimadas por periodo de tiempo.....	63
Figura 22. Curvas de crecimiento del modelo de von Bertalanffy de la mojarra tricolor <i>Eucinostomus currani</i> estimadas por periodo de tiempo.....	64
Figura 23. Anomalías estandarizadas del índice de funcionamiento de crecimiento de <i>Eucinostomus gracilis</i> por cada periodo muestreado.....	65
Figura 24. Anomalías estandarizadas del índice de funcionamiento de crecimiento de <i>Eucinostomus currani</i> por cada periodo muestreado en el periodo 2002-2016.....	66
Figura 25. Talla de primera madurez sexual de la mojarra charrita <i>Eucinostomus gracilis</i> por cada periodo muestreados.....	67
Figura 26. Talla de primera madurez sexual de la mojarra tricolor <i>Eucinostomus currani</i> por cada periodo muestreado.....	68
Figura 27. Anomalías estandarizadas de la talla de primera madurez sexual L_{50} de <i>Eucinostomus gracilis</i> por cada periodo muestreado.....	69
Figura 28. Anomalías estandarizadas de la talla de primera madurez sexual L_{50} de <i>Eucinostomus currani</i> por cada periodo muestreado.....	69
Figura 29. Mortalidad natural media de la mojarra charrita <i>Eucinostomus gracilis</i> obtenida a través de seis ecuaciones empíricas.....	71
Figura 30. Mortalidad natural media de la mojarra tricolor <i>Eucinostomus currani</i> obtenida a través de seis ecuaciones empíricas.....	71
Figura 31. Tasa de explotación de la mojarra charrita <i>Eucinostomus gracilis</i> y la mojarra tricolor <i>Eucinostomus currani</i> en la costa oriental del Golfo de California.....	73

- Figura 32.** Abundancia y captura para cada clase de talla de la mojarra charrita *Eucinostomus gracilis* durante el periodo 1 (2002-2005) en la costa oriental del Golfo de California..... 74
- Figura 33.** Abundancia y captura para cada clase de talla de la mojarra charrita *Eucinostomus gracilis* durante el periodo 2 (2007-2010) en la costa oriental del Golfo de California..... 75
- Figura 34.** Abundancia y captura para cada clase de talla de la mojarra charrita *Eucinostomus gracilis* durante el periodo 3 (2011-2016) en la costa oriental del Golfo de California..... 75
- Figura 35.** Abundancia y captura para cada clase de talla de la mojarra tricolor *Eucinostomus currani* durante el periodo 1 (2003-2005) en la costa oriental del Golfo de California..... 76
- Figura 36.** Abundancia y captura para cada clase de talla de la mojarra tricolor *Eucinostomus currani* durante el periodo 2 (2007-2010) en la costa oriental del Golfo de California..... 77
- Figura 37.** Abundancia y captura para cada clase de talla de la mojarra tricolor *Eucinostomus currani* durante el periodo 3 (2015-2016) en la costa oriental del Golfo de California..... 77

Lista de tablas

Tabla I.	Parámetros de crecimiento reportados para el Género <i>Eucinostomus</i>	8
Tabla II.	Tipos de crecimiento relativo reportados para el Género <i>Eucinostomus</i>	9
Tabla III.	Escala de madurez gonádica para peces propuesto por Nikolsky (1963).....	25
Tabla IV.	Periodo de años muestreados para cada especie.....	25
Tabla V.	Lances totales y lances positivos de la mojarra charrita <i>E. gracilis</i> y la mojarra tricolor <i>E. currani</i> obtenidos de los muestreos de veda en la costa oriental del Golfo de California.....	43
Tabla VI.	Lances totales y lances positivos de la mojarra charrita <i>E. gracilis</i> y la mojarra tricolor <i>E. currani</i> obtenidos mediante observadores a bordo en cruceros comerciales en la costa oriental del Golfo de California.....	44
Tabla VII.	Relación Longitud total-peso de la mojarra charrita <i>Eucinostomus gracilis</i> y la mojarra tricolor <i>Eucinostomus currani</i>	50
Tabla VIII.	Relación longitud total-peso de la mojarra charrita <i>Eucinostomus gracilis</i> y la mojarra tricolor <i>Eucinostomus currani</i>	55
Tabla IX.	Proporción de sexos hembra:macho <i>Eucinostomus gracilis</i> y <i>Eucinostomus currani</i>	56
Tabla X.	Jerarquización de los modelos de crecimientos. Datos de <i>Eucinostomus gracilis</i>	60
Tabla XI.	Jerarquización de los modelos de crecimientos. Datos de <i>Eucinostomus currani</i>	60
Tabla XII.	Valores de parámetros del modelo de crecimiento de von Bertalanffy para la mojarra charrita <i>Eucinostomus gracilis</i> durante el periodo 2002-2016.....	62
Tabla XIII.	Valores de parámetros del modelo de crecimiento de von Bertalanffy para la mojarra tricolor <i>Eucinostomus currani</i> durante el periodo 2002-2016.....	63
Tabla XIV.	Valores del índice de funcionamiento del crecimiento Φ' y anomalías estandarizadas de Φ' de la mojarra charrita <i>Eucinostomus gracilis</i> y la mojarra tricolor <i>Eucinostomus currani</i> durante el periodo 2002-2016.....	65
Tabla XV.	Modelo logístico (King, 1995) ajustado a cada periodo para	

	estimar la talla de primera madurez sexual de la mojarra charrita <i>Eucinostomus gracilis</i> en la costa oriental del Golfo de California.....	67
Tabla XVI.	Modelo logístico (King, 1995) ajustado a cada periodo para estimar la talla de primera madurez sexual de la mojarra tricolor <i>Eucinostomus currani</i> en la costa oriental del Golfo de California.....	68
Tabla XVII.	Mortalidad natural de la mojarra charrita <i>Eucinostomus gracilis</i> obtenida a través de seis ecuaciones empíricas.....	70
Tabla XVIII.	Mortalidad natural de la mojarra tricolor <i>Eucinostomus currani</i> obtenida a través de seis ecuaciones empíricas.....	70
Tabla XIX.	Valores de mortalidad por pesca y mortalidad total de la mojarra charrita <i>Eucinostomus gracilis</i> y la mojarra tricolor <i>Eucinostomus currani</i>	72
Tabla XX.	Abundancia (N), biomasa (B) en toneladas, magnitud de reclutamiento (R), mortalidad por pesca promedio (F), mortalidad natural promedio (M) y tasa de explotación (E) de la mojarra charrita <i>Eucinostomus gracilis</i> y la mojarra tricolor <i>Eucinostomus currani</i> en la Costa oriental del Golfo de California en el periodo 2002-2016.....	74
Tabla XXI.	Condiciones ambientales prevalecientes y cambios en la distribución y algunos aspectos poblacionales de <i>Eucinostomus gracilis</i> y <i>Eucinostomus currani</i> en los periodos analizados.....	81

1. INTRODUCCIÓN

En general, los peces son el grupo más numeroso dentro de los vertebrados. México cuenta con una amplia diversidad en cuanto al número de especies, sin embargo, el conocimiento sobre aspectos básicos de su biología es escaso (Grainer y García, 1996).

La importancia del conocimiento sobre diversos aspectos biológicos de los peces demersales se fundamenta en su papel como transformadores de energía, ya que se alimentan de materia orgánica, plantas, zooplancton, macroinvertebrados y/u otros peces, de esta manera, regulan el flujo de energía, gracias a la habilidad de desplazamiento intra- e interecosistema. Estas especies han adaptado estrategias biológicas, reproductivas y alimenticias que les permitan responder tanto a las interacciones bióticas, como a las condiciones ambientales prevalecientes en el ecosistema (Yáñez-Arancibia y Sánchez-Gil, 1988).

El Golfo de California (GC) se ubica en una zona de transición entre la región tropical y subtropical, convirtiéndolo en un ambiente complejo con características propias y variaciones intensas en escala espacial y temporal de la climatología del sistema océano-atmósfera (Lluch-Cota, 2000), generando un ecosistema marino altamente productivo para una gran diversidad de especies con importancia ecológica y comercial (García-Morales *et al.*, 2017). Un ejemplo de esto son las más de 900 especies de peces que habitan el GC (Brusca *et al.*, 2005; Hastings y Findley, 2006). La familia Gerreidae es reportada como abundante dentro del el GC (López-Martínez *et al.*, 2010; Rábago-Quiroz, 2012, Rábago-Quiroz *et al.*, 2010, 2012), en especial la mojarra charrita *Eucinostomus gracilis* y la mojarra tricolor *E. currani* (Rodríguez-Romero *et al.*, 2012), y a pesar de su abundancia e importancia ecológica el conocimiento sobre aspectos como su distribución, abundancia y dinámica poblacional es escaso.

Debido a lo anterior, en el presente trabajo se analizan posibles cambios en su distribución y evalúa algunos parámetros poblacionales y la relación con la variabilidad ambiental a escala interanual de dos especies de mojarra: la mojarra

charrita (*E. gracilis*) y la mojarra tricolor (*E. currani*) en la costa oriental del GC durante el periodo de 2002-2016.

2. ANTECEDENTES

La familia Gerreidae, comúnmente conocidas como mojarras, tiene una gran importancia desde el punto de vista biológico, ecológico y económico (Tapia-García y Ayala-Pérez, 1996), y se considera uno de los grupos de peces demersales más representativos de los sistemas acuáticos de latitudes tropicales y subtropicales (Yañez-Arancibia, 1980), ya que sus miembros presentan una amplia distribución y constituyen un abundante recurso de importancia comercial en las lagunas costeras de México (Grijalva-Chon *et al.*, 1996).

En las costas del Pacífico Mexicano existen estudios sobre comunidades de peces demersales asociados a fondos blandos de la plataforma continental. En 1988, Coronado-Molina y Amezcua-Linares realizaron un estudio en el que describieron la distribución y abundancia de 141 especies de peces demersales en las costas de Guerrero. Posteriormente, Amezcua-Linares evalúa en un par de estudios (1990, 2009) las poblaciones de especies demersales que habitan las costas de Michoacán y Nayarit. De igual forma Mariscal-Romero *et al.* (2003) y Tapia-García *et al.* (1994) realizan estudios similares para las costas de Jalisco y Chiapas y Oaxaca, respectivamente. Para la costa occidental de la Península de Baja California existen gran cantidad de trabajos sobre ictiofauna asociada a fondos blandos de la plataforma continental y talud externo (Galván-Magaña *et al.*, 2000). En el GC los trabajos se han enfocado en la obtención de listados sistemáticos, estudios ecológicos y tróficos, como: Castro-Aguirre *et al.* (1970, 1994), Castro-Aguirre (1978), De La Cruz-Agüero *et al.* (1996), Acevedo-Cervantes (1997), Barjau-González (2003), Moreno-Sánchez (2004) y Rodríguez-Romero *et al.* (2008, 2009) en lagunas costeras de la península de Baja California; Grijalva-Chon *et al.* (1996), Castro-Longoria *et al.* (2001) y Padilla-Serrato *et al.* (2016, 2017) en lagunas costeras de Sonora. De igual forma existen estudios basados en la fauna acompañamiento de la pesquería del camarón, tales como los de Pérez-Mellado y Findley (1985), Van der Heiden (1985), Acevedo-Cervantes *et al.* (2009), López-Martínez *et al.* (2008, 2010, 2011, 2012), y Rábago-Quiroz *et al.*

(2010, 2012) donde describen a la familia Gerreidae como abundante y con una distribución amplia dentro del GC, particularmente los géneros *Diapterus* y *Eucinostomus*.

2.1 Biología de las especies

La mojarra charrita *Eucinostomus gracilis* (Gill, 1862) pertenece a la clase Actinopterygii, orden Perciformes y familia Gerreidae (Froese y Pauly, 2019). Presenta un cuerpo fusiforme, comprimido y delgado (longitud dorsoventral 3.2 a 3.6 veces la longitud estándar); una sola aleta dorsal con nueve espinas, la segunda espina menor o igual que la distancia entre la punta del hocico y la parte superior del ojo. Las aletas pectorales presentan tres espinas, la segunda espina menor a la altura de la base de la cola. Cuentan con una boca protráctil que se extiende hacia abajo cuando se proyecta.

Reino Animalia

Filo Chordata

Clase Actinopterygii

Orden Perciformes

Familia Gerreidae

Género *Eucinostomus*

Especie ***Eucinostomus gracilis***



Se conoce que el género *Eucinostomus* se distribuye en aguas tropicales y templadas cálidas, con nueve especies encontradas en el Atlántico y cuatro especies endémicas de la región entre el Pacífico Oriental Tropical (POT), norte del GC y la provincia de San Diego (PS). *E. gracilis* se distribuye desde el norte de Perú e Islas Galápagos hasta el GC, sin embargo, no es reportada en la zona del Alto Golfo (Fig. 1). El éxito en su amplia distribución puede ser atribuido a su tolerancia a altos rangos de salinidad y temperatura, por lo cual esta especie

puede ser catalogada como euritérmica y eurihalina. Habita en aguas costeras de poca profundidad (0-30 metros) con fondos de arena y lodo, incluyendo esteros con manglares. Las larvas son pelágicas y los juveniles se encuentran comúnmente en ambientes protegidos como estuarios, esteros hipersalinos y manglares. Se congregan en pequeños cardúmenes y se alimentan de microinvertebrados, moluscos y detritus.



Figura 1. Distribución reportada de la mojarra charrita *Eucinostomus gracilis*. Fuente: Robertson y Allen, 2015.

La mojarra tricolor *Eucinostomus currani* Zahuranec, 1980, pertenece a la clase Actinopterygii, orden Perciformes y familia Gerreidae (Froese y Pauly, 2019). Presenta un cuerpo ovalado y alargado de color plateado, frente a la aleta dorsal presenta una coloración distintiva con forma de bandera con la base gris, blanco al centro y punta negra. El perfil superior de la cabeza es casi recto mientras que el perfil ventral es cóncavo, cuentan con una boca protráctil que se extiende hacia abajo cuando se proyecta.

Reino Animalia

Filo Chordata

Clase Actinopterygii

Orden Perciformes

Familia Gerreidae

Género *Eucinostomus*

Especie ***Eucinostomus currani***



E. currani se distribuye desde el norte de Perú e Islas Galápagos hasta el sur de Estados Unidos, entrando completamente al GC (Fig. 2), al igual que la mojarra charrita y el resto de la familia Gerreidae son catalogados como organismos euritérmicos y eurihalinos, lo que promueve una amplia distribución y tolerancia a altos rangos de salinidad y temperatura. Las larvas son pelágicas y los juveniles son encontrados comúnmente en ambientes protegidos como estuarios, esteros hipersalinos, manglares, canales y deltas de ríos hasta 20 kilómetros costa afuera. Los adultos se pueden encontrar en aguas más profundas (hasta 50 metros). Son peces demersales con preferencias de fondos suaves, arena y grava, se congregan en pequeños cardúmenes y se alimentan de microinvertebrados, moluscos y detritus.



Figura 2. Distribución reportada de la mojarra tricolor *Eucinostomus currani*. Fuente: Robertson y Allen, 2015.

Son pocos los datos que se conocen sobre la dinámica poblacional de las mojarras en la región. López-Martínez *et al.* (2011) reportaron los parámetros poblacionales de la mojarra tricolor *E. currani* con datos derivados de la fauna acompañante del camarón (FAC) dentro del GC, sin embargo, esta información sobre la mojarra charrita *E. gracilis* del Golfo de California es inexistente., lo que contrasta con la información relacionada sobre otras especies del género *Eucinostomus* (Tabla I), principalmente en el Caribe (Bonilla-Gómez *et al.*, 2013; do Carmo-Silva *et al.*, 2014; García y Duarte, 2006; Mexicano-Cíntora, 1999) y la costa occidental del GC (Aguirre-León *et al.*, 1989).

En su mayoría la información generada sobre estas especies deriva de estudios sobre la relación longitud-peso (Tabla II) en los que se reporta el crecimiento relativo.

Tabla I. Parámetros de crecimiento reportados para el género *Eucinostomus*. L_{∞} = longitud asintótica, L_{max} = longitud máxima, L_{min} = longitud mínima, K = coeficiente instantáneo de crecimiento, t_0 = talla a la edad cero, ϕ' = índice del funcionamiento del crecimiento, nd= no determinado.

Especie	Autor	L_{∞}	L_{max}	L_{min}	K	t_0	ϕ'
<i>Eucinostomus currani</i>	López-Martínez <i>et al.</i> (2011)	218	210	45	0.85	-0.13	2.6
<i>Eucinostomus gula</i>	Mexicano-Cíntora (1999)	202.6	164	53	0.41	-0.23	4.22
	Bonilla-Gómez <i>et al.</i> (2013)	120.6	nd	nd	0.68	-0.28	1.99
	Aguirre-León <i>et al.</i> (1989)	201	nd	nd	0.5	nd	2.31
	García y Duarte (2006)	223	178	62	0.29	nd	2.19
<i>Eucinostomus argenteus</i>	Bonilla-Gómez <i>et al.</i> (2013)	136.5	nd	nd	0.54	-0.37	2.03
	do Carmo-SILVA <i>et al.</i> (2014)	283.1	269	110	0.61	-0.57	2.69
	García y Duarte (2006)	205	164	55	0.58	-0.16	2.39

Tabla II. Tipos de crecimiento relativo reportados para el Género *Eucinostomus*. *a*= valor de factor de condición, *b*= coeficiente de isometría, *R*²=coeficiente de determinación, *N*= número de organismos, nd= no determinado, A+ = Alométrico positivo, A- = Alométrico negativo, I = Isométrico.

Especie	Autor	A	b	R ²	N	Tipo de crecimiento	Lugar
<i>Eucinostomus gracilis</i>							
	González-Acosta <i>et al.</i> (2004)	0.012	3.31	0.97	542	I	La Paz, B.C.S.
	Ruíz-Ramírez <i>et al.</i> (1997)	0.0051	3.33	0.99	23	I	Jalisco/Colima
	Aguirre <i>et al.</i> (2008)	-4.79	3.14	0.98	597	A+	Suroeste del GC
<i>Eucinostomus currani</i>							
	López-Martínez <i>et al.</i> (2011)	0.000011	3.065	0.97	6078	I	Sureste GC
	González-Acosta <i>et al.</i> (2004)	0.018	3.03	0.97	2709	I	La Paz, B.C.S.
	Ruíz-Ramírez <i>et al.</i> (1997)	0.258	2.75	0.98	55	I	Jalisco/Colima
	Velázquez-Velázquez <i>et al.</i> (2009)	0.19	3.17	0.98	312	I	Pacífico sur mexicano
	Aguirre <i>et al.</i> (2008)	-4.86	3.19	0.97	174	A+	Suroeste del GC
<i>Eucinostomus dowii</i>							
	González-Acosta <i>et al.</i> (2004)	0.006	3.69	0.98	360	I	La Paz, B.C.S.
	Aguirre <i>et al.</i> (2008)	-4.87	3.19	0.96	251	A+	Suroeste del GC
<i>Eucinostomus entomelas</i>							
	González-Acosta <i>et al.</i> (2004)	0.018	3.06	0.98	164	I	La Paz, B.C.S.
	Aguirre <i>et al.</i> (2008)	-5.02	3.24	0.97	1716	A+	Suroeste del GC
<i>Eucinostomus gula</i>							
	Mexicano-Cíntora (1999)	7.9E-06	3.25	0.95	275	I	Yucatán
	Bonilla-Gómez <i>et al.</i> (2013)	0.007314	2.92	nd	2700	I	Yucatán
<i>Eucinostomus argenteus</i>							
	Bonilla-Gómez <i>et al.</i> (2013)	0.008323	2.92	nd	1577	I	Yucatán

2.2 Estado de conservación de las especies

Actualmente ambas especies se encuentran en la lista roja catalogada como preocupación menor (LC, por sus siglas en inglés) por la Unión Internacional para conservación de la Naturaleza (IUCN, por sus siglas en inglés) ya que no cuenta con datos suficientes sobre la biología de la especie debido a su escaso valor comercial.

La IUCN es la autoridad sobre el estado del mundo natural y las medidas necesarias para salvaguardarlo. Está compuesta por organizaciones gubernamentales y organizaciones de la sociedad civil y cuenta con la experiencia, recursos y alcance de más de 1,400 organizaciones miembro y los aportes de más de 17,000 expertos, mismos que permiten establecer estándares internacionales de calidad para la conservación de la naturaleza, apoyándose para ello en el *expertis* de Seis Comisiones integradas por más de 15,000 expertos que contribuyen al conocimiento de la IUCN y ayudan a realizar su trabajo (IUCN, 2019).

Cada cuatro años se realiza el Congreso Mundial de la Naturaleza de la IUCN, donde las organizaciones Miembro establecen la dirección del trabajo de la Unión y los esfuerzos de conservación global de manera más amplia. Para ello, desarrollaron categorías y criterios incluidos en una Lista Roja, con los cuales se pretende que constituir un sistema de fácil comprensión para la clasificación de las especies de alto riesgo de extinción global (IUCN, 2019). La Lista Roja de las especies se divide en las siguientes categorías: no evaluado (not evaluated, NE), datos insuficientes (data deficient, DD), preocupación menor (least concern, LC), casi amenazado (near threatened, NT), vulnerable (vulnerable, VU), en peligro (endangereed, EN), en peligro crítico (critically enangered, CR), extinto en estado silvestre (extintic in the wild, EW) y extinto (extinct, EX).

Este sistema es aplicable para la mayoría de los organismos, marinos y terrestres. Sin embargo, los criterios no tienen en cuenta la historia natural de cada especie.

Por lo tanto, en ciertos casos concretos el riesgo de extinción puede estar sub- o sobreestimado.

Los diferentes criterios proceden de una exhaustiva revisión dirigida a detectar los factores de riesgo de una amplia gama de organismos y sus historias naturales. El uso de las categorías NE o DD indica que no se ha evaluado el riesgo de extinción. Hasta el momento en el que se realice la evaluación, los taxones listados en estas categorías no deberían ser tratados como si estuvieran “no amenazados”, y se sugiere, de manera urgente, a los países a que lleven a cabo dichas evaluaciones. Con mayor razón las especies que se encuentren agrupadas en alguna categoría de amenaza, la IUCN demanda una acción urgente de los países para generar los datos.

En el caso de las especies de mojarra *E. gracilis* y *E. currani*, ambas se encuentran enlistadas en la lista roja bajo la designación de amenaza menor (Bearez *et al.*, 2010; Espinosa *et al.*, 2010), la categoría más baja de riesgo. Ello hace que sea imperativo generar información para su adecuada evaluación de riesgo.

2.3 Respuestas fisiológicas de los peces marinos a cambios de temperatura ambiental

Si bien los cambios en el ambiente marino son un fenómeno global, las especies responden a su entorno local de manera que aspectos fisiológicos y conductuales se ven afectados ante cambios ambientales (Rábago-Quiroz, 2012), siendo la temperatura una de las variables más influyentes en la fisiología y desempeño metabólico de organismos ectotermos como son los peces (Clark *et al.*, 2013; Enders y Boisclair, 2016; Schulte, 2015). Así mismo, los hábitats de las especies marinas están definidos principalmente por las características oceanográficas como la temperatura del mar, y como consecuencia los organismos marinos presentan respuestas comportamentales ante los aumentos de esta, provocando principalmente un cambio en la distribución, causando contracciones o ampliaciones de hábitat (Barange y Perry, 2009). Igualmente, a nivel fisiológico puede tener repercusiones negativas en la fisiología de los peces y afectaciones en los procesos de reclutamiento, dando como resultado alteraciones en la abundancia (Barange y Perry, 2009; Daw *et al.*, 2009).

En general, las especies de mayores tamaños poseen historias de vida lenta (Dulvy *et al.*, 2003; Olden *et al.*, 2007; Pauly, 1980; Reynolds *et al.*, 2005), y poseen mayor capacidad migratoria, movilidad y rastreo de condiciones óptimas para un mejor desempeño metabólico y reproductivo (Feary *et al.*, 2014; Nash *et al.*, 2015; Perry *et al.*, 2005). Sin embargo, en términos de adaptación a los cambios, estas mismas especies, y aquellas con menor rango de distribución, presentan menor capacidad de respuesta al cambio (Abas, 2018) por lo que son intrínsecamente más vulnerables a los cambios ambientales y con mayor posibilidad de extinguirse (Olden *et al.*, 2007; Pimm *et al.*, 1988; Reynolds *et al.*, 2005). Por otro lado, generalmente las especies con historia de vida rápida (es decir, de tiempos de generación cortos), de menores tallas y con mayor rango de distribución presentan mejores pronósticos de adaptación a los aumentos de temperatura, con lo cual deberían ser capaces de persistir mejor y recuperarse de

manera más rápida ante perturbaciones ambientales (Abas, 2018; Dulvy *et al.*, 2003; Olden *et al.*, 2007; Ottimofiore *et al.*, 2017; Pimm *et al.*, 1988; Winemiller, 2005).

Existen ecosistemas marinos con una variación estacional e interanual muy marcada, como el caso del GC (Álvarez-Borrego, 2007; Álvarez-Borrego y Lara-Lara, 1991; Escalante *et al.*, 2013; Robles-Tamayo *et al.*, 2020). Una de las señales más prominentes en la región es la causada por el fenómeno El Niño-Oscilación del Sur (ENSO, por sus siglas en inglés) (Herrera-Cervantes *et al.*, 2007). Este fenómeno ocurre en el Océano Pacífico con un ciclo de entre tres y ocho años (Fig. 3), con fuertes efectos a lo largo de las costas del POT y GC (Chávez *et al.*, 1999; García-Morales *et al.*, 2017; Herrera-Cervantes *et al.*, 2010; Robles-Tamayo *et al.*, 2018; Soto-Mardones *et al.*, 1999; Valdez-Holguín y Lara-Lara, 1987).

El ENSO comprende dos fases: la fase cálida conocida como El Niño, la cual se asocia a un debilitamiento en el campo de vientos alisios y resultando en anomalías en el campo de vientos del Océano Pacífico Ecuatorial Oriental, provocando un calentamiento en la capa superficial del mar en el Pacífico oriental tropical-subtropical, además de un cambio en la presión atmosférica de baja a alta. En contraste, existe una fase fría, conocida como La Niña; que se caracteriza por un aumento en la intensidad de los vientos alisios provocando un enfriamiento en la capa superficial del Pacífico oriental tropical-subtropical y su posterior propagación hacia el polo (Marinone, 2003; Schwing *et al.*, 2002a). Los efectos del ENSO provocan variaciones importantes en las condiciones atmosféricas y oceanográficas a diferentes latitudes, tales como fluctuaciones en la temperatura del mar (Herrera-Cervantes *et al.*, 2010; Robles-Tamayo *et al.*, 2020; Schwing *et al.*, 2002b), corrientes oceánicas (Wooster, 2005) y afloramientos costeros (Bograd *et al.*, 2001; García-Morales *et al.*, 2017; Herrera-Cervantes *et al.*, 2010; Robles-Tamayo *et al.*, 2018; Soto-Mardones *et al.*, 1999). Herrera-Cervantes *et al.* (2007) sugieren que la variabilidad de la temperatura y concentración de

pigmentos dentro del GC es afectada por la presencia de eventos relacionados con el ENSO.

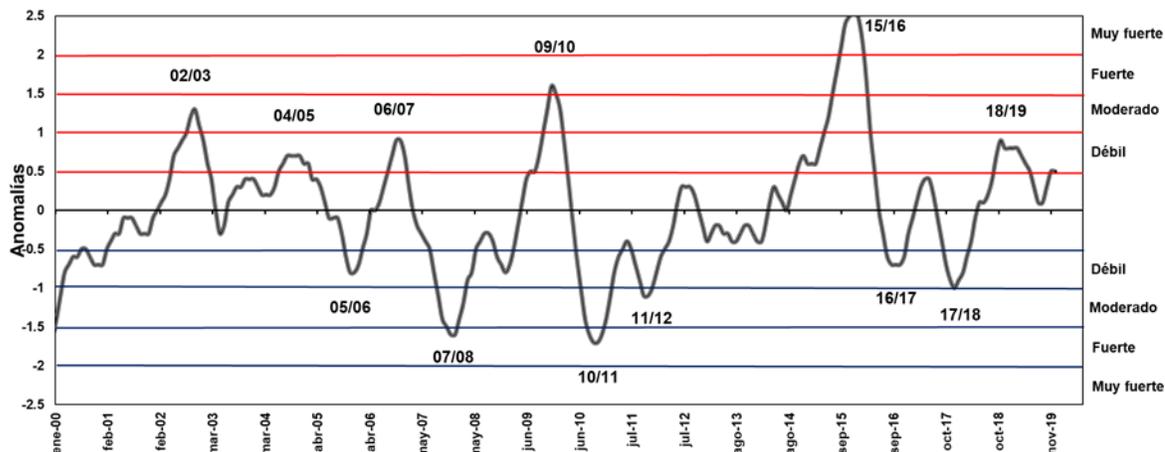


Figura 3. Cronología e intensidad de eventos El Niño y La Niña ocurridos en el periodo 2000-2020. Datos del Índice Oceanico del Niño (ONI), tomados de: National Weather Service Climate Prediction Center de la NOAA. La intensidad está dada dependiendo del valor de la anomalía y se dividen en: débil (0.5 a 0.9), moderado (1 a 1.4), fuerte (1.5 a 1.9) y muy fuerte (2 a 2.5).

Entre los diversos estudios que se han realizado sobre la relación entre las comunidades ictiofaunísticas y las condiciones oceanográficas, el de Balart *et al.* (2002) presenta un informe preliminar de la riqueza y biomasa en la costa occidental de Baja California Sur y sus cambios asociados al fenómeno de El Niño-Niña 1997-1998, y se observa una intrusión de numerosas especies de “aguas cálidas” del sur y la ausencia o disminución de la abundancia de especies de “agua fría” del norte, esto debido al incremento de temperatura causado por el evento del ENSO. Así mismo, Green-Nieto (2011) reporta un cambio de distribución para *Bellator gymnostethus*, *Porichthys analis* y *P. albirostris* por el aumento de temperatura superficial del agua en 2006 que coincidió con el fenómeno El Niño. Barjau-González *et al.* (2014) reporta a *E. dowii* como una de las ocho especies presentes en la Laguna de San Ignacio durante eventos de El

Niño (1998) con temperaturas elevadas (24.3°C) y eventos de La Niña (1999) con temperaturas bajas (13.4°C).

Por otra parte, cuando las condiciones del ambiente presentan aumentos o disminuciones drásticos de la temperatura, esta provoca efectos a nivel fisiológico en los organismos. Así, cuando la temperatura se incrementa la capacidad de suministro de oxígeno disminuye con relación a su demanda, lo cual afecta el metabolismo (Lehodey *et al.*, 2006; Pauly y Cheung, 2017; Rijnsdorp *et al.*, 2009) limitando la energía disponible para el crecimiento y reproducción (Mazumder *et al.*, 2015; Pörtner y Knust, 2007).

En el 2006, Aguirre-León y Díaz-Ruiz determinan la estructura de tallas y madurez de la mojarra *Diapterus rhombeus* en el sistema fluvio-deltaico Pom-Atasta, Campeche, y reportan cambios en los valores de relación peso-talla dependiendo de la estación en la que se encuentren, teniendo valores bajos en épocas secas y los más altos en épocas de lluvias y vientos norte. Existen estudios sobre el potencial impacto de los cambios en la temperatura media del mar durante eventos de El Niño y La Niña (Mora y Ospina, 2001; 2002) donde se obtienen valores temperatura crítica para algunos peces de arrecife y se discute sobre el riesgo de que estos cambios a futuro excedan los límites de tolerancia de algunas especies y su posible extinción. En dicho estudio se observó que el intervalo de temperaturas que soporta *E. gracilis* va desde los 12.5 a los 36°C.

3. JUSTIFICACIÓN

En el Golfo de California, la familia Gerreidae tiene una gran importancia en el ámbito biológico, ecológico y económico (Tapia-García y Ayala-Pérez, 1996). Particularmente, *Eucinostomus* es un género de mojarra con gran abundancia en las costas del GC. Actualmente la mojarra charrita *E. gracilis* y la mojarra tricolor *E. currani* se encuentran enlistadas en la lista roja de La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza como preocupación menor (IUCN, 2019), por lo que se debe de generar información que permita comprender mejor la biología de la especie.

Así mismo, teniendo en cuenta el conocimiento actual sobre los efectos en las variables ambientales provocados por los cambios en el clima global y las consecuencias ocasionadas en distintos organismos marinos, es de gran importancia determinar diversos aspectos poblacionales y los posibles cambios de distribución de las poblaciones de especies de mojarra en la costa oriental del Golfo de California.

4. HIPÓTESIS

La dinámica poblacional de la mojarra charrita (*E. gracilis*) y la mojarra tricolor (*E. curranii*) en la costa oriental del Golfo de California presenta cambios estacionales e interanuales asociados a la variabilidad ambiental, lo que genera modificaciones en la distribución de las mojarra dentro del GC.

5. OBJETIVOS

5.1 Objetivo general

Determinar algunos parámetros poblacionales, distribución y variación de las mojarras charrita (*E. gracilis*) y tricolor (*E. currani*) en la costa oriental del Golfo de California en el periodo comprendido entre los años 2002-2016.

5.2 Objetivos particulares

- Determinar la distribución y abundancia desde 2002 a 2016 de las mojarras *E. gracilis* y *E. currani* en la costa oriental del GC.
- Determinar la estructura de tallas, relaciones peso-longitud, proporción de sexos de las mojarras *E. gracilis* y *E. currani* en el periodo de 2002 a 2016 en la costa oriental del GC.
- Evaluar algunos parámetros poblacionales (crecimiento, mortalidad y talla de primera madurez sexual,) de las mojarras *E. gracilis* y *E. currani* en el periodo de 2002 a 2016 en la costa oriental del GC.
- Evaluar la variación de los parámetros poblacionales, la distribución y abundancia de las mojarras *E. gracilis* y *E. currani* en la costa oriental del GC.

6. MATERIAL Y MÉTODOS

6.1 Área de estudio

El Golfo de California GC, también llamado Mar de Cortés, es un mar marginal con orientación noroeste-sureste que limita con la península de Baja California al oeste y los estados de Sonora y Sinaloa al este (Figura 4). Tiene una longitud aproximada de 1500 km y su ancho varía de 70 a 222 km, en su extremo norte se ubica el Alto Golfo de California en la desembocadura del Río Colorado, mientras que en el extremo sur se encuentra la boca del golfo la cual mantiene comunicación directa con el Océano Pacífico (García-Silva y Marinone, 1997)

El tipo de clima prevaleciente es muy árido, cálido, con régimen de lluvias de verano, extremos con oscilaciones térmicas diurnas de entre 7 y 14 °C, con un promedio mensual de oscilación de 12 grados (García, 1988). La distribución de la temperatura superficial del mar (TSM) en el GC durante el periodo cálido puede ser explicada por la comunicación con el POT, lo que permite la incursión de aguas superficiales del Pacífico tropical y que dentro del GC se ven modificadas por la gran radiación solar y el efecto de la evaporación, lo cual genera un gradiente pronunciado a lo largo del GC (Robles-Tamayo *et al.*, 2018).

El campo de vientos sobre el GC durante el verano es de naturaleza monzónica (García, 1988), con vientos del sureste en los meses de julio a agosto (Douglas *et al.*, 1993). En los meses de invierno (diciembre a mayo) se presentan vientos del noroeste, generando surgencias costeras en la costa oriental (Douglas *et al.*, 1993; Roden, 1964; Santamaría-del Ángel *et al.*, 1999). Este patrón ocurre debido a que las cadenas montañosas de ambas costas causan que el viento se concentre a lo largo del eje latitudinal del golfo (Parés-Sierra *et al.*, 2003).

El espesor de la capa mezclada tiene una fuerte señal estacional y en general aumenta su amplitud de la boca hacia la cabeza y de verano a invierno, con valores máximos en la región de las grandes islas durante el invierno (Lluch-Cota,

2000; Solorio-Salazar, 2014). El norte del GC es un área somera que se encuentra controlada principalmente por el clima local y la dinámica de mareas, mientras que el sur, con aguas más profundas, se ve influenciada mayormente por el Océano Pacífico (Marinone, 1988), este ejerce una fuerte influencia sobre las condiciones oceanográficas del GC debido a su conexión con el POT (Lavín *et al.*, 1997) integrando fenómenos de circulación termohalina (Marinone, 2003).

La interacción de la fuerza del viento en costa oriental del Pacífico genera procesos de mesoescala como las surgencias, filamentos, giros, circulación superficial inducida por los vientos y la termoclina (Álvarez-Molina *et al.*, 2013; Lavín *et al.*, 1997) lo cual genera dos periodos separados por dos fases de transición, una cálida con baja productividad y una fría con alta productividad biológica. La alta producción biológica es resultado de procesos enriquecedores de afloramientos y mezcla de nutrientes (Lluch-Cota, 2000) que afectan a la red trófica, por otro lado, procesos físicos como los giros y corrientes centran las partículas generando condiciones favorables para el desove y dispersión larvianas del fitoplancton, así como su supervivencia (Lavín *et al.*, 2014; Sánchez-Velasco *et al.*, 2013, 2014).

Las condiciones oceanográficas del GC tienden a variar en un amplio intervalo de escalas espaciales y temporales. Fenómenos a gran escala como el ENSO que ocurren a escala interanual, así como eventos con frecuencias decadales o multi-decadales, como la Oscilación Decadal del Pacífico (PDO, por sus siglas en inglés), incluso fenómenos de tendencia a largo plazo como el Cambio Climático. Estos eventos meteorológicos causan efectos destacables tanto globales como locales, y en conjunto pueden traer consigo cambios ambientales mostrando fluctuaciones en las condiciones atmosféricas y oceánicas (García-Morales *et al.*, 2017).

Estudios basados en registros satelitales de anomalías de TSM (Lavín *et al.*, 2003, Lavín *et al.*, 2014; Soto-Mardones *et al.*, 1999) han demostrado la influencia del

ENSO sobre la temperatura del golfo, donde se registró hasta 3 °C por encima del promedio durante eventos El Niño, y hasta 3 °C por debajo del promedio durante La Niña.

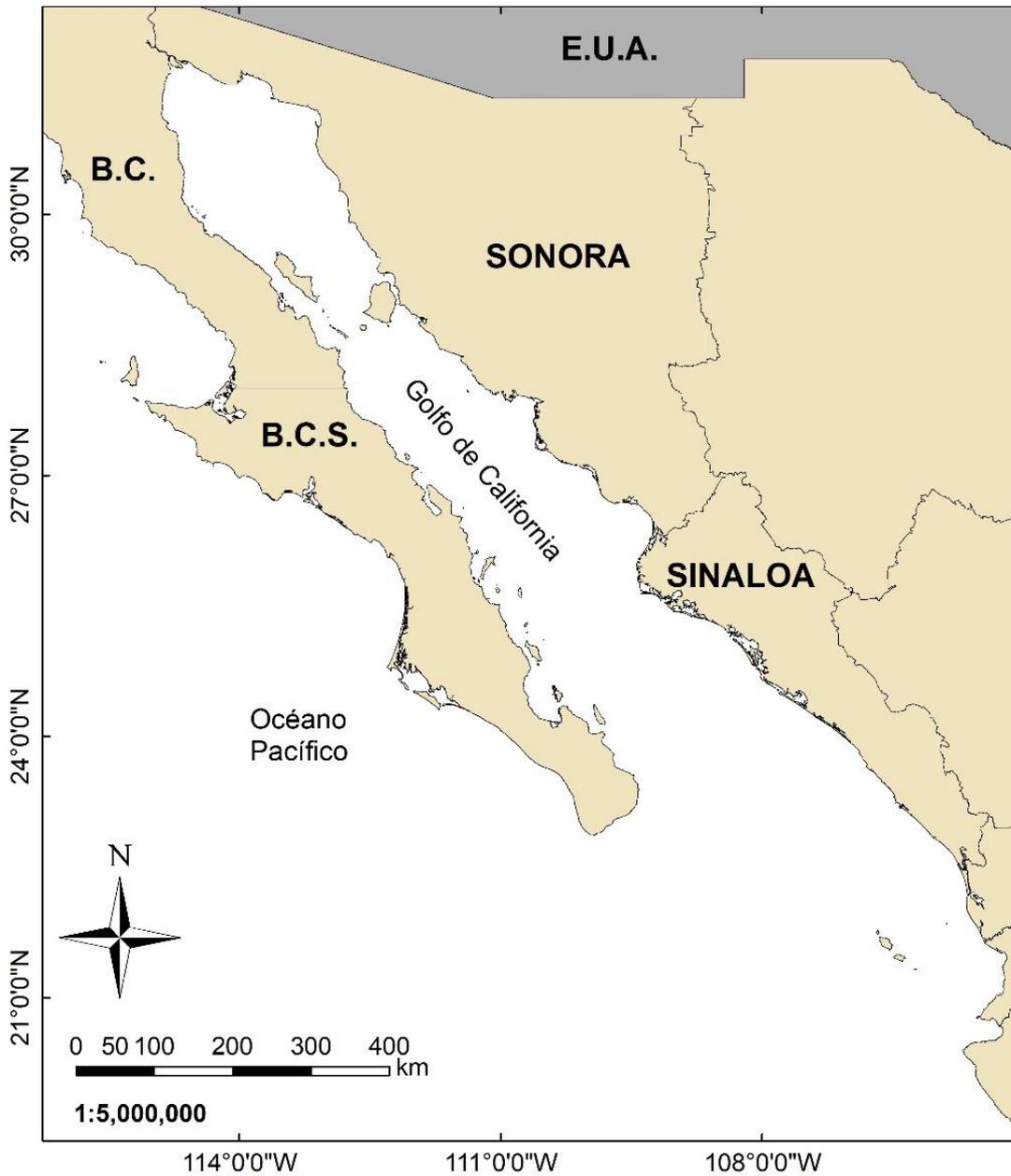


Figura 4. Localización geográfica del área de estudio costa oriental del Golfo de California.

6.2 Muestreos biológicos

La información utilizada en este estudio deriva de las siguientes fuentes:

1. Información de cruceros prospectivos efectuados durante periodos de veda del camarón en el margen oriental del Golfo de 2002 a 2016. Efectuados en conjunto INAPESCA-CIBNOR.
2. Información de observadores a bordo de la flota camaronera del Golfo de California obtenidos durante 2004-2005 vía el proyecto SAGARPA-2003-C01-89 y el proyecto Produce Sonora 2011.

6.2.1 Información proveniente de cruceros

Los muestreos se llevaron a cabo en un total de 10 años durante el periodo 2002-2016. Se realizaron cruceros prospectivos siguiendo una red de muestreo de 60 estaciones dispuestas en dos zonas y cuatro sub-zonas paralelas a la costa de Sonora, Sinaloa y Baja California, con 15 estaciones por sub zonas, en profundidades de 5 a 30 brazas, las estaciones someras se muestrearon de día cerca de la costa y las de mayor profundidades se realizaron durante la noche. El espaciamiento entre estaciones vecinas es de entre tres y 12 millas náuticas, mientras que entre transectos es de 15 a 25 millas de separación. La duración de los lances fue de 60 min en área limpias y en áreas donde se encuentra el fondo muy agreste de 30 a 45 min a una velocidad de 2 nudos (3.704 km/h). El inicio del arrastre se marcó una vez que las redes se encontraban en el fondo y dio inicio el aumento en la potencia del motor; de igual forma, el término de este se consideró cuando se levantó el equipo del fondo.

Para la ubicación de las estaciones, el jefe de crucero señaló la localización de cada estación y la embarcación se situó lo más aproximado a la posición geográfica de la estación, apoyado en la lectura del posicionador por satélite (GPS). No obstante, en caso de que en una estación el arrastre se considerara

peligroso, se dejaba a criterio del jefe de crucero el cambio de estación por otra a la misma profundidad y a una distancia no mayor de 5 millas de esta.

6.2.2 Información proveniente de observadores a bordo de la flota camaronera de Sonora.

Los muestreos obtenidos de los observadores a bordo de la flota camaronera se llevaron a cabo a bordo de barcos camaroneros que trabajaron con dos redes de arrastre, una por banda. La pesca de camarón se efectuó desde los 10 a los 90 m de profundidad, iniciando regularmente la temporada de pesca en el mes de agosto y concluyendo en marzo, mes en el que entra en vigencia de veda del camarón con fines reproductivos y de reclutamiento. Las fechas de inicio y fin de la temporada estuvieron definidas por muestreos que efectúa el INAPESCA. Una vez realizado el arrastre, la captura fue vaciada en cubierta donde se colectaron alrededor de 20 kg de muestra sin seleccionar y tratando de que fueran homogéneas, el tamaño de muestra fue determinado siguiendo criterios estándares (Box *et al.*, 2008).

Los organismos colectados se separaron por familia y género, posteriormente fueron vertidos en bolsas y preservados en la bodega de congelación. La identificación y procesamiento del material biológico se realizó en los Laboratorios de Pesquerías e Ictiología del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR, S.C.), sede en Guaymas, Sonora y La Paz, B.C.S.

6.3 Trabajo de laboratorio

6.3.1 Identificación taxonómica del material biológico

Los peces fueron separados por grupos taxonómicos e identificados hasta nivel especie mediante el uso de guías especializadas tales como Jordan y Evermann (1896), Meek y Hildebrand (1923), Miller y Lea (1976), Castro-Aguirre (1978), Eschmeyer *et al.* (1983), Fischer *et al.* (1995), Tapia-Gacía y Ayala-Pérez (1996), De La Cruz-Agüero *et al.* (2012), Robertson y Allen (2015). Los ejemplares de referencia se fijaron en formaldehído al 10% y posteriormente preservados en alcohol etílico al 70% dentro de la colección ictiológica del CIBNOR Unidad Guaymas.

Posteriormente, se realizaron muestreos biológicos consistentes en identificación de especie, medición de la longitud total (Lt) y longitud estándar (Ls) utilizando un ictiómetro convencional con precisión de 1 mm, así como su peso en gramos (P) (Fig. 5). Las medidas de longitud fueron tomadas en milímetros (mm) y el peso en gramos (g).

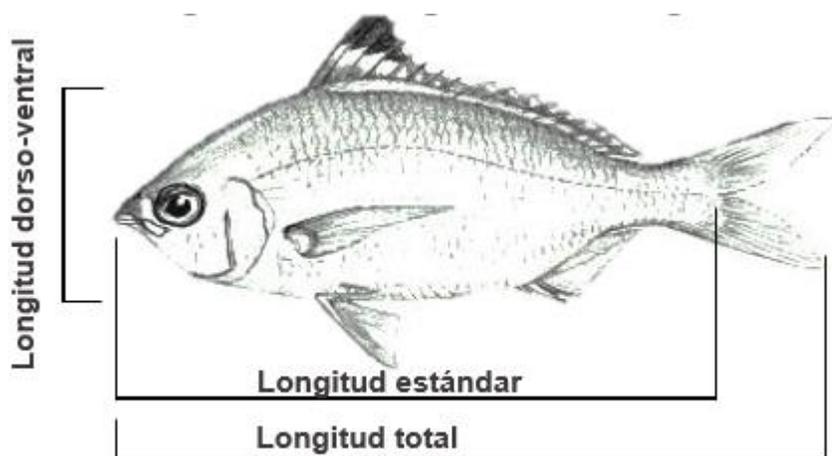


Figura 5. Datos morfométricos de las mojarras (Perciformes: Gerreidae).

Dado que en el género *Eucinostomus* no existe dimorfismo sexual, se determinó el género de las mojarra mediante la observación de la forma y coloración de las gónadas. Los organismos que no pudieron ser catalogados en algún género por medio de las técnicas anteriores fueron clasificados como indeterminados. La madurez sexual de los organismos se determinó a través de una comparación macroscópica de las gónadas, siguiendo la escala morfocromática descrita por Nikolsky (1963) que consiste en la caracterización de la gónada de los peces, basado en la coloración, textura y espacio total ocupado dentro de la cavidad abdominal (Tabla III).

Tabla III. Escala de madurez gonádica para peces propuesto por Nikolsky (1963).

Estadio	Características
I	Gónadas indiferenciadas.
II	Gónadas con coloración (rosadas para hembras y blanquecina para machos).
III	Las gónadas ocupan más de un medio de la cavidad abdominal.
IV	Las gónadas ocupan tres cuartas partes de toda la cavidad abdominal.
V	Gónadas flácidas.

6.4 Trabajo de gabinete

Debido a que el tamaño de muestra en algunos años fue pequeño, y tomando como referencia que la longevidad de una mojarra va de tres a cuatro años (López-Martínez *et al.*, 2011), con el fin de poder hacer comparaciones a lo largo del tiempo, los datos de muestreos biológico y de áreas de localización se agruparon en tres periodos para cada especie (Tabla IV).

Tabla IV. Periodo de años muestreados para cada especie.

Especie	Periodo	Años
<i>E. gracilis</i>	1	2002, 2003, 2004, 2005
	2	2007, 2008, 2010
	3	2011, 2015, 2016
<i>E. currani</i>	1	2003, 2004, 2005
	2	2007, 2008, 2010
	3	2015, 2016

6.4.1 Distribución

De los datos de las bitácoras de navegación de cada crucero se graficaron los puntos geográficos en los que se realizaron arrastres (lances totales) de todos los muestreos en un mapa del GC. Así mismo, se localizaron los lances en los que hubo presencia de mojarra (lances positivos) con el fin de identificar su distribución en el área de estudio.

Se realizaron dos tipos de mapas: (1) mapas de distribución de las especies de información obtenida de los cruceros de veda que permite conocer la distribución para cada periodo de análisis descrito anteriormente (agrupación definida en el punto anterior), y (2) mapas de distribución de las especies de información obtenida de las observaciones a bordo de cruceros comerciales, que permitió analizar la distribución mensual durante 2004 y 2005.

6.4.2 Estructura poblacional

6.4.2.1 Relación longitud-peso

Con las mediciones de longitud total (mm) y peso (g) obtenidas de cada especie de mojarra, utilizando regresiones se evaluó el modelo que mejor ajuste presentó. Para ello, se probaron modelos lineales y no lineales, utilizando el método estadístico de los mínimos cuadrados y como criterio de ajuste el estadístico de coeficiente de determinación (R^2).

6.4.2.2 Estructura de tallas

Para la obtención de la estructura de talla de la población de cada una de las especies de interés en base mensual, se utilizó la longitud total y se agrupó en intervalos de 5 mm.

6.4.2.3 Análisis multinomial

Teniendo una estructura de tallas definida para cada muestreo, se identificaron los grupos modales y cohortes (grupos de organismos de la misma edad pertenecientes a la misma población). Se efectuó el análisis multinomial suponiendo que las cohortes presentan una distribución normal. Para identificar el número de cohortes por cada muestra, se realizó inicialmente una inspección visual de las frecuencias de tallas, con el fin de obtener valores semilla de los grupos modales a través de la siguiente ecuación multinomial:

$$F_i = \sum_{a=1}^n \left[\left(\frac{1}{\sigma_a \sqrt{2\pi}} \right) e^{-\frac{(x_i - \mu_a)^2}{2\sigma_a^2}} \right] * P_a \quad (1)$$

Dónde:

F_i es la frecuencia total del grupo_{*i*}

a y n son los límites inferior y superior (respectivamente) de los intervalos de longitud

x_i es el punto medio del grupo_{*i*}

μ_a es la longitud media de la cohorte a

σ_a es la desviación estándar de la cohorte a

Los parámetros de esta función fueron minimizados a través de un ajuste no-lineal, usando el algoritmo de Newton para determinar los parámetros de los modelos siguiendo la función negativa de verosimilitud logarítmica (negative log likelihood) (Neter *et al.*, 1996):

$$-LL_{\{X|\mu_a, \sigma_a, P_a\}} = \sum_{i=1}^n f_i \ln \left(\frac{F_i}{\sum F_i} \right) - [\sum f_i - \sum F_i]^2 \quad (2)$$

Dónde:

$-LL_{\{x|\mu_a, \sigma_a, P_a\}}$ es la verosimilitud logarítmica negativa de los parámetros μ_a, σ_a, P_a

f_i es la frecuencia total observada por grupo_{*i*}

F_i es la frecuencia total calculada por grupo_{*i*}

Finalmente, las cohortes fueron separadas de acuerdo con el índice de separación (I.S.) que utiliza la siguiente ecuación:

$$I.S. = 2 * \frac{\mu_n - \mu_i}{\sigma_n + \sigma_i} \quad (3)$$

Dónde:

μ_n y μ_i son las longitudes medias de los grupos modales n e i respectivamente

σ_n y σ_i son las desviaciones estándar de los grupos modales n e i respectivamente

Si el valor de I.S. > 2, es viable separar grupos modales en cohortes distintas (Sparre y Venema, 1997).

6.4.2.3.1 Relación longitud-edad relativa

Una vez identificadas las cohortes se les asignó una edad relativa con base en el mes que fueron muestreadas, esto con el fin de poder realizar análisis posteriores que requieran datos de edad.

Se tomó como referencia la curva de crecimiento que presenta López-Martínez *et al.* (2011) para poder asignar una edad relativa a la talla más pequeña obtenida en este trabajo, la cual se asume que es de cinco meses, a partir de ahí dependiendo de la fecha del muestreo se fue sumando la edad.

6.4.2.4 Proporción de sexo

De los organismos diferenciados se obtuvo una proporción de sexo por cada especie. La proporción de sexos se determinó de la razón del número total de hembras y machos capturados por cada especie.

6.4.3 Dinámica poblacional

6.4.3.1 Modelos de crecimiento

Para la estimación de crecimiento se utilizó un acercamiento de inferencia multi-modelo (Katsanevakis 2006; Katsanevakis y Maravelias, 2008), con el fin de evaluar el modelo que describe mejor el comportamiento de los datos. En este caso se usaron tres modelos:

6.4.3.1.1 Modelo de von Bertalanffy

El modelo de crecimiento de von Bertalanffy (VBGM, por sus siglas en inglés) es un modelo que considera los procesos fisiológicos de los organismos, como el anabolismo y catabolismo. En este modelo se observa una curva sin punto de

inflexión que incrementa de manera acelerada en las primeras fases y que con el tiempo va disminuyendo hasta alcanzar una asíntota.

$$L_t = L_\infty [1 - e^{-K(t-t_0)}] \quad (4)$$

Dónde:

L_t es la longitud del individuo al tiempo t

L_∞ es la longitud asíntótica o máxima del individuo

t es la edad a la longitud (t)

k es el coeficiente instantáneo de crecimiento

t_0 la talla calculada a la edad 0

6.4.3.1.2 Modelo de Gompertz

El modelo de crecimiento de Gompertz (1825) presenta una curva sigmoidea asimétrica con un punto de inflexión al 30% y la tasa de crecimiento decrece exponencialmente con la edad después de alcanzar este punto. La curva muestra crecimientos rápidos, con valores más bajos según se aproxima a la asíntota (Winsor, 1932).

Es un modelo de crecimiento que ha demostrado que describe de buena manera el crecimiento de especies acuáticas (Katsanevakis, 2006) y es utilizado frecuentemente (Ricker, 1975).

El modelo de crecimiento de Gompertz (1825) está dado por la siguiente ecuación:

$$L_t = L_\infty e^{[-e^{-K(t-t_0)}]} \quad (5)$$

Dónde:

L_t es la longitud del individuo al tiempo t

L_{∞} es la longitud asintótica o máxima del individuo

t es la edad a la longitud (t)

k es el coeficiente instantáneo de crecimiento

t_0 la talla calculada a la edad 0

6.4.3.1.3 Modelo logístico

El modelo logístico de crecimiento presenta una curva sigmoidea, simétrica, con asíntotas en sus extremos (0 y ∞) con punto de inflexión al 50%. La curva muestra como las poblaciones presentan un crecimiento exponencial en las etapas iniciales, posteriormente a partir del punto de inflexión la tasa de crecimiento disminuye (Chiappa-Carrara *et al.*, 2009), esto debido a la competencia por recursos limitados en esta etapa, lo que influye en la tasa crecimiento, provocando una disminución en esta (Quinn y Deriso, 1999).

$$L_t = \frac{L_{\infty}}{1+e^{-K(t-t_0)}} \quad (6)$$

Dónde:

L_t es la longitud del individuo al tiempo t

L_{∞} es la longitud asintótica o máxima del individuo

t es la edad a la longitud (t)

k es el coeficiente instantáneo de crecimiento

t_0 la talla calculada a la edad 0

6.4.3.1.4 Ajuste de modelos

Los parámetros de crecimiento de cada uno de los modelos fueron ajustados usando el criterio de máxima verosimilitud logarítmica (Neter *et al.*, 1996) de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$LL(\Phi|data) = -\left(\frac{n}{2}\right) (Ln(2\pi) + 2 * Ln(\sigma) + 1) \quad (7)$$

Dónde:

LL es la máxima verosimilitud logarítmica

Φ representa a los parámetros del modelo

σ es la desviación estándar

La desviación estándar fue calculada usando la siguiente ecuación:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum \frac{(\ln Lobs - \ln \hat{L})^2}{n}} \quad (8)$$

Dónde:

$Lobs$ es la longitud observada

\hat{L} es la longitud calculada

6.4.3.2 Selección del modelo

La selección del modelo de crecimiento se llevó a cabo mediante el uso del criterio de información de Akaike (AIC, por sus siglas en inglés) (Burnham y Anderson, 2002; Katsanevakis y Marvelias, 2008) utilizando la siguiente ecuación:

$$AIC = -(2LL) + (2k) \quad (9)$$

Dónde:

LL es la máxima verosimilitud logarítmica

k es el número de parámetros

Las diferencias de AIC (Δ_i) para cada modelo fueron dadas por la siguiente ecuación:

$$\Delta_i = AIC_i - AIC_{min} \quad (10)$$

Dónde:

AIC_{min} es el AIC de menor valor

AIC_i representa el AIC estimado para cada uno de los modelos

Para cada modelo_{*i*} se estimó la plausibilidad mediante la ponderación del criterio de información de Akaike (W_i), también llamado “peso de Akaike” (Burnham y Anderson, 2002), dado por la siguiente ecuación:

$$W_i = \frac{\exp(-\frac{1}{2}\Delta_i)}{\sum_{K=1}^3 \exp(-\frac{1}{2}\Delta_k)} \quad (11)$$

Se graficaron las curvas de crecimiento calculadas (curvas de crecimiento teóricas de cada modelo) y los datos de longitud-edad, para así mostrar la forma y trayectoria de crecimiento de cada especie.

6.4.3.3 Crecimiento por medio de métodos electrónicos

Con base en el mejor modelo elegido se realizaron estimaciones de crecimiento individual por medio de métodos electrónicos utilizando datos de tallas para cada

periodo de datos de cada especie. Se obtuvieron valores semillas de la longitud asintótica L_{∞} utilizando el método de Powell (1979) y Wetherall *et al.* (1987) y valores semilla de L_{∞} y K utilizando NSLCA (Shepherd *et al.*, 1987; Pauly y Arreguín-Sánchez 1995). Los valores finales de los parámetros del modelo fueron obtenidos con el método Finalmente, mediante el uso del método ELEFAN (Pauly, 1987).

Para obtener el valor de t_0 se utilizó la ecuación empírica propuesta por Pauly (1980):

$$t_0 = 1 - 10[-0.3922 - (0.2752 * \log_{L_{\infty}}) - (1.038 * \log_K)] \quad (12)$$

Una vez obtenidos todos los parámetros (L_{∞} , K y t_0) se ajustaron a la ecuación de von Bertalanffy y se estimaron los valores para todas las clases de edad relativa y se graficó la curva de crecimiento correspondiente a cada una de las especies de mojarra.

Con el fin de hacer una comparación del crecimiento entre periodos de años, se estimó el índice de funcionamiento del crecimiento Φ' a través de la ecuación de Pauly y Munro (1984):

$$\Phi' = \log_{10}K + \log_{10}L_{\infty} \quad (13)$$

Dónde:

Φ' es el índice de funcionamiento del crecimiento

L_{∞} y K son los parámetros de crecimiento (longitud asintótica o máxima del individuo y coeficiente instantáneo de crecimiento, respectivamente)

Para resaltar variaciones entre periodos, se calculó la media y desviación estándar de las Φ' y se estimó la anomalía mediante la ecuación:

Así mismo se restó la media a cada valor de Φ' y se dividió por la desviación estándar $\frac{\Phi' - \bar{\Phi}'}{\sigma}$ y de esta manera obtener la anomalía de Φ' .

6.4.3.4 Talla de primera madurez sexual

Se determinó la talla de primera madurez sexual (o talla de madurez masiva) de las especies a partir de la frecuencia de hembras maduras (estadios III y IV) por intervalo de talla de 5 mm de longitud total.

A partir de estas frecuencias se obtuvo la probabilidad de las hembras maduras por cada intervalo de talla (p) y posteriormente una probabilidad acumulada (P) de madurez sumando la probabilidad (p) de una de las tallas más la probabilidad anterior.

Se calculó el $\ln\left(\frac{1-P}{P}\right)$ por cada talla y se graficó. De la gráfica obtenida se obtuvieron valores semilla de los parámetros r y L_{50} , calculados a partir de los valores b y a de la ecuación de la recta mediante una regresión lineal simple, considerando que:

$$r = -b \quad y \quad L_{50} = \left(\frac{a}{r}\right) \quad (14)$$

Ambos valores fueron utilizados en el modelo logístico descrito por King (1995):

$$P = \frac{1}{1 + e^{(-r(L_t - L_{50}))}} \quad (15)$$

Dónde:

P es la probabilidad de hembras maduras por talla

r es la pendiente de la curva

L_t es la longitud total correspondiente a cada dato de frecuencia acumulada

L_{50} es la longitud donde el 50% de las hembras son sexualmente maduras

Se calculó la probabilidad de hembras maduras para cada talla según el modelo logístico, se restaron las probabilidades acumuladas observadas y se elevaron al cuadrado.

Finalmente se aplicó el criterio de mínimos cuadrados a los residuos, calculando nuevamente el valor de L_{50} por medio de iteraciones (aproximaciones sucesivas por el método de Newton) (solver; Excel-Microsoft Office®).

6.4.3.5 Mortalidad natural

Con el fin de calcular la mortalidad natural (M) de las mojaras, se utilizaron los siguientes cinco modelos empíricos:

1. Ecuación empírica propuesta por Pauly (1980, 1987): La cual proporciona un estimado de M , con base en la relación existente entre la mortalidad y los parámetros de crecimiento individual, especialmente con el coeficiente instantáneo de crecimiento. Además, considera la temperatura (T °C) del hábitat de la especie, debido al efecto que tiene sobre el coeficiente K y la longitud asintótica L_{∞} .

$$\ln M = -0.0066 - 0.279 * \ln L_{\infty} + 0.6543 * \ln K + 0.463 * \ln T \quad (16)$$

2. El modelo de Jensen (1996): Incluye al coeficiente instantáneo de crecimiento K .

$$M = 1.5 * K \quad (17)$$

3. El modelo de Richter y Efanov (1976), el cual toma en cuenta la edad de primera madurez sexual.

$$M = \left(\frac{1.52}{t(L_{50})^{0.72}} \right) - 0.16 \quad (18)$$

4. El modelo de Hewitt y Hoening (2005) que incluye la longevidad calculada para la especie.

$$M = \frac{4.22}{S} \quad (19)$$

5. El modelo de Then *et al.* (2015): Propone dos ecuaciones, la primera utiliza la longevidad y la segunda los parámetros K y L_{∞} (longitud en centímetros).

$$M = 4.899 * S^{-0.916} \quad (20)$$

$$M = (4.118 * K^{0.73}) * (L_{\infty}^{-0.33}) \quad (21)$$

Dónde:

M es la mortalidad natural

L_{∞} y K son los parámetros de crecimiento, longitud asintótica y coeficiente instantáneo de crecimiento

T es la temperatura media anual del hábitat, medida en °C.

S es longevidad

$t(L_{50})$ es la edad a la que se presenta la talla de primera madurez sexual

Los parámetros de crecimiento (L_{∞} y K) usados para la estimación de M fueron aquellos identificados por el modelo de crecimiento elegido como el mejor por el análisis multimodelo (en este caso von Bertalanffy); la edad de primera madurez sexual se basó en el valor de L_{50} obtenido a través del modelo logístico de King (1995); la longevidad se obtuvo por medio de la ecuación de Taylor (1962), misma que utiliza los parámetros de crecimiento ($\text{Longevidad} = 3/K$); las temperaturas promedio del Golfo de California utilizadas fueron: para el primer periodo (24.6°C), para el segundo (24.45°C) y para el tercero fue (24.7°C).

Finalmente, para determinar M se obtuvo un valor único promediando los valores obtenidos de los cinco modelos empíricos. Los valores de M fueron calculados para cada uno de los periodos de datos de cada especie.

6.4.3.6 Análisis de cohorte

La estimación de mortalidad por pesca específica para cada talla (F_i), mortalidad por pesca promedio (F) y abundancias por tallas (N_i) para la especie, se obtuvieron mediante un análisis de cohortes basado en tallas de Jones (1984), incorporando la mortalidad natural (M). El método supone un sistema de parámetros constantes (crecimiento y M) y se basa en estructuras de tallas agrupadas en forma anual, da seguimiento a una cohorte en un año hacia atrás y además supone que la estructura de tallas encontradas pertenece a una misma cohorte (Pope, 1972) convertida a tallas (Jones, 1984).

El análisis de cohortes se describe con la siguiente ecuación:

$$NL1 = (NL2 * HL1, L2 + CL1, L2) * HL1, L2 \quad (22)$$

Dónde:

$NL1$ es el número de organismos que alcanzan la longitud $L1$, $NL2$ es el número de organismos que alcanzan la longitud $L2$ y $CL1, L2$ son el número de organismos que son capturados entre las longitudes $L1$ y $L2$.

Dónde:

$$HL1, L2 = \frac{\left(\frac{L\forall - L1}{L\forall - L2}\right)^M}{2K} \quad (23)$$

Utilizando la ecuación:

$$Cmi = Ni + \Delta t * (Fi/Zi) * (EXP (Zi \cdot \Delta ti) - 1) \quad (24)$$

El último término de la ecuación anterior ($EXP (Zi \cdot \Delta ti) - 1$) tiende a cero para la edad más grande, por lo que la ecuación anterior, definida para N , queda como:

$$Ni + \Delta t = \frac{Cmi}{Fi/Zi} \quad (25)$$

Esta ecuación permite estimar la abundancia específica para la talla más grande.

Se requiere del valor de la tasa de explotación terminal (F/Z) para iniciar los cálculos.

Conociendo la captura en número por intervalo de talla y la abundancia para el intervalo de talla más grande, se realiza un retrocálculo de la abundancia, mortalidad por pesca y tasa de explotación para el resto de los intervalos de tallas.

La mortalidad por pesca (F) está dada por la siguiente relación:

$$F = M \frac{F/Z}{1-F/Z} \quad (26)$$

Dónde:

$$F/Z = \frac{CL_{1,L2}}{NL_1 - NL_2} \quad (27)$$

Para estimar la abundancia media anual para el intervalo de talla, la abundancia a talla fue ajustada por el tiempo que pasan en cada clase de talla o dt . Esto se obtiene por medio de la ecuación:

$$N_{MediaL1,L2} dt = \frac{NL_1 - NL_2}{Z} \quad (28)$$

Una vez estimados los valores de $F_{y,i}$ y $N_{y,i}$ se estimó la mortalidad por pesca promedio anual \bar{F}_y como el producto de la mortalidad por pesca específica a talla, multiplicada por un factor de ponderación que en este caso es el número de sobrevivientes:

$$\bar{F}_y = \frac{\sum F_i * N_i}{\sum N_i} \quad (29)$$

Dónde:

N_i es el número de sobrevivientes de talla i

El valor de la tasa de explotación para cada año se obtendrá con:

$$E_y = \frac{\bar{F}_y}{\bar{F}_y + M_y} \quad (30)$$

Durante el tiempo Δt , que es el tiempo que le toma a una cohorte crecer del límite inferior al superior del intervalo de talla L_i , el número de sobrevivientes decrece de N_1 a N_2 . El número medio de sobrevivientes de tal intervalo de longitud es calculado como:

$$N_{mi}\Delta t = \frac{N_{talla1,talla2} - N_{talla1,talla2}}{Z_{talla1,talla2}} \quad (31)$$

La correspondiente biomasa media por intervalo de tallas es el producto del número medio de sobrevivientes de tal intervalo de talla multiplicado por el peso medio del intervalo de talla ($W_{talla1, talla2}$), el cual es obtenido con:

$$W_{talla1,talla2} = a * \left(\frac{talla1 + talla2}{2} \right)^b \quad (32)$$

Donde a y b son los parámetros de la relación peso longitud.

Por lo tanto, la expresión para estimar la biomasa media por intervalo de tallas es:

$$B_{mi}\Delta t = N_{mi}\Delta t * W_{talla1,talla2} \quad (33)$$

El estimado de la biomasa media por periodo de años durante la vida de una cohorte, o de todas las cohortes durante el periodo de años es:

$$\bar{B} = \sum \bar{B}_i \Delta t_i \quad (34)$$

El índice i se refiere aquí a los intervalos de longitudes ($\text{longitud}_i, \text{longitud}_{i+1}$).

7. RESULTADOS

7.1 Distribución

Durante el periodo 2002-2016 llevaron a cabo 1,570 lances (Tabla V) en los que se capturaron un total de 5,066 ejemplares de mojarras. Adicionalmente, durante los meses de julio 2004 a marzo 2005 se realizaron un total de 2,199 lances de pesca de la flota camaronera (Tabla VI) en las que se colectaron 6,154 ejemplares a lo largo de la costa oriental del GC.

Se presentó captura de *E. gracilis* en los años 2002, 2003, 2004, 2005, 2007, 2008, 2010, 2011, 2015 y 2016 de los cuales, el total de ejemplares recolectados fue de 2,250, mientras que *E. currani* se presentó en 2003, 2004, 2005, 2007, 2008, 2010, 2015 y 2016, con un total de 8,970 recolectados, siendo mayor su presencia en 2004. Durante 2002 y 2011 no se presentaron capturas de esta especie.

Tabla V. Lances totales y lances positivos de la mojarra charrita *E. gracilis* y la mojarra tricolor *E. currani* obtenidos de los muestreos de veda en la costa oriental del Golfo de California.

Periodo	Lances totales	Lances positivos	
		<i>E. gracilis</i>	<i>E. currani</i>
1	240	17	25
2	964	46	32
3	366	24	25
Total	1570	87	82

Tabla VI. Lances totales y lances positivos de la mojarra charrita *E. gracilis* y la mojarra tricolor *E. currani* obtenidos mediante observadores a bordo en cruceros comerciales en la costa oriental del Golfo de California. Datos mensuales correspondientes al periodo 2004-05.

Periodo	Lances totales	Lances positivos	
		<i>E. gracilis</i>	<i>E. currani</i>
Julio	61	3	11
Agosto	61	8	4
Septiembre	229	12	30
Octubre	733	14	77
Noviembre	569	15	49
Diciembre	195	14	20
Enero	155	4	6
Febrero	120	1	8
Marzo	76	1	5
Total	2199	72	210

Del total de cruceros realizados en el periodo comprendido de 2002 a 2016 se tomaron los puntos georreferenciados y se graficaron un total de 4,070 lances a lo largo de la costa oriental del GC. La Figura 6 esquematiza el mapa del área abarcada por los cruceros que muestrearon la zona, los puntos sombreados del mapa representan los lances totales que se realizaron, se extienden por toda la costa oriental del GC, desde el Nayarit hasta la zona del Alto Golfo, terminando en la zona norte de las costas de Sonora y Baja California (Fig. 6).

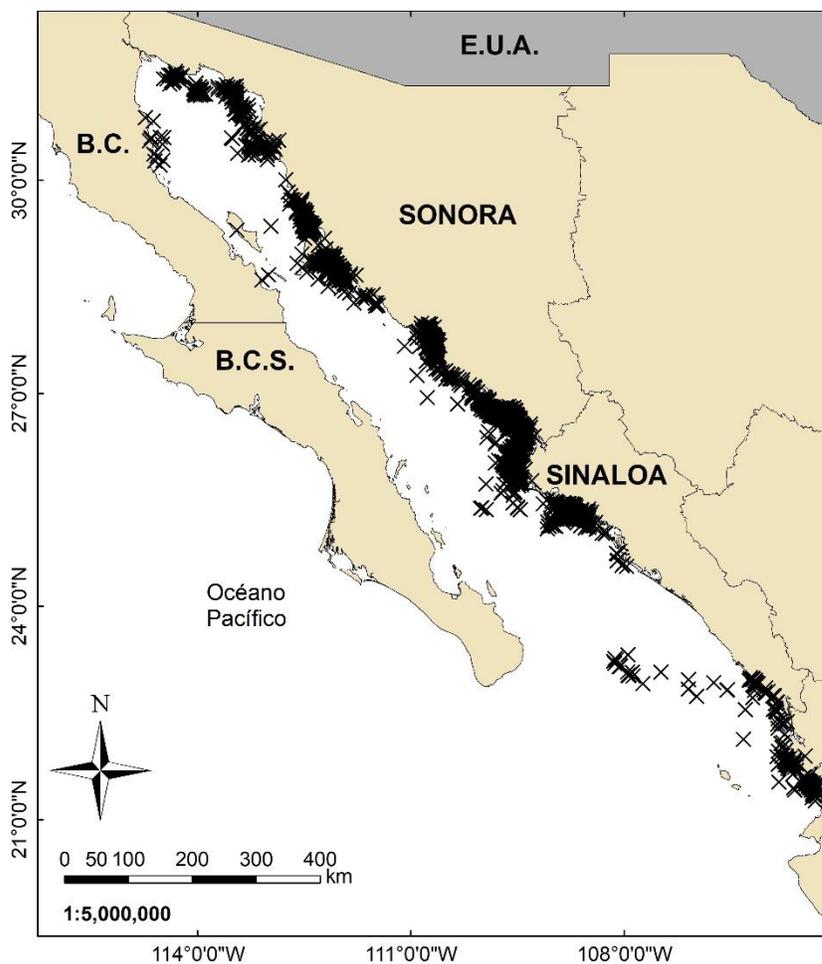


Figura 6. Área de muestreo cruceros de arrastre. El área sombreada representa los lances totales que hicieron a lo largo del periodo 2002-2016 en la costa oriental del GC.

E. gracilis se presentó todos los años del periodo, con un total de 87 lances positivos (Tabla V), los lances positivos se refieren a aquellos lances donde hubo captura de la especie. Se observó que se distribuyó a lo largo de la costa oriental del GC, desde el norte de la costa de Sinaloa hasta la zona norte de Sonora (Fig. 7) Su distribución más al norte se localizó en -113.45408° O, 31.06733° N frente a la costa de Puerto Peñasco (Figura 7, periodo 2).

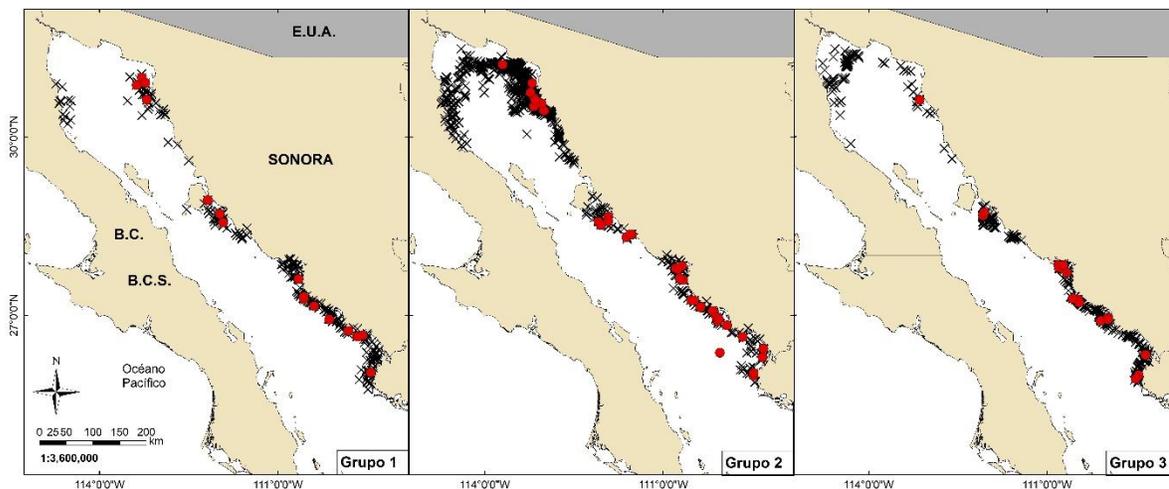


Figura 7. Mapa de distribución de la mojarra charrita *Eucinostomus gracilis* en el Golfo de California (periodo de años 1, 2 y 3). El área sombreada son el total de lances realizados en ese periodo y en rojo se muestran los lances positivos.

Algo similar se presentó en el caso de *E. currani* con una distribución a lo largo de la costa oriental del GC con un ligero corrimiento hacia el norte y una mayor abundancia durante el segundo periodo (Fig. 8), sin embargo, en algunos años del primer periodo (2002) y el tercer periodo (2011) no se presentó. Su distribución más al norte se localizó en -114.3458° O, 31.42625° N (Figura 8, periodo 2).

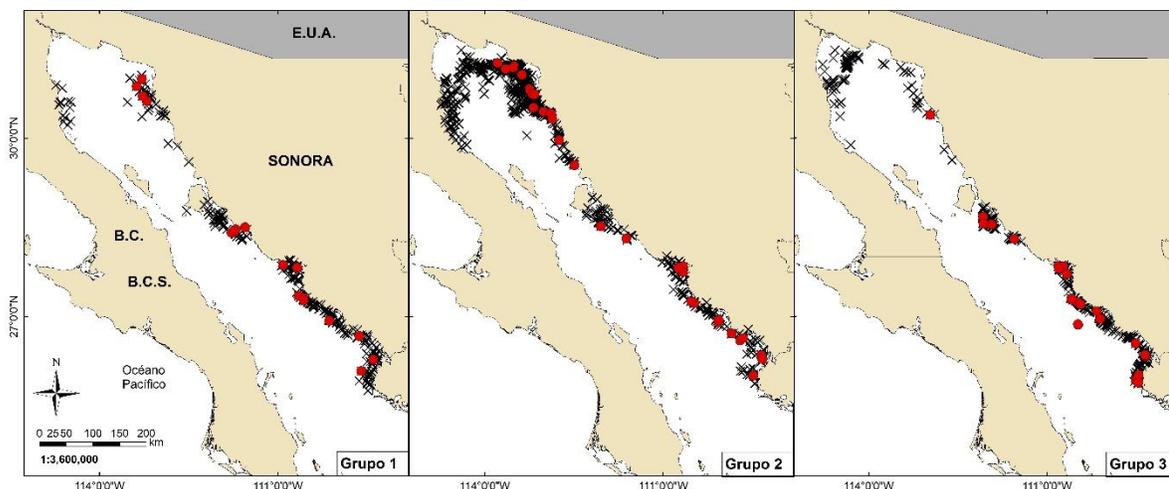


Figura 8. Mapa de distribución de la mojarra tricolor *Eucinostomus currani* en el Golfo de California (periodo 1, 2 y 3). El área sombreada son el total de lances realizados en ese periodo y en amarillo se muestran los lances positivos.

Las Figuras 9 y 10 muestran la distribución anual de ambas especies, se presentan los lances positivos mensualmente (Tabla VI) realizados en el 2004 y 2005, los datos provienen tanto de cruceros de veda como de pesca comercial, esto con el fin de tener una serie de tiempo más amplia dentro de un año de muestreo, ya que la información recabada en los cruceros de veda se lleva a cabo solo en los meses de julio y agosto. Ambas especies presentan un patrón similar en su distribución mensual, siendo agosto es el único mes en el que, a pesar de tener lances en la zona norte, solamente se detectó la presencia en la zona centro y sur de la costa oriental. Nuevamente se confirma que el límite de distribución de la especie es al norte, a 113.45408° O, 31.06733° N. Durante los meses de invierno la abundancia de la especie fue mucho más baja que en verano-otoño.

El porcentaje de lances positivos respecto a los lances totales obtenidos por la mojarra tricolor son relativamente mayores a los de la mojarra charrita, ya que estos van desde 6.6 a 18%, mientras que la segunda solo presenta porcentajes entre 0.8 y 13.1%.

En contraste con lo observado con *E. gracilis*, la presencia de *E. Currani* se observó en todos los meses y además se observó una distribución más al norte que la obtenida a través de información de cruceros, siendo más abundante la especie en los meses de verano-otoño que en invierno, en donde además se observa que los lances positivos solo ocurrieron en la zona sur del litoral.

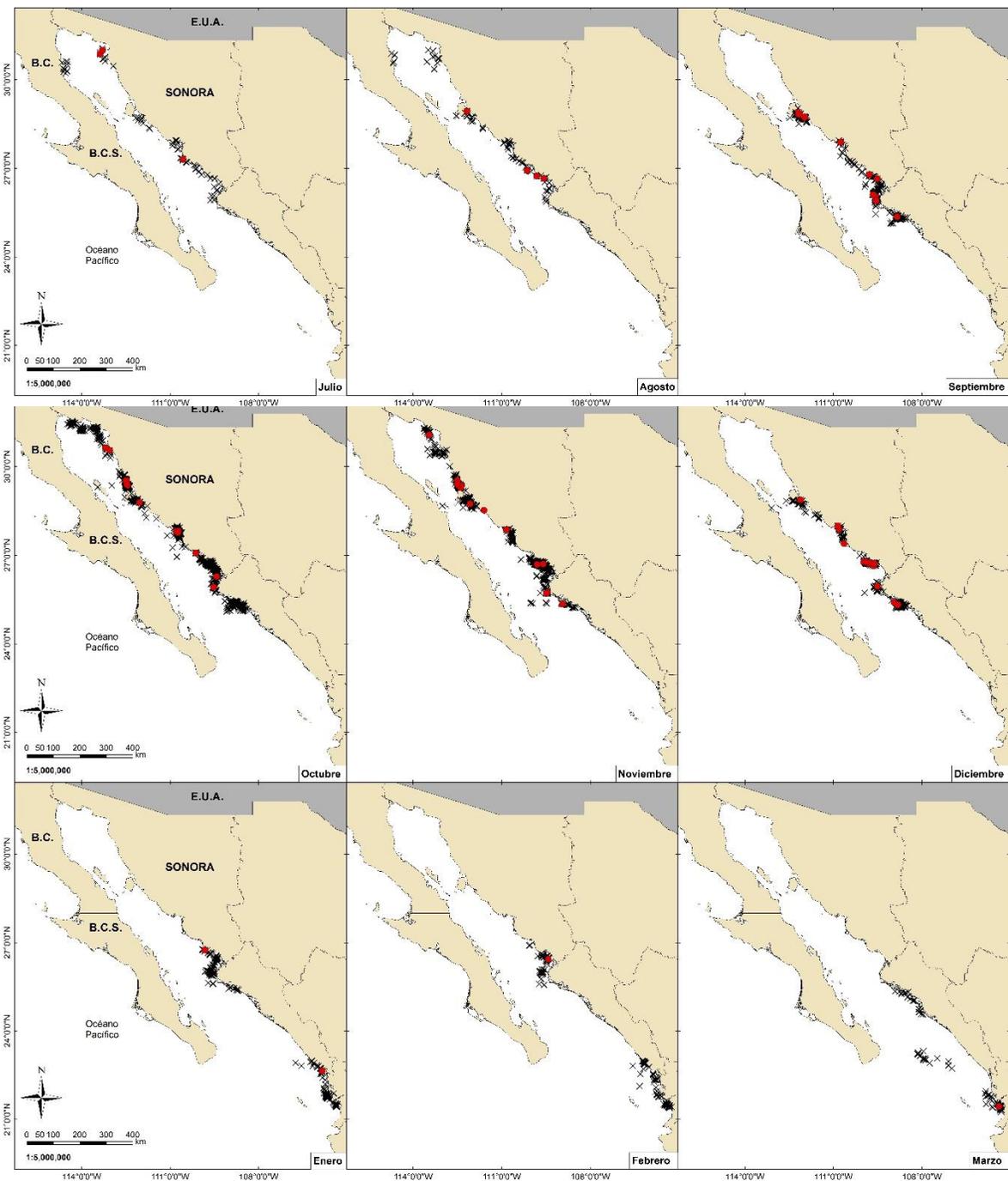


Figura 9. Distribución anual de la mojarra charrita *Eucinostomus gracilis*. Datos correspondientes al año 2004 e inicios del 2005.

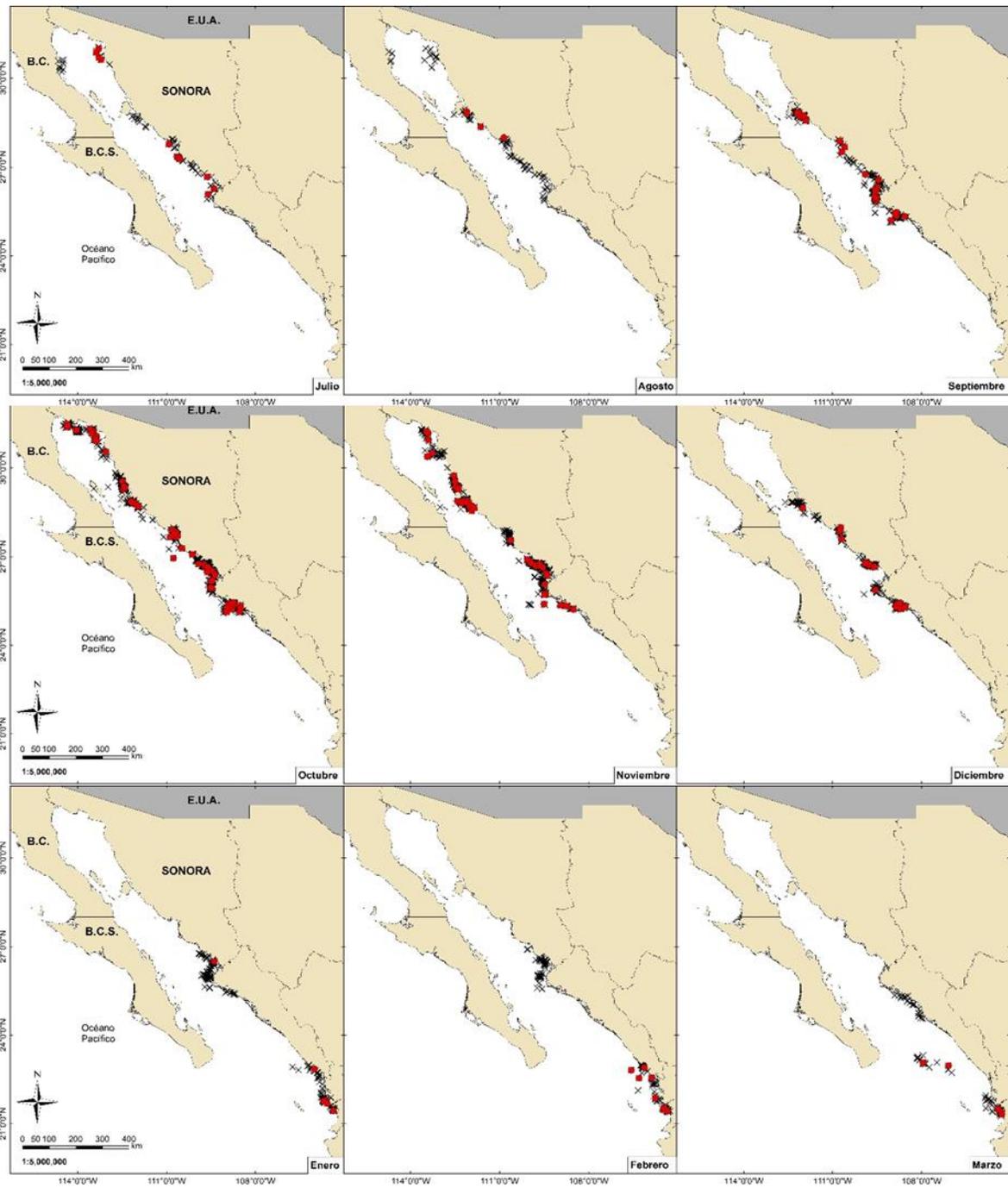


Figura 10. Distribución anual de la mojarra tricolor *Eucinostomus currani*. Datos correspondientes al año 2004 e inicios del 2005.

7.2 Estructura poblacional

De manera general, se probó el ajuste de los datos de longitud total (en milímetros) y peso (en gramos) de ambas especies con distintos modelos con el fin de observar cual representa mejor el comportamiento de los datos y definir el tipo de crecimiento de ambas especies (Tabla VII). La relación Longitud total-Peso ($Lt-P$) de *E. gracilis* se ajustó a un modelo potencial, donde el valor del factor de condición (a) fue de 0.0000007, mientras que el valor del coeficiente de isometría (b) fue de 3.1015 (Lím. de conf. inf. = 3.054; Lím. de conf. sup. = 3.149) (Fig. 11). La relación $Lt-p$ de *E. currani* se ajustó a un modelo potencial, donde el valor del factor de condición (a) fue de 0.0000006, mientras que el valor del coeficiente de isometría (b) fue de 3.1179 (Lím. de conf. inf. = 3.094; Lím. de conf. sup. = 3.142). Ambas relaciones biométricas indican que tanto la mojarra charrita como la mojarra tricolor presenta un crecimiento relativo de tipo alométrico positivo (Fig. 12).

Tabla VII. Relación Longitud total-peso de la mojarra charrita *Eucinostomus gracilis* y la mojarra tricolor *Eucinostomus currani*. Ajuste de los datos de capturas totales para cada especie con modelos de regresión lineal y no lineal.

Especie	Modelo	Ecuación	R^2
<i>E. gracilis</i>	Potencial	$y = 7E-06x^{3.1015}$	0.9693
	Lineal	$y = 0.5466x - 41.539$	0.8836
	Exponencial	$y = 0.7253e^{0.0268x}$	0.9426
	Logarítmica	$y = 59.386\ln(x) - 258.16$	0.8023
<i>E. currani</i>	Potencial	$y = 7E-06x^{3.1179}$	0.9373
	Lineal	$y = 0.6622x - 56.697$	0.8638
	Exponencial	$y = 0.9846e^{0.0248x}$	0.9233
	Logarítmica	$y = 79.13\ln(x) - 354.27$	0.7912

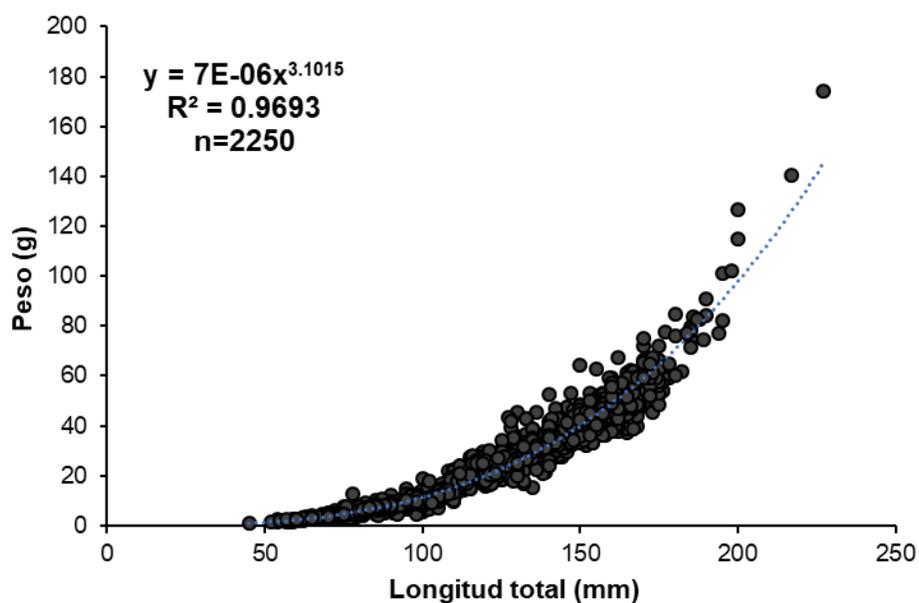


Figura 11. Relación Lt-p de la mojarra charrita *Eucinostomus gracilis* en la costa oriental del Golfo de California en el periodo 2002-2016

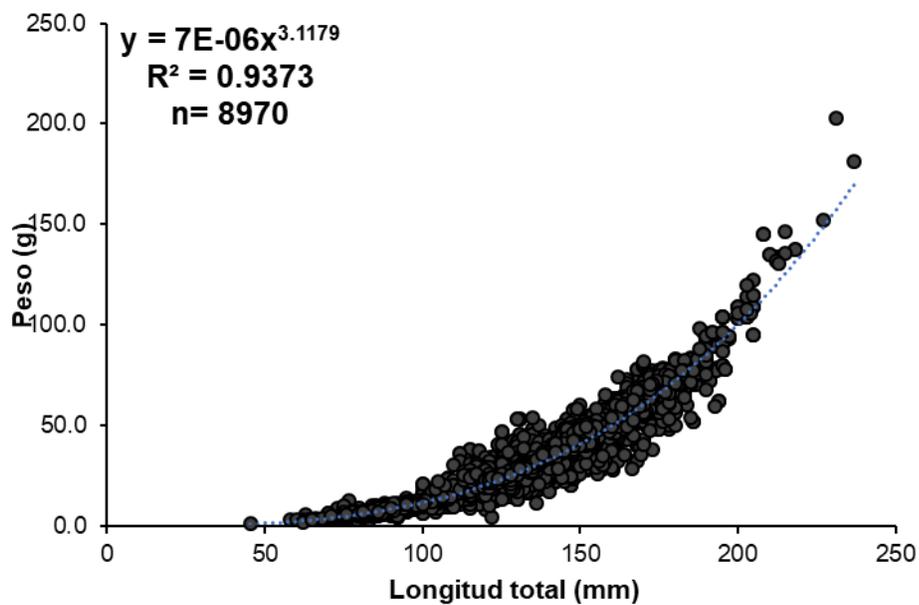


Figura 12. Relación Lt-p de la mojarra tricolor *Eucinostomus currani* en la costa oriental del Golfo de California en el periodo 2002-2016.

Así mismo, con el fin de tener un panorama de la distribución de frecuencia de los datos de tallas, se obtuvo la estructura de talla utilizando todos los datos muestreados para cada especie. Los organismos de *E. gracilis* y *E. currani* se encontraron en un intervalo de tallas entre los 45 a los 227 mm (Fig. 13) y 45 a 237 mm (Fig. 14), respectivamente.

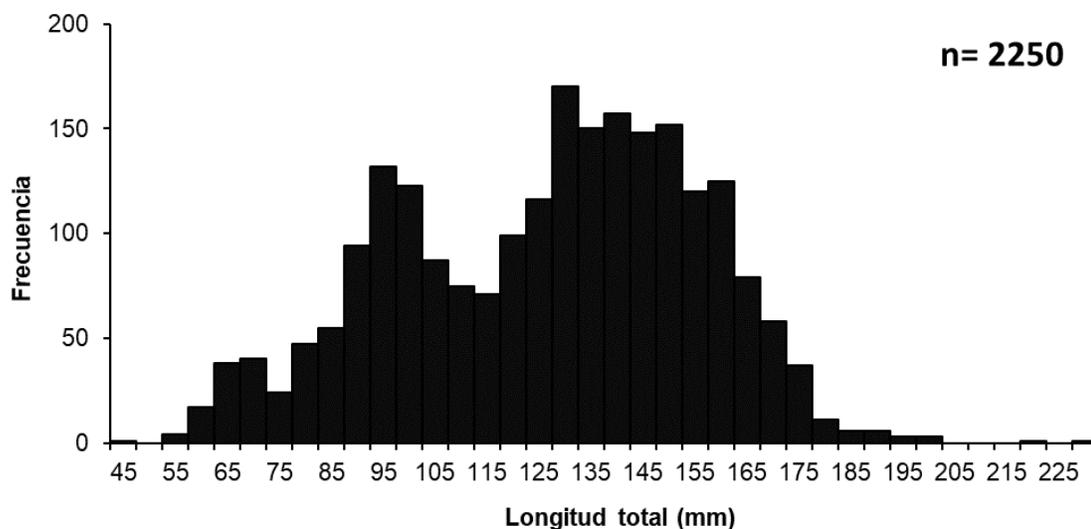


Figura 13. Histograma de frecuencias de la mojarra charrita *Eucinostomus gracilis* en la costa oriental del Golfo de California en el periodo 2002-2016. Integra el total de organismos capturados en los años que hubo presencia.

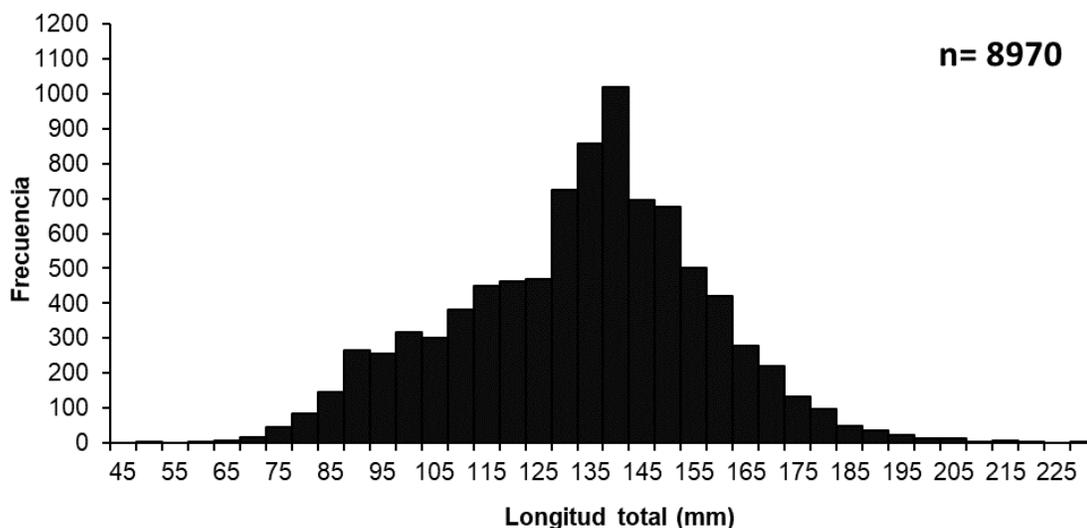


Figura 14. Histograma de frecuencias de la mojarra tricolor *Eucinostomus currani* en la costa oriental del Golfo de California en el periodo 2003-2016. Integra el total de organismos capturados en los años que hubo presencia.

Del total de datos se realizó el análisis multinomial, con el fin de obtener las cohortes presentes en cada año muestreado. Los datos de las cohortes se pueden observar en los anexos A, B y C.

Una vez analizados los datos de manera general por cada especie, del total de años muestreados se separaron en periodos de varios años cada uno, formando en total de tres periodos de datos para cada especie. Los años de cada periodo se definen en la Tabla IV. Una vez integrados los datos en periodos se realizaron los análisis de estructura poblacional por separado para identificar posibles cambios en el tiempo. Los resultados se muestran en las siguientes secciones.

7.2.1 Relación longitud-peso

Las relaciones biométricas por periodo, al igual que las generales que se presentaron anteriormente, se ajustaron, en su mayoría, a un modelo potencial. Los valores obtenidos de las relaciones longitud-peso de ambas especies separadas por periodos se pueden observar en la tabla VIII.

Las relaciones biométricas de la mojarra charrita *E. gracilis* se ajustaron a un modelo potencial. El periodo 1 obtuvo un valor de factor de condición (*a*) de 0.000005, mientras que el valor del coeficiente de isometría (*b*) fue de 3.1678 (Lím. de conf. inf. = 3.109; Lím. de conf. sup. = 3.226) lo que indica que presenta un crecimiento relativo de tipo alométrico positivo. El periodo 2 mostró un valor de factor de condición (*a*) de 0.00002, con un valor de coeficiente de isometría (*b*) igual a 2.9307 (Lím. de conf. inf. = 2.808; Lím. de conf. sup. = 3.052) indicando un crecimiento relativo de tipo isométrico. Así mismo, el periodo 3 obtuvo un valor de factor de condición (*a*) de 0.00001, mientras que el valor del coeficiente de isometría (*b*) fue de 3.0021 (Lím. de conf. inf. = 2.864; Lím. de conf. sup. = 3.3.139) mostrando de igual manera un crecimiento relativo de tipo isométrico.

Como en el caso anterior, los datos de la mojarra tricolor *E. curranii* presentaron un ajuste al modelo potencial. El periodo 1 obtuvo un valor de factor de condición (*a*) de 0.000007 y un coeficiente de isometría (*b*) igual a 3.1057 (Lím. de conf. inf. = 3.080; Lím. de conf. sup. = 3.131) lo que indica que presenta un crecimiento relativo de tipo alométrico positivo. En el caso del periodo 2 el valor de factor de condición (*a*) de 0.000006, mientras que el valor del coeficiente de isometría (*b*) fue de 3.1532 (Lím. de conf. inf. = 3.063; Lím. de conf. sup. = 3.241) indicando igual un crecimiento relativo de tipo alométrico positivo. Por otro lado, el periodo 3 presentó un valor de factor de condición (*a*) de 0.00003, mientras que el valor del coeficiente de isometría (*b*) fue de 2.8102 (Lím. de conf. inf. = 2.688; Lím. de conf. sup. = 2.931) lo que indica que presenta un crecimiento relativo de tipo alométrico negativo.

Tabla VIII. Relación longitud total-peso de la mojarra charrita *Eucinostomus gracilis* y la mojarra tricolor *Eucinostomus currani*. a = valor de factor de condición, b = coeficiente de isometría, R^2 = coeficiente de determinación, A+= Alométrico positivo, A-= Alométrico negativo, I= Isométrico.

Especie	Grupo	a	b	b (Lim. Inf. 95%)	b (Lim. Sup. 95%)	R^2	Crecimiento
<i>E. gracilis</i>	1	0.000005	3.1678	3.109	3.226	0.97	A+
	2	0.00002	2.9307	2.809	3.053	0.97	I
	3	0.00001	3.0021	2.864	3.140	0.98	I
<i>E. currani</i>	1	0.000007	3.1057	3.080	3.131	0.93	A+
	2	0.000006	3.1532	3.063	3.241	0.97	A+
	3	0.00003	2.8102	2.689	2.932	0.84	A-

7.2.2 Estructura de tallas

La mojarra charrita presentó un total de 1,541 organismos en el periodo 1 con tallas que van desde los 54 a los 227 mm, en el periodo 2 tuvo un total de 402 especímenes con rango de tallas de 69 a 194 mm, mientras que en el periodo 3 sólo se obtuvieron 307 organismos con tallas de 45 a 198 mm (Fig. 15). Se observó una distribución de frecuencia polimodal en todos los grupos.

En el caso de la mojarra tricolor, en el periodo 1 se colectaron 8,002 organismos con tallas que van desde los 45 a los 231 mm, el periodo 2 contó con 602 mojarrras con rango de tallas de 62 a 203 mm y por último el tercer periodo se recolectaron 366 organismos con rango de tallas de 65 a 237 mm (Fig. 16) en donde se puede observar una distribución de frecuencia polimodal.

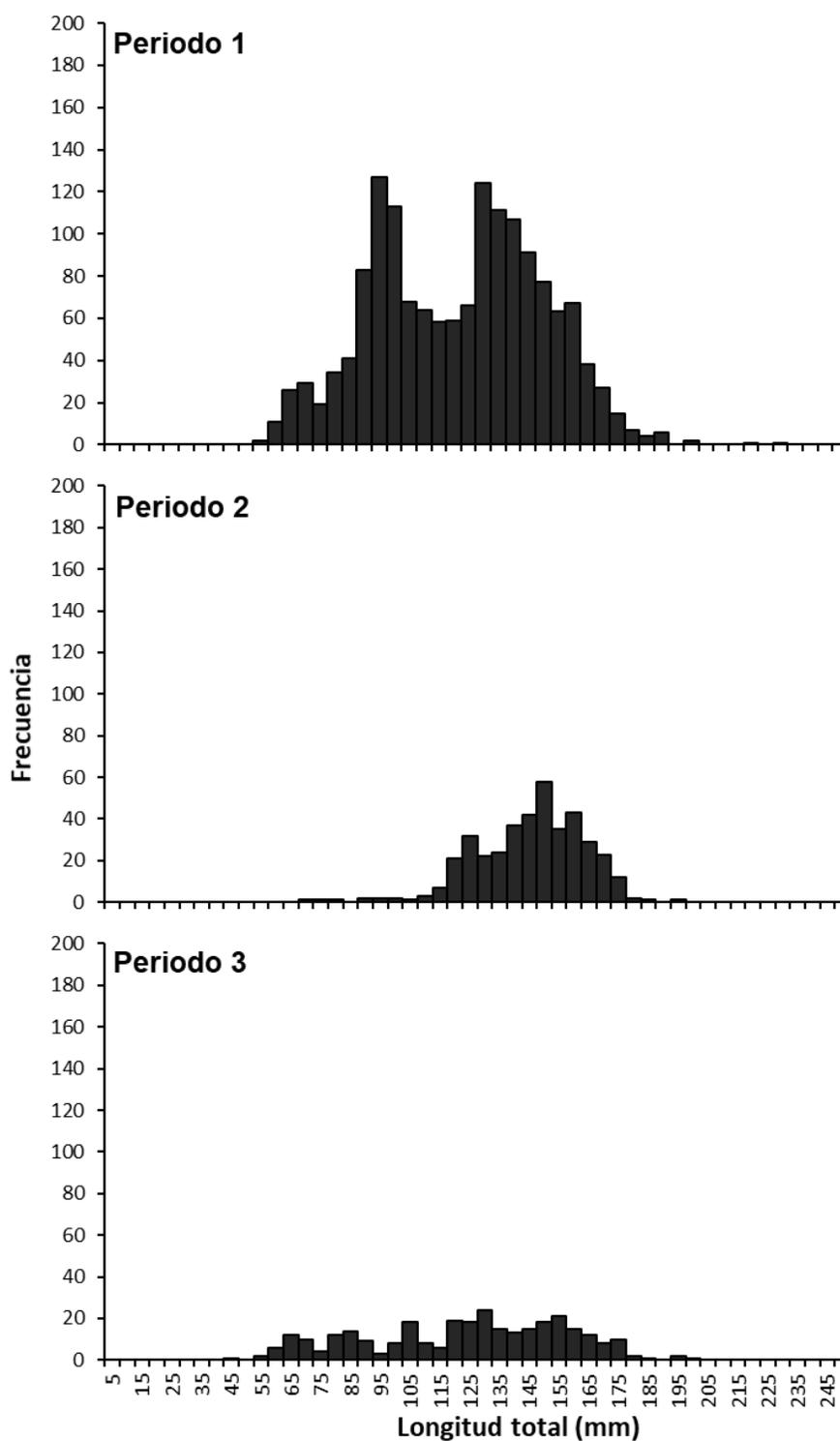


Figura 15. Histograma de frecuencias de la mojarra charrita *Eucinostomus gracilis* en la costa oriental del Golfo de California. Periodo 1: de 2002 a 2005, periodo 2: de 2007 a 2010 y periodo 3: de 2011 a 2016

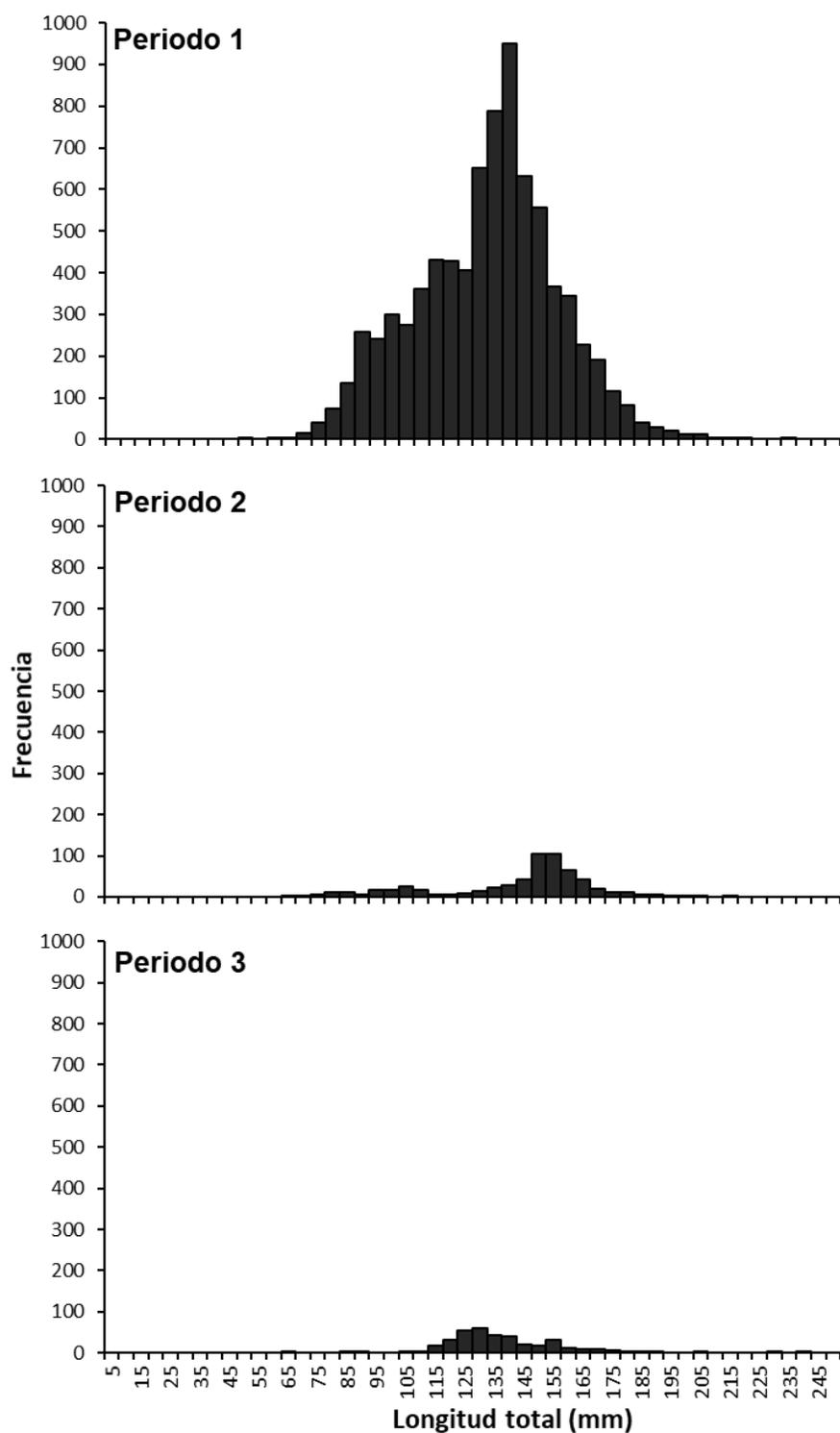


Figura 16. Histograma de frecuencias de la mojarra charrita *Eucinostomus currani* en la costa oriental del Golfo de California. Periodo 1: de 2003 a 2005, periodo 2: de 2007 a 2010 y periodo 3: de 2015 a 2016.

7.2.3 Proporción de sexos

La proporción de sexos hembra:macho (H:M) se presenta en la Tabla IX por periodo. En el caso de *E. gracilis* el rango de valores fue de 0.7 a 1.7, presentándose en el primer periodo una mayor proporción de hembras, el segundo una relación cercana de 1 a 1 y en el tercer periodo una menor proporción de hembras. En el caso de *E. currani*, los valores van desde 0.9 a 1.6 al igual que en *E. gracilis*, durante el primer periodo hubo una mayor presencia de hembras que de machos, el segundo periodo una menor presencia y el tercer periodo nuevamente mayor presencia de hembras.

Tabla IX. Proporción de sexos hembra:macho *Eucinostomus gracilis* y *Eucinostomus currani*. H:M= proporción del número de hembras con respecto al número de machos, *N*= número de individuos. Periodo 1: de 2002 a 2005, periodo 2: de 2007 a 2010 y periodo 3: de 2011 a 2016 para *E. gracilis* y Periodo 1: de 2003 a 2005, periodo 2: de 2007 a 2010 y periodo 3: de 2015 a 2016 para *E. currani*.

Especie	Periodo	<i>N</i>	H:M
<i>E. gracilis</i>	1	1541	1.7:1
	2	402	1.1:1
	3	307	0.7:1
<i>E. currani</i>	1	8002	1.6:1
	2	602	0.9:1
	3	366	1.2:1

7.3 Dinámica poblacional

7.3.1 Crecimiento

De los datos de talla media de las cohortes obtenidos en el análisis multinomial y de la progresión, se utilizaron para correr los distintos modelos de crecimiento, con el fin de realizar las pruebas para elegir el que mejor se ajuste a la tendencia de

crecimiento de la especie. Los datos de longitud-edad se muestran en las Figuras 17 y 18 para *E. gracilis* y *E. currani*, respectivamente.

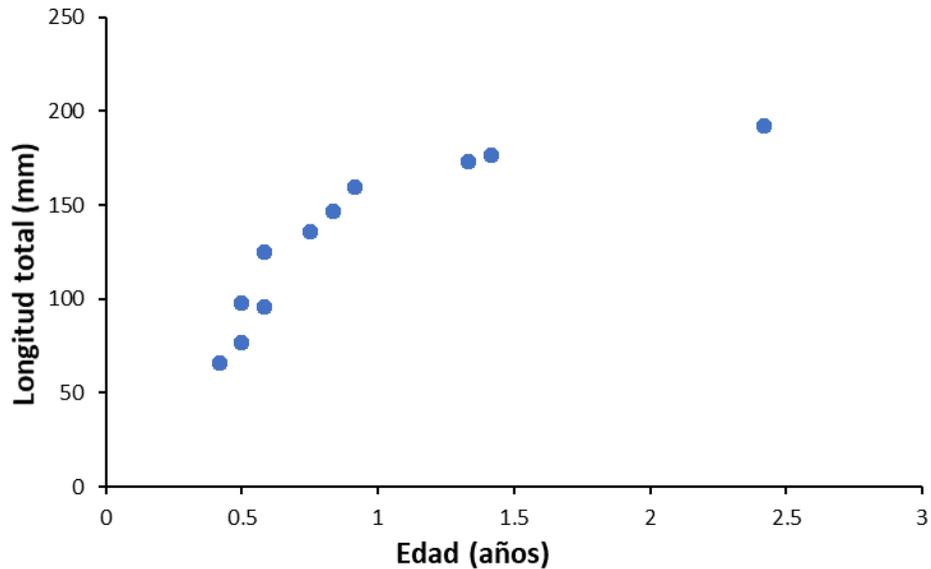


Figura 17. Datos de longitud-edad de la mojarra charrita *Eucinostomus gracilis* en la costa oriental del Golfo de California en el periodo 2002-2016.

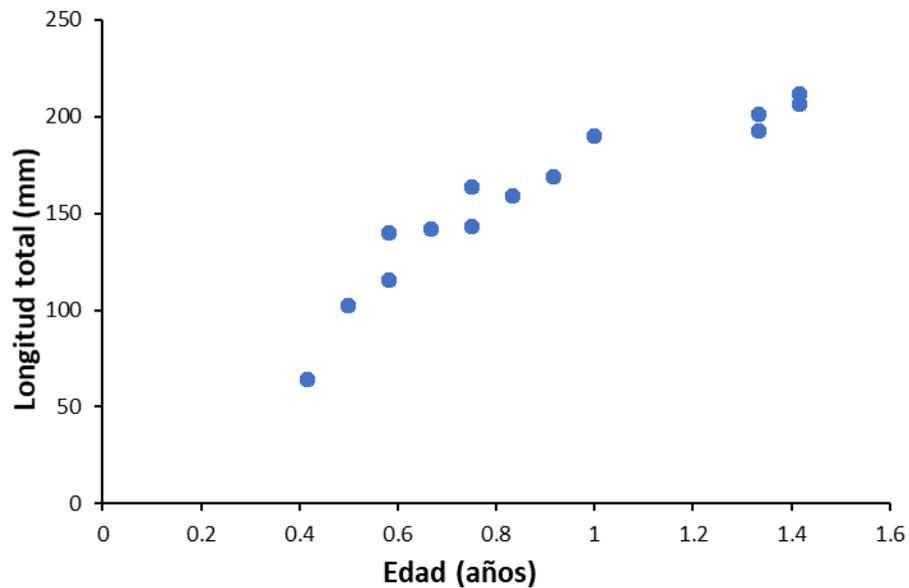


Figura 18. Datos de longitud-edad de la mojarra tricolor *Eucinostomus currani* en la costa oriental del Golfo de California en el periodo 2002-2016.

7.3.1.1 Modelos de crecimiento

Los datos de longitud-edad se ajustaron a los tres modelos de crecimiento. La selección del mejor modelo se realizó considerando los valores de AIC y el porcentaje de ponderación w_i , donde el modelo de crecimiento de von Bertalanffy fue el que mejor ajuste presentó para *E. gracilis* (Tabla X) y para *E. currani* (Tabla XI). Las Figuras 19 y 20 presentan la trayectoria de las curvas proyectadas por el VBGM para cada una de las especies.

Tabla X. Jerarquización de los modelos de crecimientos. Datos de *Eucinostomus gracilis*.

Modelos	K	AIC	AICc	Δi	w_i (%)
VBGM	3	-3692.59894	-3696.58439	0	99.9836
Gompertz	3	-3675.17195	-3679.1574	17.4269927	0.0164
Logístico	3	-3581.85117	-3585.83662	110.747775	0.0000

Tabla XI. Jerarquización de los modelos de crecimientos. Datos de *Eucinostomus currani*.

Modelos	K	AIC	AICc	Δi	w_i (%)
VBGM	3	-10026.2026	-10030.1956	0	99.999
Gompertz	3	-9097.76539	-9101.75845	928.437169	2.468E-200
Logístico	3	-8243.10576	-8247.09882	1783.0968	0

Al ser VBGM el modelo que mejor ajuste tiene de los tres candidatos, muestra una curva de crecimiento acelerada en edades tempranas y que al final disminuye hasta alcanzar una asíntota (Fig. 23 y 24).

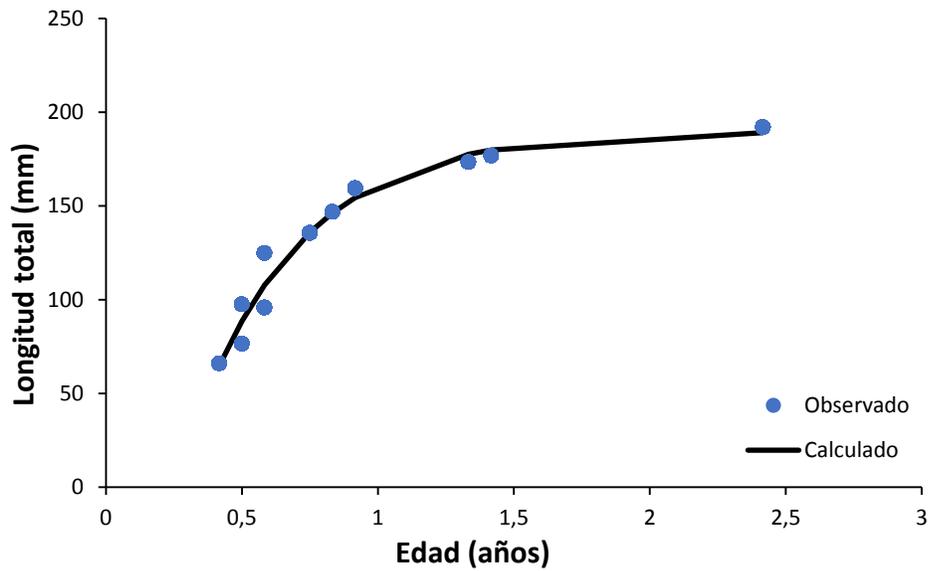


Figura 19. Modelo de crecimiento von Bertalanffy ajustado a datos de *Eucinostomus gracilis* en la costa oriental del Golfo de California en el periodo 2002-2016.

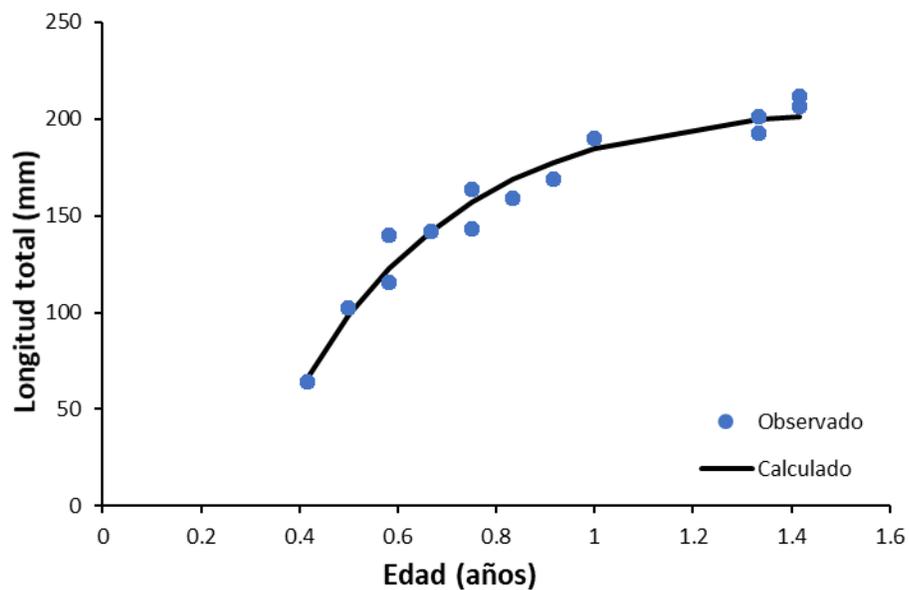


Figura 20. Modelo de crecimiento von Bertalanffy ajustado a datos de *Eucinostomus currani* en la costa oriental del Golfo de California en el periodo 2002-2016.

7.3.1.2 Crecimiento por métodos electrónicos

Del análisis anterior, se infiere que von Bertalanffy fue el modelo con el mejor ajuste para ambas especies. Por lo anterior, se utilizó el VBGM para obtener los parámetros de crecimiento de ambas especies en cada periodo de tiempo analizado.

Para la obtención de los parámetros del modelo de VBGM por métodos electrónicos, se llevó a cabo una repetición de la frecuencia de tallas en varios años, con la finalidad de obtener una serie más larga en el tiempo y poder seguir la progresión de las modas, lo anterior supone que la población sigue un sistema de parámetros constantes.

La Tabla XII muestra los valores de los parámetros de crecimiento de *E. gracilis* y se observa una variación de los parámetros $180.25 < L_{\infty} > 234.5$ mm; $0.35 < K >$ año⁻¹ y $-0.28574 < t_0 > -0.14116$. Las curvas de crecimiento de la mojarra charrita para cada grupo de muestreo se observan en la Figura 21.

Tabla XII. Valores de parámetros del modelo de crecimiento de von Bertalanffy para la mojarra charrita *Eucinostomus gracilis* durante el periodo 2002-2016. L_{∞} =Longitud asintótica o máxima del individuo, K = Coeficiente instantáneo de crecimiento; t_0 = talla calculada a la edad 0. Periodo 1: de 2002 a 2005, periodo 2: de 2007 a 2010 y periodo 3: de 2011 a 2016.

Periodo	L_{∞}	K	t_0
1	234.5	0.65	-0.141167
2	180.25	0.48	-0.2079
3	186.8	0.35	-0.285742

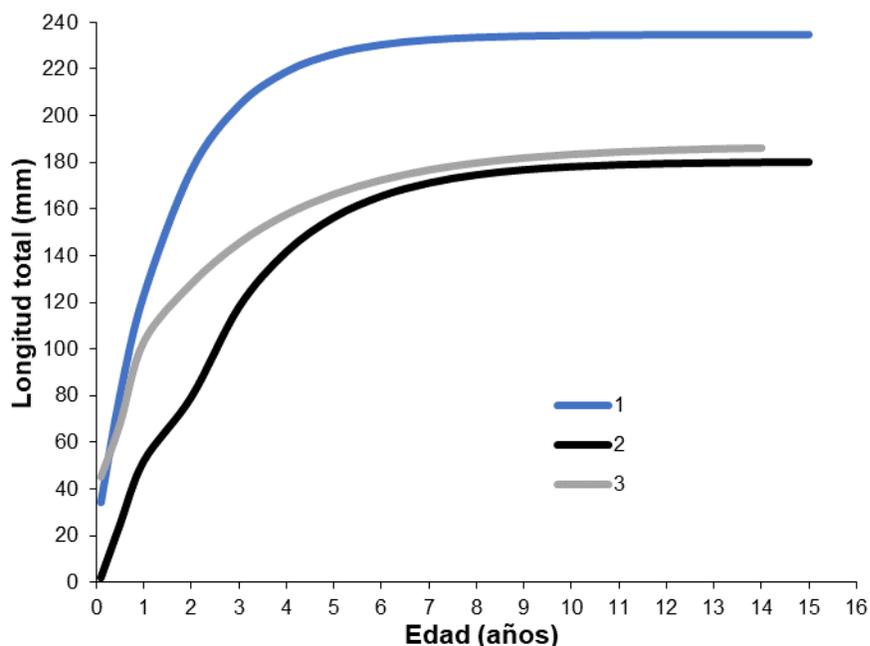


Figura 21. Curvas de crecimiento del modelo de von Bertalanffy de la mojarra charrita *Eucinostomus gracilis*. Periodo 1: de 2002 a 2005, periodo 2: de 2007 a 2010 y periodo 3: de 2011 a 2016.

La Tabla XIII muestra los valores de los parámetros de crecimiento de *E. currani* donde se observa una variación en los parámetros, donde $207.55 < L_{\infty} > 234$ mm; $1.3 < K > 1.6$ año⁻¹ y $-0.07109 < t_0 > -0.05645$. Las curvas de crecimiento de la mojarra charrita para cada año de muestreo se observan en la Figura 22.

Tabla XIII. Valores de parámetros del modelo de crecimiento de von Bertalanffy para la mojarra tricolor *Eucinostomus currani* durante el periodo 2002-2016. L_{∞} =Longitud asintótica o máxima del individuo, K = Coeficiente instantáneo de crecimiento; t_0 = talla calculada a la edad 0. Periodo 1: de 2003 a 2005, periodo 2: de 2007 a 2010 y periodo 3: de 2015 a 2016.

Periodo	L_{∞}	K	t_0
1	234	1.32	-0.067707
2	219.3	1.6	-0.056451
3	207.55	1.3	-0.071098

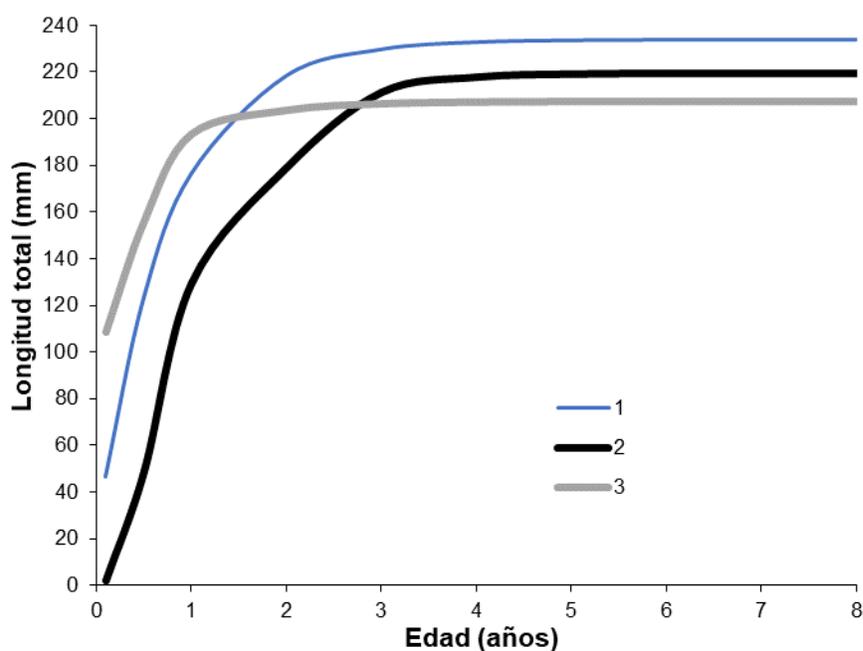


Figura 22. Curvas de crecimiento del modelo de von Bertalanffy de la mojarra tricolor *Eucinostomus currani* estimadas por periodo de tiempo. Periodo 1: de 2003 a 2005, periodo 2: de 2007 a 2010 y periodo 3: de 2015 a 2016.

7.3.1.3 Índice de funcionamiento Φ'

Se obtuvieron los valores del índice de funcionamiento (Φ') para cada una de las especies (Tabla XIV) así como las anomalías estandarizadas. Estas últimas muestran la variación del crecimiento de las mojarras de cada grupo en el periodo 2002-2016 (Fig. 23 y 24).

Tabla XIV. Valores del índice de funcionamiento del crecimiento Φ' y anomalías estandarizadas de Φ' de la mojarra charrita *Eucinostomus gracilis* y la mojarra tricolor *Eucinostomus currani* durante el periodo 2002-2016. Periodo 1: de 2002 a 2005, periodo 2: de 2007 a 2010 y periodo 3: de 2011 a 2016 para *E. gracilis* y Periodo 1: de 2003 a 2005, periodo 2: de 2007 a 2010 y periodo 3: de 2015 a 2016 para *E. currani*.

Especie	Periodo	Φ'	Anomalías
<i>E. gracilis</i>	1	2.553	1.12719163
	2	2.193	-0.34661825
	3	2.087	-0.78057338
<i>E. currani</i>	1	2.859	0.3828439
	2	2.886	0.7520148
	3	2.748	-1.13485871

El índice de funcionamiento de crecimiento de *E. gracilis* presenta valores positivos en el primer periodo de años mientras que el resto se presenta un cambio negativo (Fig. 27) mostrando todo el periodo de análisis una franca tendencia a disminuir, en cambio *E. currani* mantiene los valores positivos los primeros dos periodos de años y el tercero se torna negativo (Fig. 28).

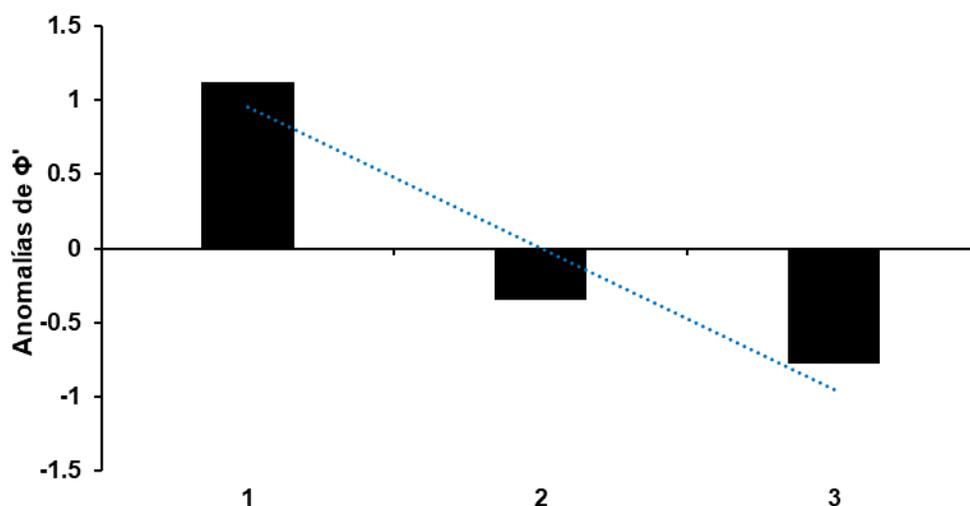


Figura 23. Anomalías estandarizadas del índice de funcionamiento de crecimiento de *Eucinostomus gracilis* por cada periodo muestreado. Periodo 1: de 2002 a 2005, periodo 2: de 2007 a 2010 y periodo 3: de 2011 a 2016.

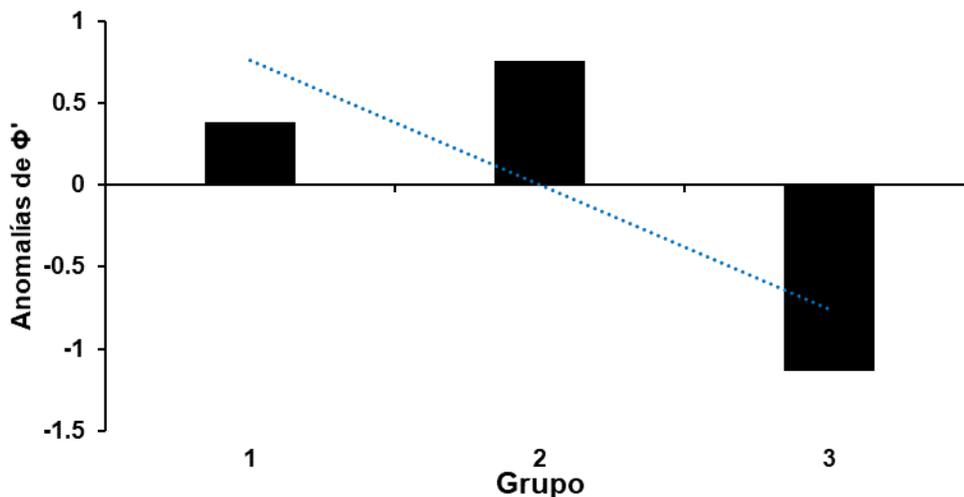


Figura 24. Anomalías estandarizadas del índice de funcionamiento de crecimiento de *Eucinostomus currani* por cada periodo muestreado. Periodo 1: de 2003 a 2005, periodo 2: de 2007 a 2010 y periodo 3: de 2015 a 2016.

7.3.2 Talla de primera madurez sexual

A partir del modelo logístico se obtuvo la talla de primera madurez sexual o L_{50} para cada especie y cada periodo de años (Tabla XV y XVI). Los valores de L_{50} de *E. gracilis* varían entre 146 y 159.7 mm (Fig. 25) mientras los de *E. currani* van desde 140.8 y 153.9 mm (Fig. 26).

Las figuras 27 y 28 muestran las anomalías estandarizadas de la talla de primera madurez sexual de ambas especies de mojarra. *E. gracilis* presenta anomalías negativas en el segundo periodo y una tendencia positiva en el tercero, por otro lado, de manera contraria, *E. currani* muestra anomalías positivas de L_{50} en los dos primeros periodos, pero una tendencia negativa en el tercero.

Tabla XV. Modelo logístico (King, 1995) ajustado a cada periodo para estimar la talla de primera madurez sexual de la mojarra charrita *Eucinostomus gracilis* en la costa oriental del Golfo de California. N = número de organismos. R^2 = Coeficiente de determinación. Periodo 1: de 2002 a 2005, periodo 2: de 2007 a 2010 y periodo 3: de 2011 a 2016.

Periodo	N	Ecuación	a	b	R^2
1	23	$\frac{1}{1 + e^{(-0.103(Lt-153))}}$	15.776	0.103	0.961
2	121	$\frac{1}{1 + e^{(-0.116(Lt-146))}}$	16.922	0.116	0.99
3	5	$\frac{1}{1 + e^{(-0.124(Lt-159.7))}}$	19.813	0.124	0.820

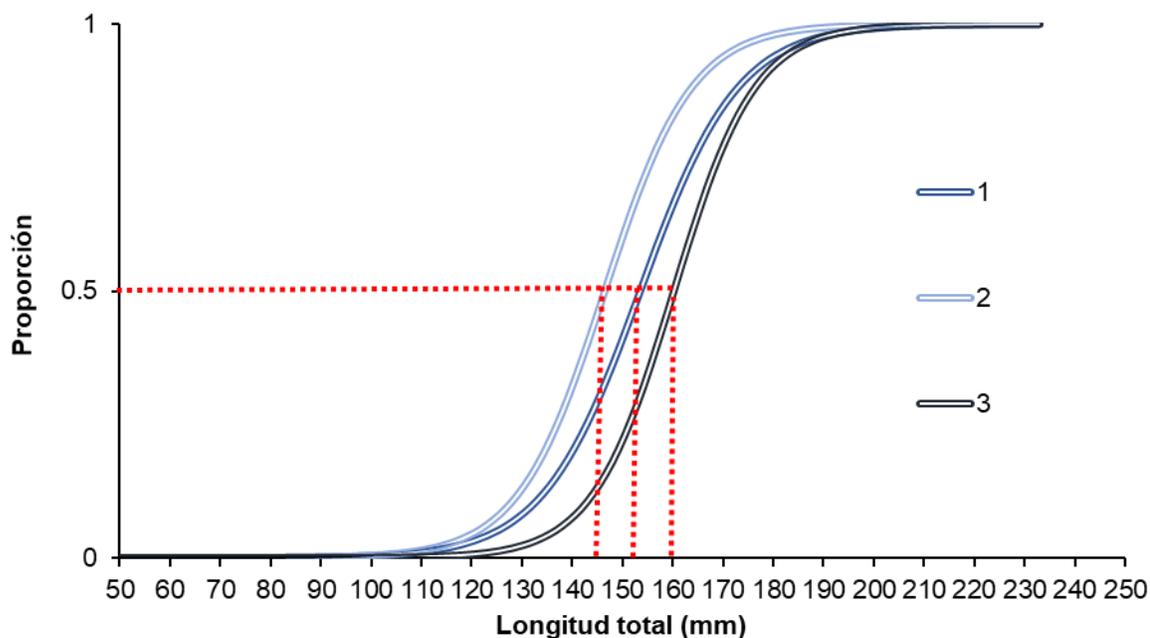


Figura 25. Talla de primera madurez sexual de la mojarra charrita *Eucinostomus gracilis* por cada periodo muestreados. Periodo 1: de 2002 a 2005, periodo 2: de 2007 a 2010 y periodo 3: de 2011 a 2016.

Tabla XVI. Modelo logístico (King, 1995) ajustado a cada periodo para estimar la talla de primera madurez sexual de la mojarra tricolor *Eucinostomus currani* en la costa oriental del Golfo de California. N = número de organismos. R^2 = Coeficiente de determinación. Periodo 1: de 2003 a 2005, periodo 2: de 2007 a 2010 y periodo 3: de 2015 a 2016.

Periodo	n	Ecuación	a	b	R^2
1	760	$\frac{1}{1 + e^{(-0.103(Lt-141.1))}}$	15.139	0.103	0.994
2	221	$\frac{1}{1 + e^{(-0.169(Lt-153.9))}}$	26.018	0.169	0.984
3	109	$\frac{1}{1 + e^{(-0.087(Lt-140.8))}}$	12.212	0.087	0.884

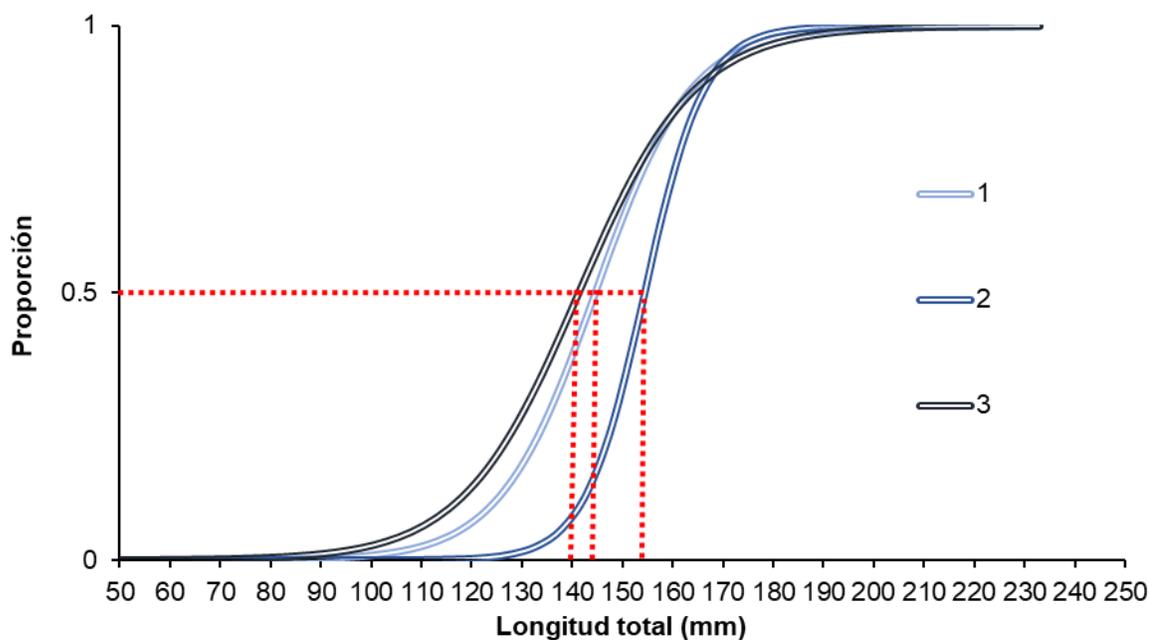


Figura 26. Talla de primera madurez sexual de la mojarra tricolor *Eucinostomus currani* por cada periodo muestreado. Periodo 1: de 2003 a 2005, periodo 2: de 2007 a 2010 y periodo 3: de 2015 a 2016.

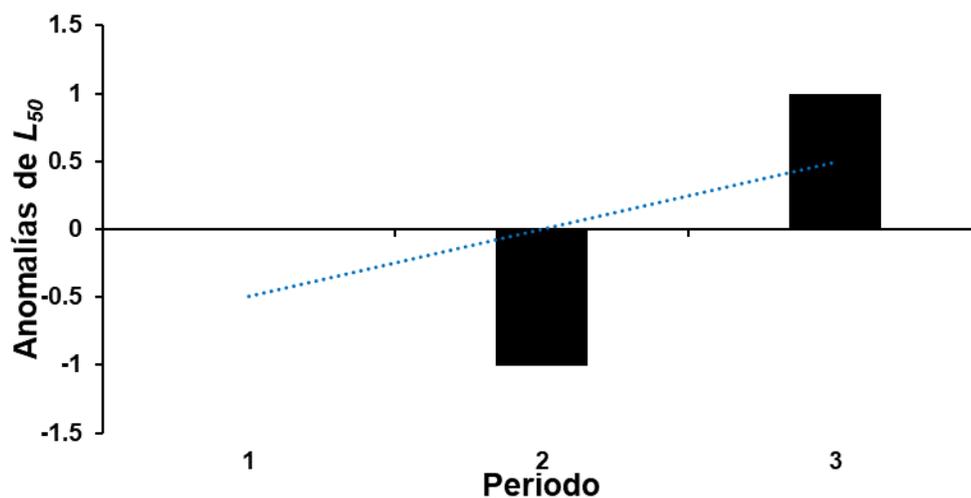


Figura 27. Anomalías estandarizadas de la talla de primera madurez sexual L_{50} de *Eucinostomus gracilis* por cada periodo muestreado. Periodo 1: de 2002 a 2005, periodo 2: de 2007 a 2010 y periodo 3: de 2011 a 2016

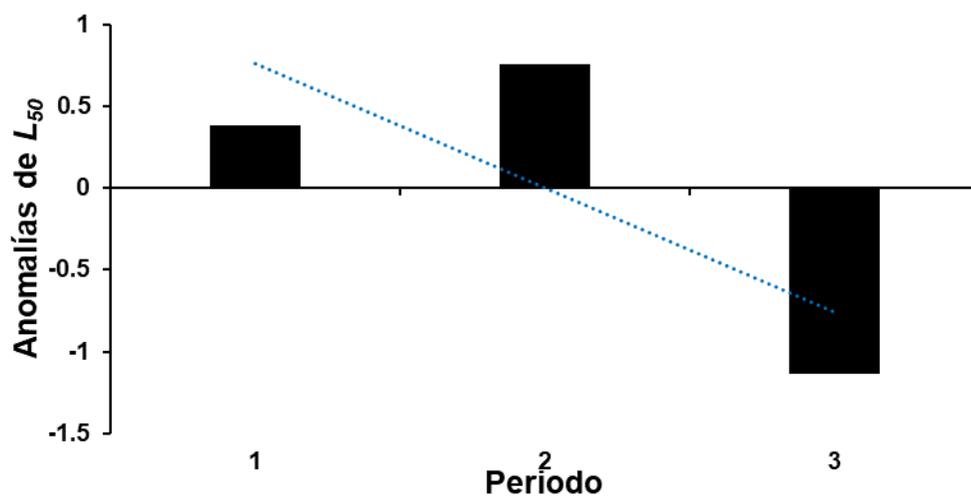


Figura 28. Anomalías estandarizadas de la talla de primera madurez sexual L_{50} de *Eucinostomus currani* por cada periodo muestreado. Periodo 1: de 2003 a 2005, periodo 2: de 2007 a 2010 y periodo 3: de 2015 a 2016

7.3.3 Mortalidad natural

La mortalidad natural se obtuvo a través de distintas ecuaciones empíricas que utilizan los parámetros de crecimiento estimados con VBGM, así como la longevidad y edad de primera madurez sexual. Las Tablas XVII y XVIII muestran los valores de M de ambas especies de mojarra estimados por las seis distintas ecuaciones: Pauly (1980), Jensen (1996), Richter y Efanov (1976), Hewitt y Hoening (2005) y Then *et al.* (2015) una que considera la longevidad y otra los parámetros de crecimiento.

Tabla XVII. Mortalidad natural de la mojarra charrita *Eucinostomus gracilis* obtenida a través de seis ecuaciones empíricas.

Ecuación	1er periodo	2do periodo	3er periodo
Pauly (1980)	1.36	1.19	0.97
Jensen (1996)	0.98	0.72	0.53
Richter y Efanov (1976)	1.05	0.38	0.31
Hewitt y Hoening (2005)	0.94	0.70	0.51
Then <i>et al.</i> (2015) Tmax	1.24	0.94	0.71
Then <i>et al.</i> (2015) K y L_{∞}	1.06	0.92	0.73
Promedio	1.10	0.81	0.62
Desviación estándar	0.16	0.28	0.23
Lim inf. 95 %	0.94	0.53	0.40
Lim sup. 95 %	1.27	1.09	0.85

Tabla XVIII. Mortalidad natural de la mojarra tricolor *Eucinostomus currani* obtenida a través de seis ecuaciones empíricas.

Ecuación	1er periodo	2do periodo	3er periodo
Pauly (1980)	2.13	2.49	2.21
Jensen (1996)	1.98	2.40	1.95
Richter y Efanov (1976)	1.89	1.88	1.57
Hewitt y Hoening (2005)	1.91	2.32	1.89
Then <i>et al.</i> (2015) Tmax	2.37	2.83	2.34
Then <i>et al.</i> (2015) K y L_{∞}	1.76	2.13	1.83
Promedio	2.01	2.34	1.97
Desviación estándar	0.22	0.32	0.28
Lim inf. 95 %	1.79	2.02	1.69
Lim sup. 95 %	2.22	2.67	2.24

Los resultados indican que los valores de M de la mojarra charrita son mayores en el primer periodo de años por todas las ecuaciones y va disminuyendo en los siguientes dos periodos (Fig. 29). Por otro lado, los valores más altos de M en la mojarra tricolor se muestran en el periodo 2, mientras que el periodo 1 y 3 son menores pero muy similares (Fig. 30). Los valores de M de la mojarra tricolor *E. currani* son mayores a los presentados por la mojarra charrita *E. gracilis* en todos los periodos de años.

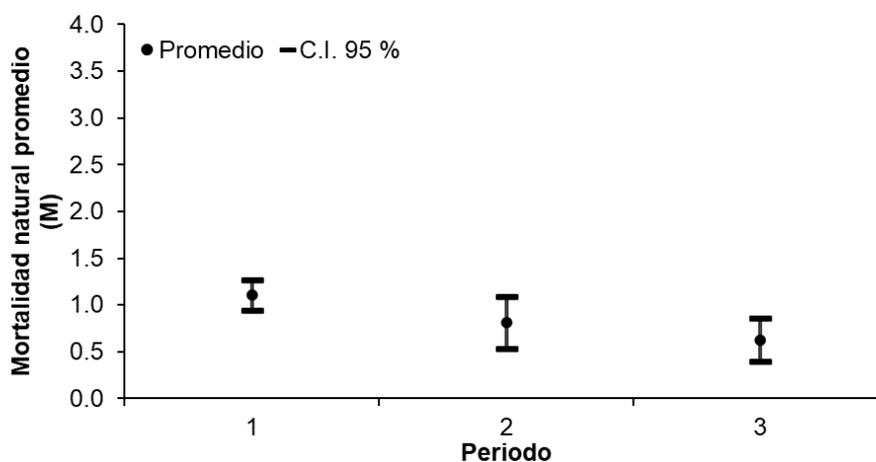


Figura 29. Mortalidad natural media de la mojarra charrita *Eucinostomus gracilis* obtenida a través de seis ecuaciones empíricas. Periodo 1: de 2002 a 2005, periodo 2: de 2007 a 2010 y periodo 3: de 2011 a 2016.

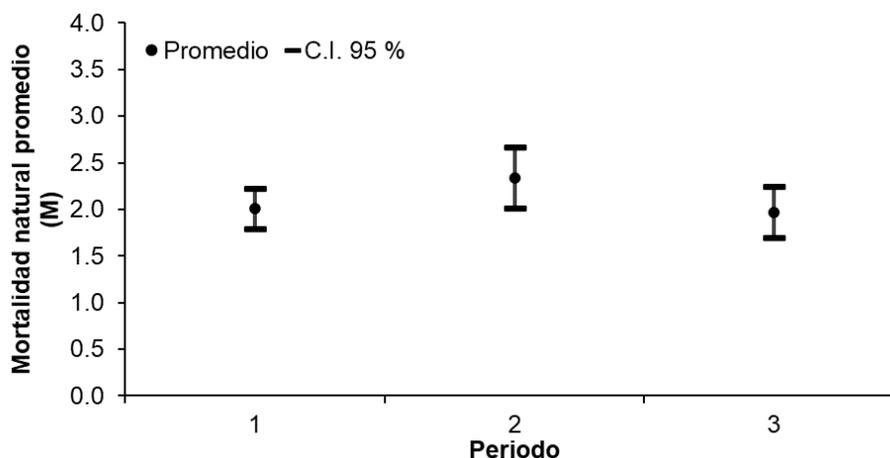


Figura 30. Mortalidad natural media de la mojarra tricolor *Eucinostomus currani* obtenida a través de seis ecuaciones empíricas. Periodo 1: de 2003 a 2005, periodo 2: de 2007 a 2010 y periodo 3: de 2015 a 2016.

7.3.4 Mortalidad total, mortalidad por pesca y tasa de explotación

Los valores de mortalidad por pesca, mortalidad total (Z) y tasa de explotación (E) se obtuvieron a través del análisis de cohortes. Los valores de F y Z se muestran en la Tabla XIX, la mortalidad por pesca en ambas es muy baja con valores entre 0.004 - 0.238 en el caso de *E. gracilis* y 0.174 - 0.433 para *E. currani*.

En el caso de la tasa de explotación, ambas especies presentan valores muy bajos donde no superan el 0.177, lo que indica una subexplotación de ambas especies (Fig. 31).

Tabla XIX. Valores de mortalidad por pesca y mortalidad total de la mojarra charrita *Eucinostomus gracilis* y la mojarra tricolor *Eucinostomus currani*. F = mortalidad por pesca, Z = mortalidad total. Periodo 1: de 2002 a 2005, periodo 2: de 2007 a 2010 y periodo 3: de 2011 a 2016 para *E. gracilis* y Periodo 1: de 2003 a 2005, periodo 2: de 2007 a 2010 y periodo 3: de 2015 a 2016 para *E. currani*.

Especie	Periodo	F	Z
<i>E. gracilis</i>	1	0.238	1.343
	2	0.004	0.814
	3	0.015	0.639
<i>E. currani</i>	1	0.433	2.443
	2	0.271	2.606
	3	0.174	2.219

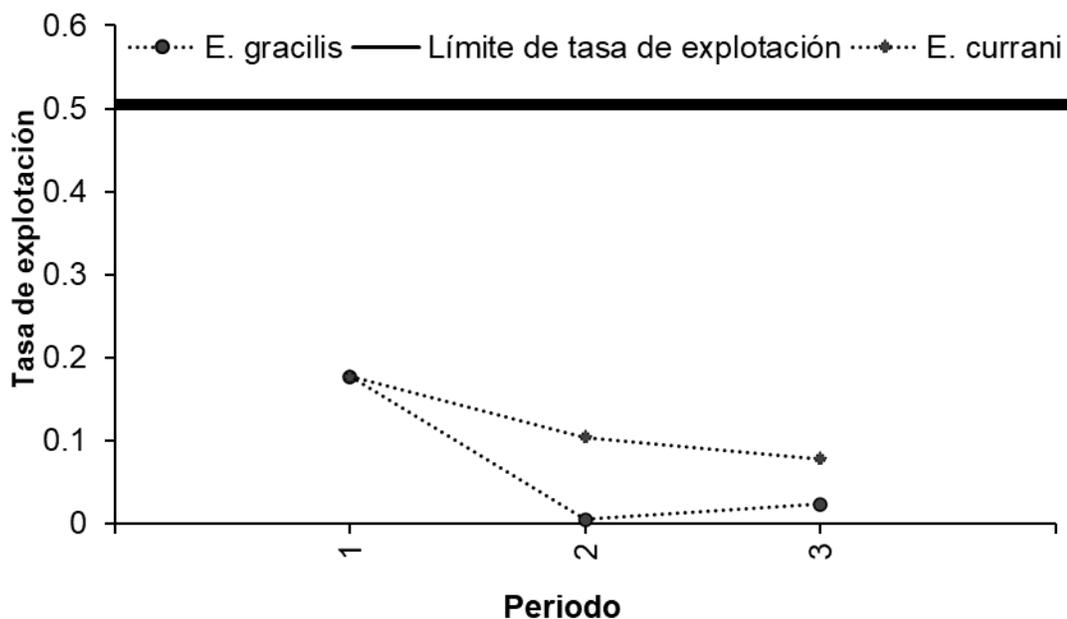


Figura 31. Tasa de explotación de la mojarra charrita *Eucinostomus gracilis* y la mojarra tricolor *Eucinostomus currani* en la costa oriental del Golfo de California. Periodo 1: de 2002 a 2005, periodo 2: de 2007 a 2010 y periodo 3: de 2011 a 2016 para *E. gracilis* y Periodo 1: de 2003 a 2005, periodo 2: de 2007 a 2010 y periodo 3: de 2015 a 2016 para *E. currani*.

7.3.5 Abundancia

La abundancia (N) por periodo se estimó por medio un análisis de cohortes, los valores de ambas especies se pueden observar en la tabla XX.

En la mojarra charrita en el primer periodo se estimó una abundancia $N= 104308$ organismos, las tallas con mayor índice de captura fueron las superiores a los 90 mm (Fig. 32), en el segundo periodo se presentó una abundancia $N= 377159$ organismos con capturas centradas en las tallas superiores a 150 mm (Fig. 33), mientras que en el tercer periodo se estimó una abundancia $N=100619$ y sus capturas fueron principalmente tallas superiores a los 130 mm (Fig. 34).

Tabla XX. Abundancia (N), biomasa (B) en toneladas, magnitud de reclutamiento (R), mortalidad por pesca promedio (F), mortalidad natural promedio (M) y tasa de explotación (E) de la mojarra charrita *Eucinostomus gracilis* y la mojarra tricolor *Eucinostomus currani* en la Costa oriental del Golfo de California en el periodo 2002-2016. Estimaciones por medio de análisis de cohorte. Periodo 1: de 2002 a 2005, periodo 2: de 2007 a 2010 y periodo 3: de 2011 a 2016 para *E. gracilis* y Periodo 1: de 2003 a 2005, periodo 2: de 2007 a 2010 y periodo 3: de 2015 a 2016 para *E. currani*.

Especie	Periodo	N	B	R	F	M	E
<i>E. gracilis</i>	1	104308	0.034	6569	0.238	1.1044	0.177
	2	377159	0.336	27180	0.004	0.81	0.005
	3	100619	0.076	7324	0.015	0.6235	0.024
<i>E. currani</i>	1	554492	0.105	32570	0.43	2.01	0.18
	2	62089	0.014	3596	0.27	2.3349	0.1
	3	43717	0.011	2489	0.19	1.9668	0.09

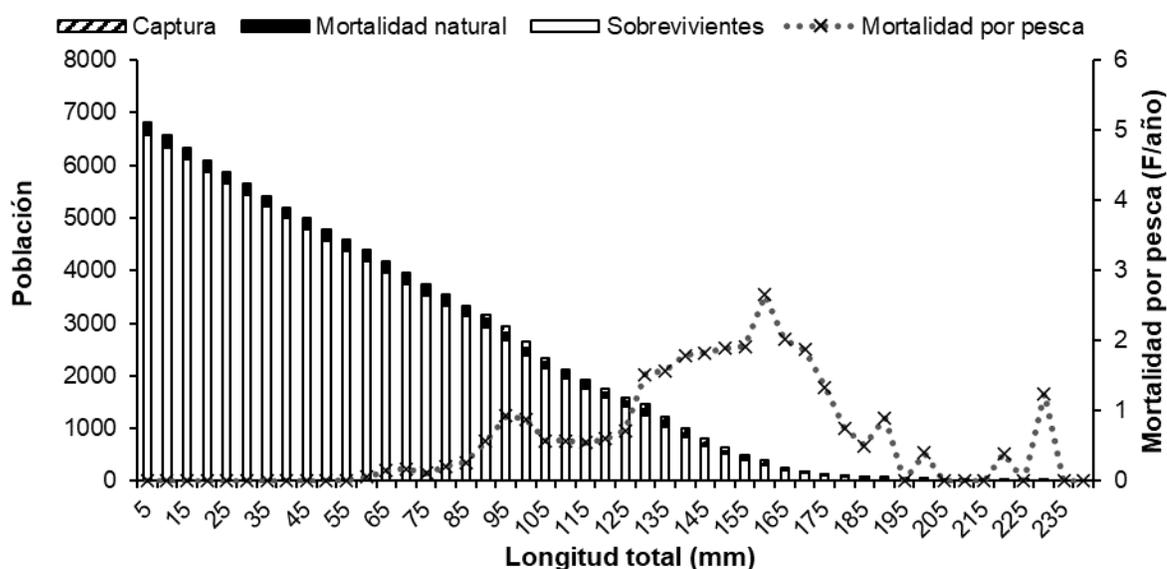


Figura 32. Abundancia y captura para cada clase de talla de la mojarra charrita *Eucinostomus gracilis* durante el periodo 1 (2002-2005) en la costa oriental del Golfo de California.

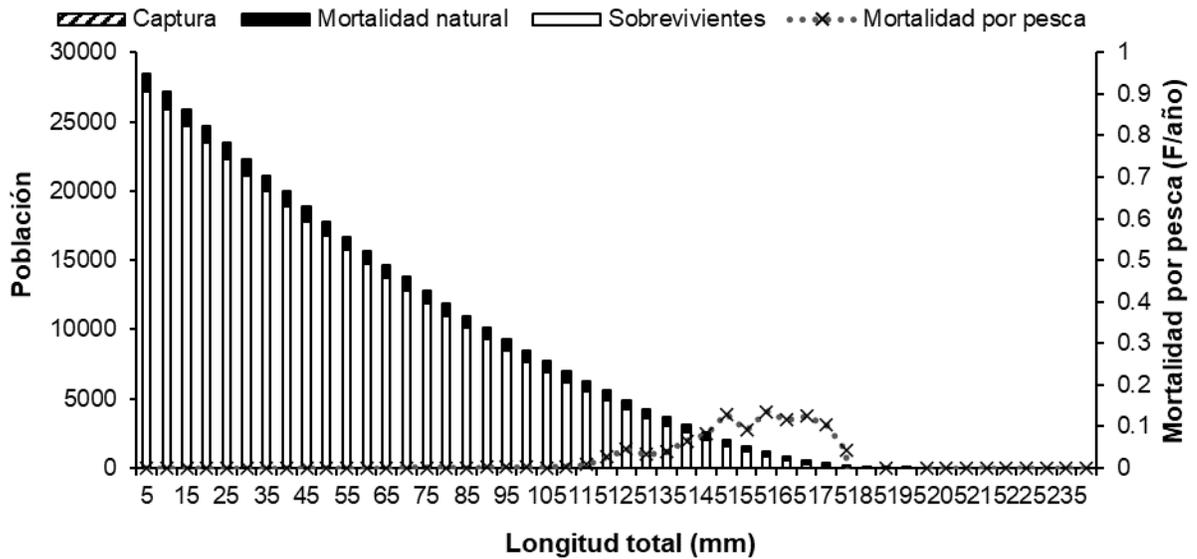


Figura 33. Abundancia y captura para cada clase de talla de la mojarra charrita *Eucinostomus gracilis* durante el periodo 2 (2007-2010) en la costa oriental del Golfo de California.

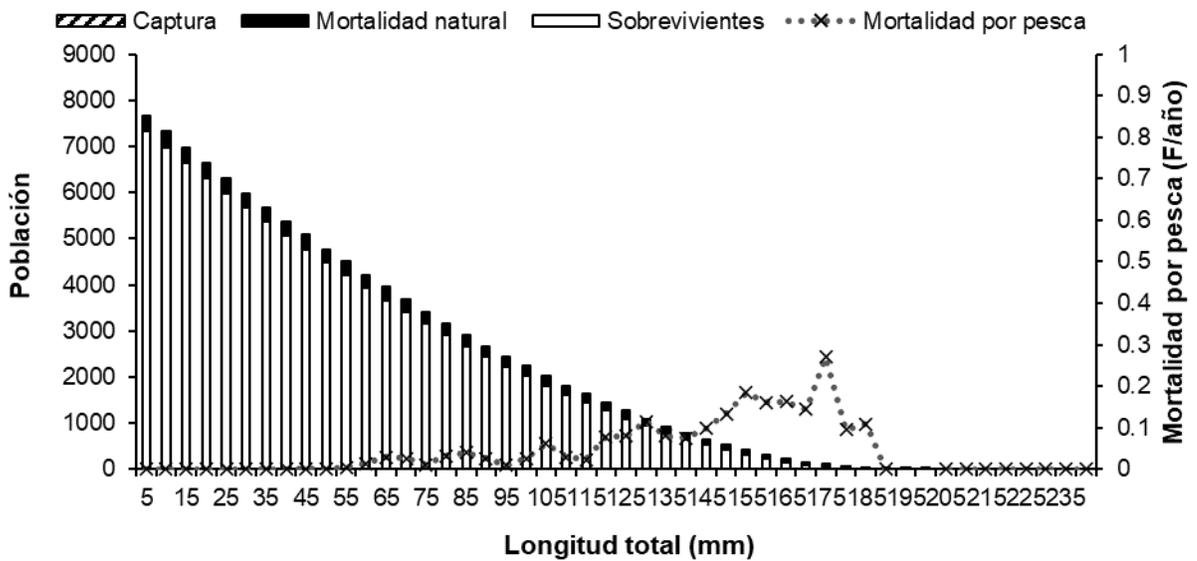


Figura 34. Abundancia y captura para cada clase de talla de la mojarra charrita *Eucinostomus gracilis* durante el periodo 3 (2011-2016) en la costa oriental del Golfo de California.

En cuanto a la abundancia N de la mojarra tricolor en el primer periodo se estimó una $N= 554,492$ organismos, las tallas con mayor índice de captura fueron las superiores a los 90 mm principalmente en las tallas alrededor de los 140 mm (Fig. 35), para el segundo periodo una $N= 62,089$ organismos con capturas centradas en las tallas superiores a 150 mm (Fig. 36), y finalmente en el tercer periodo se estimó una abundancia $N=43,717$ y sus capturas fueron principalmente tallas arriba de 120 mm (Fig. 37).

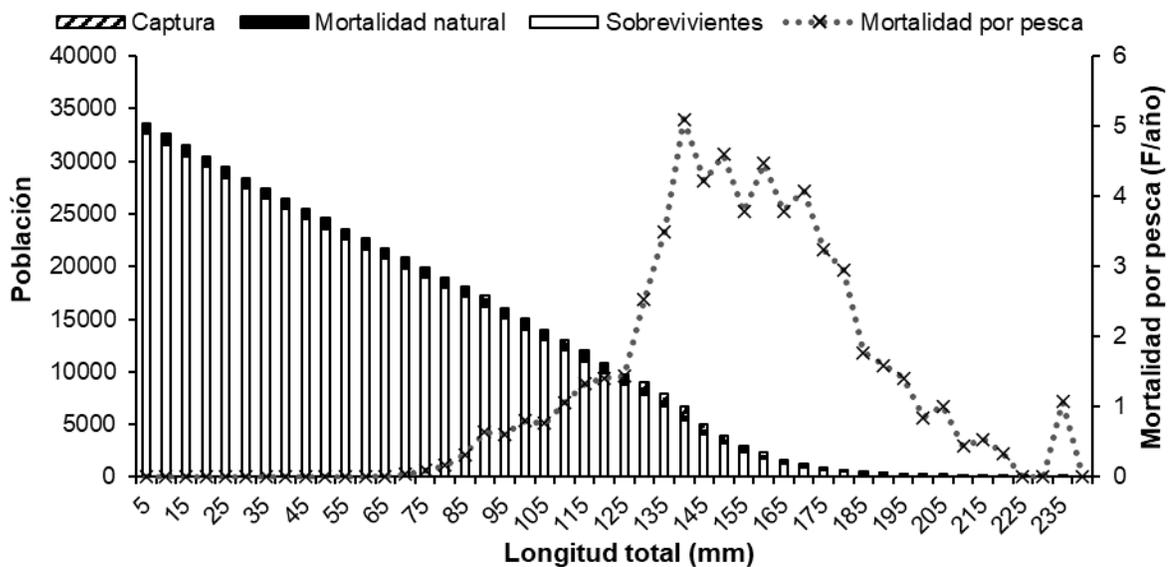


Figura 35. Abundancia y captura para cada clase de talla de la mojarra tricolor *Eucinostomus currani* durante el periodo 1 (2003-2005) en la costa oriental del Golfo de California.

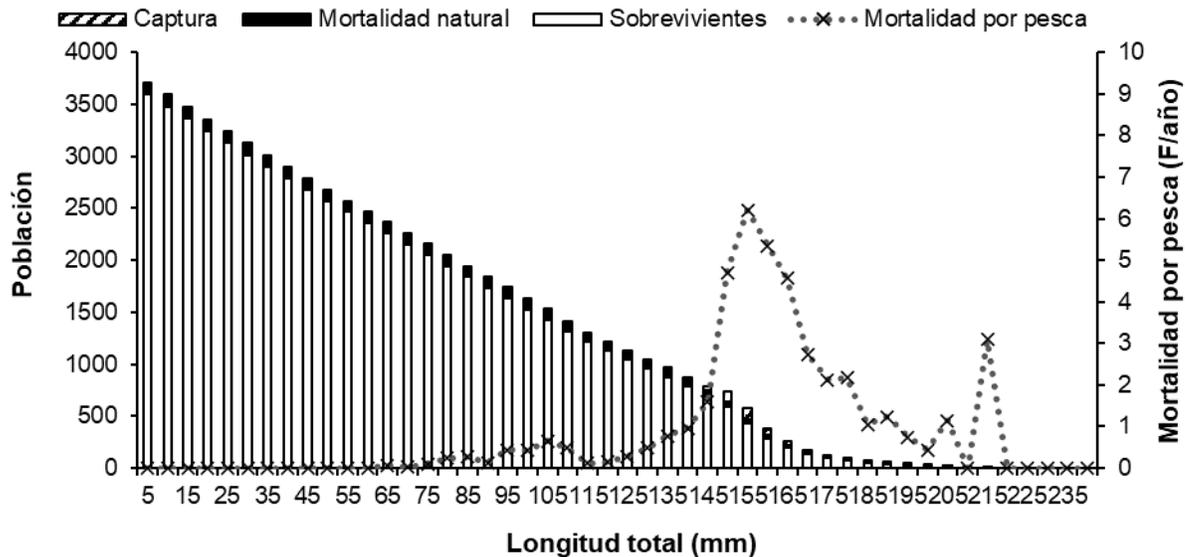


Figura 36. Abundancia y captura para cada clase de talla de la mojarra tricolor *Eucinostomus currani* durante el periodo 2 (2007-2010) en la costa oriental del Golfo de California.

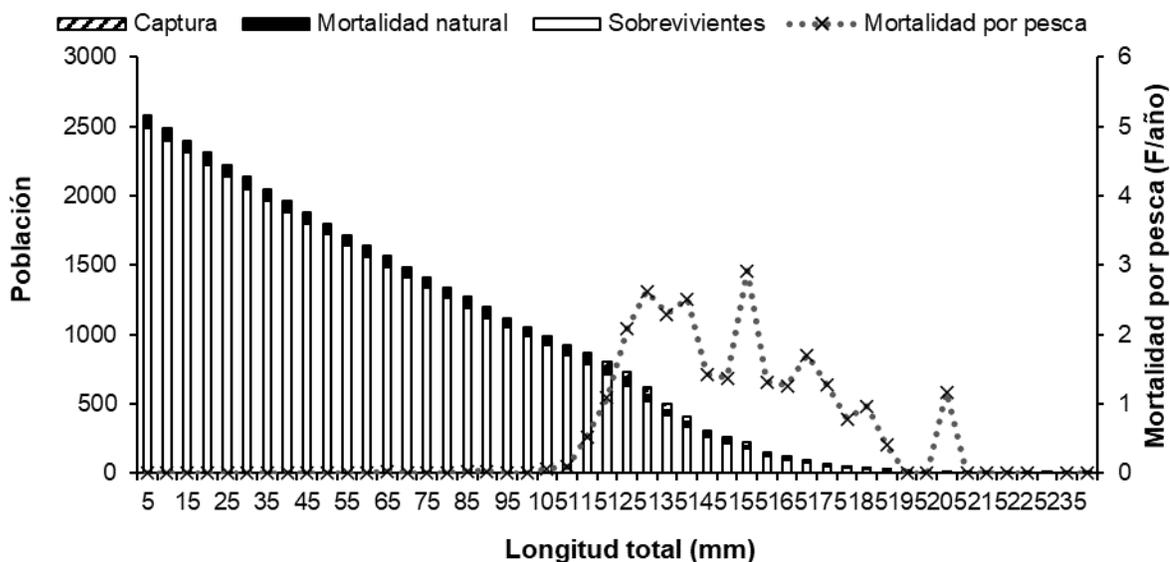


Figura 37. Abundancia y captura para cada clase de talla de la mojarra tricolor *Eucinostomus currani* durante el periodo 3 (2015-2016) en la costa oriental del Golfo de California.

7.3.6 Condiciones ambientales prevalecientes

Las condiciones ambientales prevalecientes durante los periodos analizados se muestran en la tabla XXI donde se muestran los eventos del ENSO y la intensidad reportada para cada ciclo de El Niño y La Niña. Así mismo, la tabla presenta características propias del análisis de distribución y dinámica poblacional de ambas mojarras por cada periodo.

Si bien en este estudio no se obtuvieron las variables ambientales directamente, se hizo una búsqueda de las condiciones del ambiente que prevalecieron durante el periodo analizado por medio de revisión bibliográfica.

Es conocido que el GC es complejo en términos de variabilidad climática (García-Morales *et al.*, 2017). presenta dos periodos separados por fases de transición, una fría con alta productividad biológica y otra cálida con baja productividad.

La distribución de la TSM en el GC durante el periodo cálido puede ser explicada por el hecho de estar comunicado directamente con el POT, lo cual permite la incursión de aguas superficiales del Ecuador y que dentro del GC se ven modificadas por la gran radiación solar y el efecto de la evaporación, lo cual genera un gradiente.

Durante el periodo frío, la TSM decrece dentro del GC debido a las mareas y el efecto de los vientos, principalmente en la región norte (RN) y la región de las grandes Islas (RGI) debido principalmente a la influencia de la mezcla por mareas en las islas y a que es más somero en el norte (Soto-Mardones *et al.*, 1999). Las bajas temperaturas son encontradas todo el año en el RGI, donde los vientos, mareas y fuertes corrientes a través del estrecho canal mezclan la columna de agua (Robles-Tamayo *et al.*, 2018).

En el periodo cálido, el calentamiento es tan alto que la diferencia entre estas regiones y las regiones RS y RC es menor (Soto-Mardones *et al.*, 1999).

López *et al.* (2006) reportan una disminución de la TMS en el RGI causada por una circulación particular que genera surgencias, mezclando bien la columna de agua y aumentando la productividad de la zona.

Una TMS más consistente en la entrada del GC permite que estos gradientes existan, permitiendo la variación en la duración de los periodos cálidos y fríos. En la zona más al sur la duración del periodo cálido es mayor, mientras que el periodo frío es más corto (Robles-Tamayo *et al.*, 2018).

Robles-Tamayo *et al.* (2020) realizaron un análisis de la distribución de la concentración de clorofila *a* (*Chl a*) como indicador de producción primaria en estas regiones, se basaron en datos mensuales desde julio 2002 a julio 2019, obtenidos a través de percepción remota. Como resultado encontraron un patrón de distribución de *Chl a* observado a lo largo de la costa oriental del GC con niveles máximos en marzo y mínimos en agosto. Así mismo, mencionan que existe una variación de frecuencias: anual, semianual, estacional e interanual; esta última estuvo relacionada con los fenómenos climatológicos de macro escala El Niño-La Niña, las cuales afectan la variabilidad en la concentración de *Chl a* en la región de estudio.

García-Morales *et al.* (2017) realizaron una caracterización temporal-espacial de los procesos de mesoescala y sus relaciones con las variaciones de la TSM y la concentración de *Chl a* utilizando datos derivados de satélites. Además, analizaron la influencia de las señales ENSO y PDO sobre la TSM, *Chl a* y variaciones del viento, así como su influencia sobre el ecosistema costero de Sonora en el GC. En su estudio, estos autores mencionan que la concentración promedio de *Chl a* muestra un patrón estacional con valores altos de noviembre a abril y valores bajos de mayo a octubre. Las concentraciones más altas de *Chl a* interanualmente fueron de 2004 a 2012 con una disminución temporal en 2010, posteriormente comenzó a disminuir a partir del 2013. En el análisis interanual de los índices climáticos de 2002 a 2015 se observó un periodo de cinco años de anomalías positivas desde 2002-2006, le siguió un periodo de restauración de anomalías

negativas de 2007-2013, exceptuando 2009 el cual presentó anomalías positivas. Los años que presentaron mayores anomalías fueron 2002 y 2009, ambos caracterizados como Niños moderados, y 2015, caracterizado por ser un Niño muy fuerte; por otro lado, los años con mayores anomalías negativas fueron 2007-2008 y 2010-2011, caracterizados como Niñas moderadas.

Tabla XXI. Condiciones ambientales prevalecientes y cambios en la distribución y algunos aspectos poblacionales de *Eucinostomus gracilis* y *Eucinostomus currani* en los periodos analizados. Los años marcados en negritas son los años en los que se realizaron los cruceros. GC= Golfo de California, L_{∞} = Longitud infinita o asintótica, K = coeficiente instantáneo de crecimiento, M = mortalidad natural, L_{50} = talla de primera madurez sexual. Periodo 1: de 2002 a 2005, periodo 2: de 2007 a 2010 y periodo 3: de 2011 a 2016 para *E. gracilis* y Periodo 1: de 2003 a 2005, periodo 2: de 2007 a 2010 y periodo 3: de 2015 a 2016 para *E. currani*.

Periodo	ENSO			Distribución	Abundancia	Crecimiento	Mortalidad natural (M)	L_{50}
	Evento	Años	Intesidad					
1	El Niño	2002 2003	Moderado	*Distribución a lo largo de la costa oriental del GC	Abundancia alta en <i>E. currani</i>	* L_{∞} más alto	M más baja en <i>E. gracilis</i> que en <i>E. currani</i>	L_{50} más alta en <i>E. gracilis</i> que en <i>E. currani</i>
	El Niño	2004 2005	Débil					
2	La Niña	2006	Fuerte	*Ampliación de la distribución hacia el norte del GC	Aumento de abundancia en <i>E. gracilis</i>	Aumenta K de <i>E. currani</i>	Disminuye M para <i>E. gracilis</i>	Disminuye L_{50} para <i>E. gracilis</i>
		2007 2008						
	El Niño	2009	Fuerte				Aumenta M para <i>E. currani</i>	Aumenta L_{50} para <i>E. currani</i>
3	La Niña	2010 2011	Fuerte					Aumenta L_{50} para <i>E. gracilis</i>
	El Niño	2012		*Contracción de la distribución en el GC	*Disminución de abundancia	* Disminuye K	* Disminuye M	
		2013						
		2014 2015	Muy Fuerte					Disminuye L_{50} para <i>E. currani</i>

Nota: * El dato se aplica para ambas especies

8. DISCUSIÓN

Muchos recursos marinos carecen de la información biológica o pesquera necesaria para evaluar las condiciones de sus poblaciones, de manera que pueda ser aprovechada de forma adecuada por el ser humano. Tanto la mojarra charrita *E. gracilis*, como la mojarra tricolor *E. curranii* se encuentran catalogadas como especies de preocupación menor en la lista roja de la IUCN, esto debido a la falta de información biológica/pesquera de ambas especies. Es por ello que se debe tener en cuenta fuentes de información biológicas sobre los organismos marinos que habitan en nuestros mares, datos sobre la distribución y abundancia, crecimiento individual, cambios en la composición de tallas y aspectos reproductivos (Cooper, 2006; Hilborn y Walter, 1992). Esta información se genera mediante la combinación de datos dependientes e independientes de la pesca (Cooper, 2006), es decir, datos no relacionados a la captura comercial (independientes) como los muestreos de investigación de redes de arrastre, por otro lado, los datos que dependen de la pesca (dependientes), como los recopilados por observadores a bordo de cruceros comerciales. Por lo que, la información aquí generada permite llenar parte del hueco de información de estas especies, coadyuvando a su conocimiento científico y la posibilidad de tomar decisiones de manejo sobre ambas especies en caso necesario.

8.1 Distribución y abundancia

Ambas especies son reportadas con una amplia distribución en el Pacífico Este siendo endémicas de la Provincia Biogeográfica del POT (Robertson y Allen, 2015). Dentro del GC son reportados por diversos autores como abundantes (López-Martínez *et al.*, 2010; López-Martínez *et al.*, 2011; Rábago-Quiroz, 2012; Rábago-Quiroz *et al.*, 2010, 2012) y recurrentes en las redes de arrastre de los barcos camaroneros, formando parte de la FAC. Dentro de los lances analizados en este estudio se observó un mayor porcentaje de lances positivos para la mojarra tricolor en comparación a la mojarra charrita, sin embargo, ambas

especies siguen un mismo patrón de distribución a lo largo de la costa oriental del GC.

Los lances positivos obtenidos en este estudio indicaron que las mojarra se encuentran distribuidas en todo el litoral de Sonora y norte de Sinaloa. Esto refleja que encuentran hábitat con las condiciones de fondo adecuadas, debido a que son peces demersales con preferencia a fondos suaves de arena o lodo (Yáñez-Arancibia y Sánchez-Gil, 1988), ya que el GC presenta una de las dos secciones más largas de costa con fondos blandos del POT, constituida principalmente por arena y lodo, con una extensión de alrededor de 300 km de longitud, así mismo, el norte del Golfo de California presenta condiciones de fondo ideales para peces demersales como las mojarra (Robertson y Allen, 2015). Esta región además se caracteriza por ser altamente productiva lo que proporciona una fuente importante de alimento para las especies marinas (García-Morales *et al.*, 2017), generando hábitats idóneos para múltiples especies y explicando en gran medida la alta diversidad de especies (López-Martínez *et al.*, 2010).

Diversos autores consideran al GC como un ambiente complejo y productivo (García-Morales *et al.*, 2017; Herrera-Cervantes, 2010; Lluch-Cota, 2000; Lluch-Cota *et al.*, 2010; Páez-Osuna *et al.*, 2017). Las distintas zonas presentan características ambientales que forman un gradiente dentro del golfo. Espinosa-Carreón y Valdez-Holguín (2007) indican que el GC muestra un gradiente de concentración respecto a la biomasa fitoplanctónica, donde encuentran la región de la boca como oligotrófica, incrementándose hacia una región mesotrófica en la parte central y termina con una región eutrófica que comprende toda la región de la costa oriental del GC (Sonora, Sinaloa, Nayarit y parte de Jalisco), así como la región de las grandes islas. Por otro lado, presenta un gradiente en la temperatura del mar, debido al hecho de estar directamente comunicado con el POT, permitiendo así la incursión de aguas superficiales del Ecuador y la alta radiación solar y el efecto de evaporación causada por esta (Robles-Tamayo *et al.*, 2018). La región sur (RS) del GC tiende a tener una transición de aguas cálidas de

verano más amplia (siete meses) que el resto del golfo, mientras que en la región norte (RN) a pesar de tener periodo de transición de verano más corto, las temperaturas altas encontradas pueden ser explicadas por la poca profundidad, y la región de las grandes islas (RGI) con un rango de temperaturas más amplio, llegando a temperaturas más bajas que el resto del GC (Robles-Tamayo *et al.*, 2018) .

Los peces son organismos ectotermos, es decir, son incapaces fisiológicamente de mantener una temperatura diferente a la del medio ambiente en el que se sitúan (Casterlin y Reynolds, 1980), por lo que, al desplazarse en el agua tienden a seleccionar aquellos intervalos térmicos donde la temperatura sea óptima y no presente una limitación en sus procesos fisiológicos. Mora y Ospina (2001, 2002) obtuvieron una ventana de temperatura que soporta *E. gracilis*, donde describe los límites de tolerancia como mínima 12.5°C y máxima 36°C, aludiendo a la capacidad euritérmica de la especie, lo que le permite distribirse en los distintos ambientes del GC, coincidiendo con los resultados aquí obtenidos para ambas especies.

Interanualmente, fue obvio un cambio entre los diferentes periodos analizados. En estaciones cálidas hubo una tendencia a distribirse principalmente en la región de las grandes islas, zona caracterizada por tener una temperatura relativamente más fría que en el resto del GC durante todo el año (Nevárez-Martínez *et al.*, 2001; Robles-Tamayo *et al.*, 2018) y ser altamente productiva (Escalante *et al.*, 2013, Espinosa-Carreón y Valdez-Holguín, 2007; Robles-Tamayo *et al.*, 2020). Igualmente, se presentó en la región centro y sur del litoral zonas altamente productivas al ser áreas de surgencias.

El tercer periodo de tiempo analizado presentó condiciones adversas para las especies de interés, debido a la ocurrencia de un evento El Niño muy fuerte, donde se pudo observar una contracción de la distribución hacia al sur, así como un menor porcentaje de lances positivos en ambas especies. Por otro lado, El segundo periodo de tiempo analizado estuvo caracterizado por aguas frías debido

a dos eventos La Niña y se observó que ambas especies de mojarra se encontraron a lo largo de toda la costa oriental del GC.

Si bien se ha mencionado que la distribución de ambas especies es similar, la literatura indica que la distribución de la mojarra charrita está acotada a los primeros dos tercios del GC (Robertson y Allen, 2015), sin embargo, dentro del análisis de distribución efectuado, con base en los lances positivos de los muestreos realizados, se pudo observar que la mojarra charrita se presentó frente a las costas de Puerto Peñasco (-113.45408° O, 31.06733° N), distribución más al norte en comparación a las reportadas en los mapas de distribución de esta especie. El lance positivo corresponde al segundo periodo, por lo cual la influencia de aguas más frías dentro del GC originó una ampliación de la distribución de esta especie hacia más al norte, por lo que aquí se reporta una ampliación de hábitat para la especie.

Dado que la productividad disminuye durante eventos de El Niño y es significativamente mayor que en años donde no se presenta este evento (Escalante *et al.*, 2013; Thunell, 1998), los bajos niveles de surgencias son el resultado de una alta TMS y cambios en el patrón de vientos en el GC, lo que afecta la producción de las principales áreas de alimentación, así como el crecimiento y desove de las mojarras, por lo que, los cambios en la distribución y abundancia de las mojarras pueden ser resultado del cambio de intensidad de estas variables ambientales.

8.2 Dinámica poblacional

Las mediciones de longitud y peso se ajustaron a un modelo potencial con un tipo de crecimiento isométrico, coincidiendo con lo reportado para ambas especies (Aguirre *et al.*, 2008; Cota-Gómez *et al.*, 2013; González-Acosta *et al.*, 2004; López-Martínez *et al.*, 2011, Ruíz-Ramírez *et al.*, 1997; Velázquez-Velázquez *et al.*, 2009). El análisis de las relaciones biométricas de los datos separados por periodos de años fue similar entre periodos con coeficientes de isometría que

indican un crecimiento alométrico positivo para *E. currani*, coincidiendo con lo reportado por Aguirre *et al.* (2008), mientras que *E. gracilis* muestra un tipo de crecimiento isométrico. En general, esta condición biológica significa que el crecimiento en peso es proporcional con el crecimiento en longitud (caso del *E. gracilis*), o una proporción mayor en el crecimiento en peso (caso de *E. currani*), sin embargo, esta situación puede variar entre especies y estar relacionado con la época del año, alimentación, estado de madurez, variables ambientales, y en el caso de alometría positiva, con el lento crecimiento de los organismos de tallas más grandes (Gómez *et al.*, 2002). Lo anterior explicaría el tipo de crecimiento de *E. currani* específicamente en el tercer periodo, pasando a ser alométrico negativo, debido a la disponibilidad dada por la productividad del área o, ya que las condiciones ambientales fueron extremas por la ocurrencia de un evento El Niño muy fuerte en 2015, elevando la temperatura del mar y disminuyendo la productividad del golfo. Lo anterior coincide con lo planteado por Mexicano-Cíntora (1999), quien menciona que la relación longitud-peso varía dependiendo de la temporada del año o de la madurez de los individuos.

Las estructuras de tallas de ambas especies presentaron un rango de tallas similar y en ambos casos no se encontraron organismos menores a los 45 mm, por lo que no se contó con juveniles. Lo anterior coincide con De la Cruz-Agüero *et al.* (1996) que sugieren que los organismos juveniles, comúnmente se encuentran en regiones estuarinas, manglares y deltas de ríos alejados de la costa, mientras que los adultos se distribuyen en zonas más profundas.

El análisis multinomial muestra la presencia de cinco cohortes y sus tallas medias, el análisis de las cohortes a través del tiempo (distintos muestreos) permitió asignarle una edad relativa, partiendo de que los organismos de talla media de ~60 mm tenían una edad de 5 meses (esto observando la curva de crecimiento reportada por López-Martínez *et al.* (2011).

La selección del modelo de crecimiento que se ajustó a los datos a través de inferencia multimodelo mostró que el crecimiento tanto la mojarra charrita como la

mojarra tricolor siguen la cinética del modelo de von Bertalanffy, mostrando una curva de crecimiento más acelerada en las primeras fases y disminuyendo gradualmente hasta alcanzar una longitud máxima o asíntota.

De acuerdo con López-Martínez et al. (2020), el VBGM y la interpretación de los valores de sus parámetros están basados en procesos fisiológicos y bioenergéticos; en otras palabras, el crecimiento es el resultado de dos procesos metabólicos opuestos, el anabolismo y catabolismo. Siendo el anabolismo predominante en estadios juveniles y el catabolismo en estadios avanzados de las especies (Katsanevakis y Maravelias, 2008; Palomares y Pauly, 2009; von Bertalanffy, 1938, 1957), una característica común en casi todas las especies existentes. Por lo tanto, el VBGM ha sido el modelo más aceptado y utilizado para describir el crecimiento de los peces y especies de invertebrados marinos (Katsanevakis, 2006; Katsanevakis y Maravelias, 2008; Kimura, 1980; Lorenzen, 2016; Palomares y Pauly, 2009; Ricker, 1975), por lo que se considera una de las piedras angulares de la biología pesquera (Quinn y Deriso, 1999).

Una vez observando esto y considerando el buen ajuste al modelo del von Bertalanffy obtenido, se obtuvieron los parámetros de crecimiento por medio de métodos electrónicos basados en tallas para los tres periodos de análisis.

El crecimiento presentó variaciones en los diferentes periodos analizados, si bien se tiene conocimiento que la ausencia de tallas pequeñas puede generar un sesgo en la estimación de los parámetros de crecimiento, este estaría presente en todos los periodos ya que el tipo de muestreo para el análisis se llevó a cabo mediante la misma metodología.

En este estudio se aprecian variaciones en los parámetros de crecimiento a través del tiempo. En *E. currani* se observa una disminución de L_{∞} progresiva del primer periodo hasta el tercer periodo, esto es, una disminución en talla máxima, mientras que el coeficiente instantáneo de crecimiento K aumentó en el segundo periodo analizado periodo caracterizado por una alta variabilidad ambiental y la ocurrencia

de un evento La Niña fuerte, enfriando las aguas. Sin embargo, vuelve a disminuir en el grupo 3, periodo con altas temperaturas donde ocurre un evento El Niño muy fuerte en 2015. Lo anterior muestra que en el caso de las mojarra eventos extremos (El Niño y La Niña), modificaron el hábitat y generaron condiciones estresantes, afectando el crecimiento de las especies.

Se conoce que las características del área en las que se desarrolla una población son un factor importante en las variaciones de los parámetros de crecimiento de algunas especies (Morales y González, 2010) y que tanto la temperatura como la abundancia poblacional son factores que influyen sobre el crecimiento somático (Gómez-Larrañeta, 1967). Es conocido que muchas de las especies tropicales y subtropicales habitan en ambientes donde la temperatura puede estar muy cercana a sus límites térmicos, haciéndolas susceptibles a eventos de aumentos anormales en la temperatura (Carveth *et al.*, 2006; Díaz *et al.*, 2002). También se sabe que las fluctuaciones en la temperatura diaria o estacional influyen en el costo metabólico para mantener diversos procesos fisiológicos como el crecimiento y alimentación (Miegel *et al.*, 2010; Secor, 2009; Tirsgaard *et al.*, 2015).

López-Martínez *et al.* (2011) reportaron los parámetros de crecimiento de la mojarra tricolor *E. currani* en el GC y estimaron una longitud asintótica L_{∞} y un coeficiente instantáneo de crecimiento K menor al de este estudio ($L_{\infty}= 218$ mm y $K= 0.85^{-\text{año}}$). Sin embargo, los parámetros de crecimiento de la mojarra charrita *E. gracilis* no habían sido reportados, por lo que este estudio reporta por primera vez los valores de los parámetros de crecimiento de esta especie en la zona de estudio.

Otros estudios de crecimiento han descrito los parámetros de algunas especies del género *Eucinostomus*. Así, Mexicano-Cíntora (1999) y García-Duarte (2006) presentan valores muy similares de K y L_{∞} para la mojarra española *E. gula* en el Caribe, donde indican que estas especies reflejan un crecimiento acelerado de manera que alcanzan el 50% de su talla máxima en los primeros dos años de vida.

Se conoce que el rápido crecimiento es una estrategia de las especies que les permite alcanzar la madurez sexual rápidamente para reproducirse, medida que le confiere una ventaja ante la depredación (Morales y González, 2010; Tagliafico *et al.*, 2008). Sin embargo, se puede apreciar que los valores más altos del coeficiente instantáneo de crecimiento se dan en el segundo periodo, mismo periodo donde se da una talla de primera madurez sexual más alta que el resto de los grupos, ya que en estos las condiciones fueron menos favorables. Ciertos estudios sugieren que los organismos asignan la energía enfocándose en alcanzar la madurez sexual con fines reproductivos en lugar del crecimiento somático como respuesta a condiciones de escasez de alimento (Booth *et al.*, 2010; Clarke y Johnston, 1999), por otro lado, las mojarra tienen que alcanzar entre el 60 y 80% de su talla máxima para llegar a la madurez sexual. La talla de primera madurez sexual L_{50} se refiere a la longitud media donde por lo menos la mitad de los individuos adultos de una población alcanzan la madurez sexual por primera vez, y esta longitud puede ser utilizada como base para establecer los límites de talla de primera captura en una pesquería (Cooper, 2006).

La única estimación publicada de mortalidad de *E. currani* indica que la mortalidad natural fue $M= 1.53^{-\text{año}}$, mortalidad total $Z= 2.73^{-\text{año}}$ y una mortalidad por pesca $F= 1.2^{-\text{año}}$, así como una tasa de explotación $E=0.43^{-\text{año}}$, y se menciona que los valores de la mortalidad por pesca y la tasa de explotación de esta especie sugieren una población saludable (López-Martínez *et al.*, 2011). En este trabajo los resultados de M son mayores a los reportados en *E. gracilis*, pero menores que los de *E. currani*, sin embargo, los valores de mortalidad por pesca son mucho más bajos que los reportados por este autor, esto se puede deber a que los datos analizados en esta investigación constan de un conjunto de años, mientras que López-Martínez *et al.* (2011) basan su análisis en datos del 2004, teniendo este trabajo por lo tanto un estimado más robusto por la gran cantidad de información analizada. Los valores bajos de mortalidad por pesca son debido a que ninguna de las dos especies es considerada un recurso pesquero y sus capturas son

principalmente de carácter incidental. Debido a esto, la tasa de explotación de ambas especies es muy baja ($E < 0.5$) por lo cual la población de *E. gracilis* y *E. currani* se encuentra subexplotada (Gulland, 1971), pudiendo ser un recurso alternativo si se revisa la existencia de mercado para ellas.

Las curvas de mortalidad por pesca se centran en longitudes intermedias (~135 mm en adelante), mientras que las tasas de mortalidad por pesca son menores por debajo (tallas pequeñas) y por encima (tallas mayores) formando un patrón parcial de captura por pesca en forma de “domo”.

Los parámetros poblacionales se encuentran altamente relacionados entre sí, Beverton y Holt mencionan que tanto la edad máxima (T_{max}) y mortalidad natural M , así como la longitud asintótica L_{∞} y el coeficiente instantáneo de crecimiento K están estrechamente correlacionados (inversamente), por lo que sí existe una relación entre T_{max} y L_{∞} , es decir, la longitud asintótica está relacionada directamente con la edad máxima que pueden llegar a tener los organismos, entonces también existe una relación entre M y K . Por lo que mencionan que un valor alto de K está asociado a un valor bajo de L_{∞} y valor alto de M (Jensen, 1996).

Algunos autores indican que el coeficiente instantáneo de crecimiento y la mortalidad natural son proporcionalmente relacionadas (Charnov, 1993), de manera que entre mayor sea el valor de K , mayor será el valor de M , esta relación se pudo observar en los valores calculados en este estudio. Jensen (1996) actualizó las ecuaciones de Beverton-Holt ($M/K=1.5$, $L_m/L_{\infty}=0.66$ y $M \times T_m=1.65$) y menciona que la obtención de las relaciones invariantes de Beverton y Holt maximizando la función de fecundidad proporcionan estimaciones de las constantes C_1 , C_2 y C_3 , que se pueden comparar con los valores obtenidos cuando con los parámetros entre especies se realizan regresiones entre sí. De manera que al tener los valores de parámetros que se puedan estimar de manera más fácil, como en el caso de los parámetros de crecimiento K y L_{∞} , se pueden realizar relaciones con otras variantes y obtener sus valores a través de relaciones

empíricas. Teniendo en cuenta los valores de los parámetros poblacionales en este estudio, una vez hecho los cálculos, estas se asemejan a las invariantes de Beverton actualizadas por Jensen (1996).

En este trabajo se pudo observar una mortalidad natural M mayor en el caso de la mojarra tricolor *E. currani* en comparación a la mojarra charrita *E. gracilis*, por ello, surge la duda de si son especies cercanas que cuentan con la misma distribución y ambiente, cómo es que presentan valores de mortalidad natural distinta, lo cual pudiera ser explicado por la influencia que el medio ambiente circundante ejerce en el metabolismo de las especies y su respuesta fisiológica al mismo. Este es un tema de investigación que debería ser dilucidado en un futuro mediante investigación de laboratorio de bioenergética, resaltando una línea de investigación necesaria a futuro, para entender la respuesta de estas especies al ambiente tan cambiante del Golfo de California.

9. CONCLUSIONES

- La costa oriental del Golfo de California presenta condiciones ideales tanto de fondo como de zonas de alimento y crianza para peces demersales como las mojarras. La mojarra charrita *Eucinostomus gracilis* y la mojarra tricolor *Eucinostomus currani* se distribuyen a lo largo de toda la costa oriental del GC, tanto en la región norte, centro, sur y región de las grandes islas.
- Si bien ambas especies son euritérmicas con una amplia distribución en aguas tropicales y subtropicales, se observaron agregaciones en zonas con aguas más frías y productivas (como el caso de la región de las grandes islas o la costa sur de Sonora y costa norte de Sinaloa).
- La distribución de la mojarra charrita ha sido reportada dentro de las primeras dos terceras partes del Golfo de California, sin embargo, en este estudio se pudo observar una distribución más al norte en las costas de Puerto Peñasco, siendo este por lo tanto un reporte de ampliación de hábitat de la especie.
- Eventos como El Niño y La Niña inducen cambios en la distribución y los parámetros poblacionales de ambas especies. Se observó una menor distribución dentro del GC en eventos El Niño cuando las temperaturas del agua son más elevadas, o caso contrario, una incursión más al norte durante eventos La Niña.
- Los datos de longitud-peso se ajustaron a un modelo potencial. El tipo de crecimiento relativo de ambas especies en general es isométrico, con variaciones de acuerdo con periodos cálidos o fríos. Los cambios del coeficiente de isometría de cada una de las especies a través del tiempo pueden estar sujetos a las variaciones ambientales que promueven cambios en la disponibilidad de alimento.
- El análisis multinomial indica que se pueden encontrar hasta cinco cohortes en las capturas.

- El crecimiento de ambas especies mostró un crecimiento acelerado en las primeras etapas de su ciclo de vida y una disminución en la velocidad de crecimiento en edades mayores, ajustándose al modelo de crecimiento de von Bertalanffy, corroborado por el uso de la inferencia multimodelo, donde el peso de Akaike fue mayor para este modelo de crecimiento.
- Los parámetros de crecimientos estimados por métodos electrónicos variaron entre periodos de años en ambas especies. Las anomalías del índice de funcionamiento del crecimiento Φ' indican una tendencia negativa para ambas especies, especialmente en el tercer periodo caracterizado por temperatura muy cálida en el Golfo de California debido a la ocurrencia de un evento El Niño muy fuerte. Por otro lado, la mojarra tricolor presentó un crecimiento mayor el segundo periodo cuando ocurrió un evento La Niña.
- Las mortalidades naturales de ambas especies son distintas entre sí. A pesar de ser valores bajos, existe una diferencia entre ambas especies aun cuando comparten hábitat y condiciones similares, dado que ambas especies muestran una estructura de tallas similar (sin individuos con tallas menores a los 45 mm). Una explicación plausible a esta observación podría ser que la mortalidad está ampliamente ligada al coeficiente instantáneo de crecimiento, mismo que difiere de una especie a otra. Esta diferencia pudiera ser explicada por la influencia que el medio ambiente circundante ejerce en el metabolismo de las especies y su respuesta fisiológica al mismo. Esta es una línea de investigación que se sugiere desarrollar en un futuro.
- La mortalidad por pesca es baja debido a que ambas especies no son un recurso de la pesca comercial, las principales tallas afectadas por la mortalidad por pesca son las tallas intermedias (~135 mm) por lo que las capturas presentan una forma de domo. La tasa de explotación de ambas especies se encuentra muy por debajo del 0.5, lo que indica que estas especies están subexplotadas.

- El uso de información obtenida vía cruceros y observadores a bordo de barcos comerciales permite generar datos más completos que posibilitan el análisis de las poblaciones. El conocimiento de la dinámica poblacional y la distribución de especies que no se encuentran explotadas permite contar con las bases para un futuro aprovechamiento de nuevos recursos.

10. LITERATURA CITADA

Abas, M. 2018. Potencial de adaptación de peces arrecifales del occidente de México frente al cambio climático. Tesis (Maestría en Ciencias Marinas y Costeras). La Paz, B.C.S., México. Universidad Autónoma de Baja California Sur. 107 p.

Acevedo-Cervantes, A. 1997. Caracterización ecológica de la comunidad íctica de la Laguna Ojo de Liebre, B.C.S., México. Tesis (Maestría en Ciencias). CICIMAR-IPN. La Paz, B.C.S. México. 108 p.

Acevedo-Cervantes, A., J. López-Martínez, E. Herrera-Valdivia, J. Rodríguez-Romero. 2009. Análisis de la abundancia, dominancia y diversidad de la comunidad de peces demersales de profundidad de 90 a 540 metros en el Golfo de California, México. *Intercencia*. 34(9):660-665.

Aguirre, H., F. Amezcua, J. Madrid-Vera y C. Soto. 2008. Length–weight relationship for 21 fish species from a coastal lagoon in the southwestern Gulf of California. *J. Appl. Ichthyol.* 24:91-92.

Aguirre-León, A., A. Yáñez-Arancibia, D. Pauly. 1989. Recruitment model of *Eucinostomus gula* (Pisces: Gerreidae) in the southern Gulf of Mexico: life history with tropical estuary-shelf interrelationships. *Am. Fish. Soc. Symp.* 13:21-26.

Álvarez-Borrego, S. 2007. Oceanografía de la región de las grandes islas. En: Danemann, G. D., Ezcurra, E. (eds). Bahía de Los Ángeles: recursos naturales y comunidad. Línea base 2007. Instituto Nacional de Ecología. Primera edición. México. pp 45-65.

Álvarez-Borrego S, J. R. Lara-Lara. 1991. The physical environment and primary productivity on the Gulf of California. En: Dauphin, J.P., B. Simoneit. (eds.), The Gulf and Peninsular Province of the California. American Association of Petroleum Geologists, Tulsa. pp 555–567.

Álvarez-Molina, L. L., S. Álvarez-Borrego, J. R. Lara-Lara, S. Marinone. 2013. Annual and semiannual variations of phytoplankton biomass and production in the central Gulf of California estimated from satellite data. *Cienc. Mar.* 39:217-230.

Amezcua-Linares, F. 1990. Los peces demersales de la plataforma continental del Pacífico central de México. Tesis (Doctorado en Ciencias del Mar). Universidad Autónoma de México. D.F., México. 263 p.

Amezcua-Linares, F. 2009. Peces demersales del Pacífico de México. *Rev. Mex. Biodivers.* 81:323-327.

Balart, E. F., J. Laudino-Santillán, D. Sánchez-Aguilar, L. Campos-Dávila, E. Amador-Silva. 2002. Red crab and soft-bottom fishes along the Pacific Shelf of the western coast of Baja California Sur during El Niño 1997-1998. *Invest. Mar.* 30:133-134.

Barange, M., R. I. Perry. 2009. Repercusiones físicas y ecológicas del cambio climático en la pesca de captura marina y continental y en la acuicultura. En K. Cochrane, C. De Young, D. Soto, T. Bahri (eds). Consecuencias del cambio climático para la pesca y la acuicultura: visión de conjunto del estado actual de los conocimientos científicos. FAO Documento Técnico de Pesca y Acuicultura, No. 530. Roma, FAO. pp. 7-118.

Barjau-González, E. 2003. Estructura de la ictiofauna asociada a fondos blandos en laguna San Ignacio, Baja California sur, México. Tesis (Maestría en Ciencias). CICIMAR. La Paz B.C.S., México. 126 p.

Barjau-González, E., F. Galván-Magaña, L. A. Abitia-Cárdenas, X. G. Moreno-Sánchez y J. Rodríguez-Romero. 2014. Zoogeographic Analysis of the Fish Fauna Associated with Soft Bottoms during El Niño-La Niña (98-99) en San Ignacio Lagoon, Baja California Sur, Mexico. *J. Biodivers. Biopros. Dev.* 1(123):2.

Bearez, B., A. van der Heiden, A. Acero, P. Rojas, R. Betancur y H. Espinosa. 2010. *Eucinostomus currani*. The IUCN Red List of Threatened Species 2010: e.T183675A8156386.

<http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.20103.RLTS.T183675A8156386.en>. Octubre, 2019.

Bograd, S. J., T. K. Chereskin, D. Roemmich. 2001. Transport of mass, Heat, Salt, and Nutrients in the Southern California Current System: Annual Cycle and Interannual Variability. *J. Geophys. Res.* 106:9255-9275.

Bonilla-Gómez, J. L., M. Badillo-Alemán, A. Gallardo-Torres, X. Chiappa-Carrara. 2013. Temporal variation, growth and natural mortality of two species of mojarras (Perciformes: Gerreidae) from a tropical coastal lagoon: La Carbonera, Yucatan, Mexico. *Rev. Mar. Cost.* 5:57-67.

Booth, M. A., G. L. Allan, I. Pirozzi. 2010. Estimation of digestible protein and energy requirements of yellowtail kingfish *Seriola lalandi* using a factorial approach. *Aqua.* 307(3-4):247-259.

Box, E. G., J. H. Stuart, W. G. Hunter. Estadística para investigadores. Diseño, innovación y descubrimiento. Wiley, Barcelona, España. 640p.

Brusca, R. C., L. T. Findley, P. A. Hastings, M. E. Hendrickx, J. T. Cosio, A. M. van der Heiden, R. Felger. 2005. Macrofaunal diversity in the Gulf of California. En: Cartron, J. L. E., G. Ceballos, R. S. Felger (eds). Biodiversity, ecosystems, and conservation in Northern Mexico. Oxford University Press. Nueva York. 179p.

Burnham, K. P, D. R. Anderson. 2002. Model selection and multimodel inference: A practical information-theoretic approach. Springer. Segunda edición. Nueva York. 448p.

Carveth, C. J., A. M. Widmer, S. A. Bonar. 2006. Comparison of Upper Thermal Tolerances of Native and Nonnative Fish Species in Arizona. *Trans. Am. Fish. Soc.* 135(6):1433-1440.

Casterlin, M. E., W. W. Reynolds. 1980. Thermoregulatory Behavior of a Tropical Marine Fish *Canthigaster jactator* (Jenkins). *Hydrobiol.* 70(3):269-270.

Castro-Aguirre, J. L. 1978. Catálogo sistemático de los peces marinos que penetran a las aguas continentales de México con aspectos zoogeográficos y ecológicos. *Dir. Gral. Inst. Nal. Pesca, México. Ser. Cien.* 19:1-298.

Castro-Aguirre, J. L., J. Arvizú-Martínez, J. Páez. 1970. Contribución al conocimiento de los peces del Golfo de California. *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat.* 31:107-181.

Castro-Aguirre, J. L., F. E. Balart, J. Arvizú-Martínez, F. De la chica-Bonilla. 1994. Análisis comparativo de las comunidades ícticas de fondos blandos y someros de la Bahía de La Paz, Baja California Sur, México. En: IV Congreso Nacional de Ictiología. Morelia Michoacán.

Castro-Longoria, R., J. M. Grijalva-Chon, R. H. Barraza-Guardado, J. C. Aguirre-Rosas. 1991. Descripción de los principales rasgos estructurales de la comunidad ictiológica y zooplancton del estero El Sargento, Sonora. Informe Técnico. Universidad de Sonora, México.

Chávez, F. P., P. G. Strutton, G. E. Friederich, R. A. Feely, G. C. Foley, M. J. McPhaden. 1999. Biological and chemical response of the equatorial Pacific Ocean to the 1997-1998 El Niño. *Sci.* 286:2126-2131.

Charnov, E. L. 1993. Life history invariants: some explorations of symmetry in evolutionary ecology. Sexta edición. Oxford University Press. USA. 167p.

Clark, T. D., E. Sandblom, F. Jutfelt. 2013. Aerobic scope measurements of fishes in an era of climate change: respirometry, relevance and recommendations. *J. Exp. Biol.* 216(15):2771–2782.

Clarke, A., N. M. Johnston. 1999. Scaling of metabolic rate with body mass and temperature in teleost fish. *J. Anim Ecol.* 68:893–905.

Cooper, A. B. 2006. A Guide to Fisheries Stock Assessment: From Data to Recommendations. New Hampshire Sea Grant, Durham, NH. 41p

Coronado-Molina, C., F. Amezcua-Linares. 1988. Distribución y abundancia de los peces demersales de la costa de Guerrero en el Pacífico de México. *An. Inst. Cienc. Del Mar y Limnol. UNAM.* 15(2):67-94.

Cota-Gómez, V. M., G. De La Cruz-Agüero, F. J. García-Rodríguez, J. De La Cruz-Agüero. 2013. Length–weight relations for 14 fish species of La Paz Bay, Baja California Sur, México. *Acta Ichthyol. Piscat.* 43(4):297-298.

Daw, T., W. N. Adger, K. Brown, M. C. Badjeck. 2009. El cambio climático y la pesca de captura: repercusiones potenciales, adaptación y mitigación. En: K. Cochrane, C. De Young, D. Soto, T. Bahri (eds). Consecuencias del cambio climático para la pesca y la acuicultura: visión de conjunto del estado actual de los conocimientos científicos. FAO Documento Técnico de Pesca y Acuicultura, No. 530. Roma, FAO. pp. 119–168.

De la Cruz-Agüero, J., M. Arellano-Martínez, V. M. Cota-Gómez. 1996. Lista sistemática de los peces marinos de las lagunas de Ojo de Liebre y Guerrero Negro, B.C.S. y B.C., México. *Cienc. Mar.* 22(1):111-128.

De La Cruz-Agüero J., F. J. García-Rodríguez, G. De La Cruz-Agüero, B. P. Díaz-Murillo. 2012. Identification of gerreid species (Actinopterygii: Perciformes: Gerreidae) from the Pacific coast of Mexico based on sagittal otolith morphology analysis. *Acta Ichthyol. Piscat.* 42(4):297–306.

do Carmo-SILVA, J. P., R. da Silva-SANTOS, M. Rodrigues-da COSTA, F. Gerson-Araujo. 2014. Parâmetros de crescimento e mortalidade de *Eucinostomus argenteus* (Baird & Girard, 1854) capturados no manguezal de Guaratiba, Baía de Sepetiba, RJ. *Bol. Inst. Pesca.* 40:657-667.

Díaz, F., E. Sierra, D. Re, L. Rodríguez. 2002. Behavioural thermoregulation and critical thermal limits of *Macrobrachium acanthurus* (Wiegman). *J. Therm. Biol.* 27:423-428.

Douglas, M. W., R. A. Maddoz, K. Howard, S. Reyes. 1993. The Mexican monsoon. *J. climate.* 6:1665-1677.

Dulvy, N. K., Y. Sadovy, J. D. Reynolds. 2003. Extinction vulnerability in marine populations. *Fish. Fish.* 4(1):25-64.

Enders, E. C., D. Boisclair. 2016. Effects of environmental fluctuations on fish metabolism: Atlantic salmon *Salmo salar* as a case study. *J. Fish. Biol.* 88(1):344-358.

Escalante, F., J. E. Valdez-Holguín, S. Álvarez-Borrego, J. R. Lara-Lara. 2013. Temporal and spatial variation of sea surface temperature, chlorophyll a and primary productivity in the Gulf of California. *Cienc. Mar.* 39(2):203-215

Eschmeyer, W. N., E. S. Herald, H. Hammann. 1983. A field guide to the Pacific coast fishes of North America. Houghton Mifflin Company. Boston, Massachusetts, E.E.U.U. 336p.

Espinosa, H., P. Bearez, P. Rojas, A. Acero. 2010. *Eucinostomus gracilis*. The IUCN Red List of Threatened Species 2010: e.T183543A8131874. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2010-3.RLTS.T183543A8131874.en>. Octubre 2019.

Espinosa-Carreón, T. L., J. E. Valdez-Holguín. 2007. Variabilidad interanual de clorofila en el Golfo de California. *Ecol. Apl.* 6(1-2):83-92.

Feary, D. A., M. S. Pratchett, M. Emslie, A. M. Fowler, W. F. Figueira, O.J. Luiz, D. J. Booth. 2014. Latitudinal shifts in coral reef fishes: Why some species do and others do not shift. *Fish Fish.* 15(4):593-615.

Fischer, W., F. Krupp, W. Schneider, C. Sommer, K. E. Carpenter, V. H. Niem. 1995. Guía FAO para la identificación de especies para los fines de pesca. Pacífico Centro-Oriental. FAO. Roma. II-III. 648-1652p.

Froese, R., D. Pauly. 2019. FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, version (08/2019).

Galván-Magaña, F., F. J. Gutiérrez-Sánchez, L. A. Abitia-Cárdenas, J. Rodríguez-Romero. 2000. The distribution and affinities of the shore fishes of the Baja California Sur Lagoons. En: Munawar, M., S.G. Laurence, I.F. Munawar, D.F. Malley (eds.). Aquatic ecosystems of México: status and scope. Backhuys Publisher. Leiden, Holanda. pp 383-398.

García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen, (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). offset Larrios. 4a. edición. México. 98p.

García, C. B., Duarte, L. O. 2006. Length-based estimates of growth parameters and mortality rates of fish populations of the Caribbean Sea. *J. appl. Ichthyol.* 22(3):193-200.

García-Morales, R., J. López-Martínez, J. E. Valdez-Holguín, H. Herrera-Cervantes, L.D. Espinosa-Chaurand. 2017. Environmental variability and oceanographic dynamics of the central and southern coastal zone of Sonora in the Gulf of California. *Remote Sens.* 9(9):925.

García-Silva, G., S. G. Marinone. 1997. Modelado de corrientes residuales en el Golfo de California mediante la utilización de diferentes tamaños de malla. *Cienc. Mar.* 23(4):505-519.

Gómez-Larrañeta, M. 1967. Crecimiento de *Pagellus erithrinus* de las costas de Castellón. *Inv. Pesq.* 31:185-258

Gompertz, B. 1825. On the nature of the function expressive of the law human mortality, and on a new mode of determining the value of life contingencies. *Philos. Trans. R. Soc. Lond.* 115:513-583.

González-Acosta, A. F., G. De La Cruz-Agüero, J. De La Cruz-Agüero. 2004. Length-weight relationships off ish species caught un a mangrove swamp in the Gulf of California (Mexico). *J. Appl. Ichthyol.* 20:154-155.

Grainer, R. J. R., S. M. 1996. Chronicles of marine fishery landings (1950-1994): trend analysis and fisheries potential. FAO. Roma. 51p.

Green-Nieto, C. R. 2011. Estructura de la comunidad de peces de fondo de la costa occidental de la península de Baja California, México. Tesis (Maestría en Uso, Manejo y Preservación de los Recursos Naturales). Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. La Paz, B.C.S., México. 115 p.

Grijalva-Chon, J. M., S. Nuñez-Quevedo, R. Castro-Longoria. 1996. Ictiofauna de la laguna costera La Cruz, Sonora, México. *Cienc. Mar.* 22(2):129-150.

Gulland, J. 1971. Manual de Métodos para la Evaluación de las Poblaciones de Peces. ACRIBIA. España. 180p.

Hastings, P. A., Findley, L.T. 2006. Marine fishes of the upper Gulf Biosphere Reserve, Northern Gulf of California. En: Dry Borders Great Natural Reserves of the Sonora desert. Felger, R.S y B. Broyles (eds.) University of Utha Press. Salt Lake City, UT. U.S.A. pp 716-720.

Herrera-Cervantes, H., D. B. Lluch-Cota, S. E. Lluch-Cota, G. Gutiérrez de Velasco-San Román. 2007. The ENSO signature in sea-surface temperature in the Gulf of California. *J. Mar. Res.* 65:589–605.

Herrera-Cervantes H., S. E. Lluch-Cota, D. B. Lluch-Cota, G. Gutiérrez De Velasco-San Román, D. Lluch-Belda. 2010. ENSO influence on satellite-derived chlorophyll trends in the Gulf of California. *Atmósfera.* 23(3):253–262.

Hewitt, D., J. M. Hoening. 2005. Comparison of two approaches for estimating natural mortality based on longevity. *Fish. Bull.* 1003:433-437.

Hilborn, R., C. J. Walters. 1992. Quantitative Fisheries Stock Assessment: Choice, Dynamics, and Uncertainty. Springer Science+Business Media. Segunda edición. Dordrecht. 563p.

IUCN. 2019. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2019-3. <https://www.iucnredlist.org>. Octubre, 2019.

Jensen, A. L. 1996. Beverton and Holt life history invariants result from optimal trade-off of reproduction and survival. *Can. J. Aquat. Sci.* 53(4):820-822.

Jones, R. 1984. Assessing the effects of changes in exploitation patterns using length composition data (with notes on VPA and cohort analysis). *FAO Fish. Tech. Pap.* 256:118.

Jordan, D. S., B. W. Evermann. 1896. The fishes of North and middle America. *Bull. Nat. Hist. Mus. U.S.A.* 47:1-3313.

Katsanevakis, S. 2006. Modelling fish growth: Model selection, multi-model inference and model selection uncertainty. *Fish. Res.* 81(1-2):229-235.

Katsanevakis, S., C. D. Maravelias. 2008. Modelling fish growth: Multi-model inference as a better alternative to a priori using von Bertalanffy equation. *Fish. Res.* 9(2):178-187.

Kimura, D. K. 1980. Likelihood methods for the von Bertalanffy growth curve. *Fish. Bull.* 77:765-776.

King, M. 1995. Fisheries biology, assessment and management. Blackwell Publishing. Segunda Edición. Victoria, Australia. 379p.

Lavín, M. F., E. Beier, A. Badan. 1997. Estructura hidrográfica y circulación del Golfo de California: Escalas estacional e interanual. En: Contribuciones a la Oceanografía Física en México. Lavín, M. F. (ed). Unión Geofísica Mexicana. Ensenada, B.C., México. pp 141-171.

Lavín, M. F., E. Palacios-Hernández, C. Cabrera. 2003. Sea surface temperature anomalies in the Gulf of California. *Geofís. Int.* 42(3):363-375.

Lavín, M. F., R. Castro, E. Beier, C. Cabrera, V. M. Godínez, A. Amador-Buenrostro. 2014. Surface circulation in the Gulf of California in summer from surface drifter and satellite images (2004-2006). *J. Geophys. Res. Oceans.* 119:4278-4290.

Lehodey, P., J. Alheit, M. Barange, T. Baumgartner, G. Beaugrand, K. Drinkwater, C. V. D. L. Roy. 2006. Climate variability, fish, and fisheries. *J. Clim.* 19(20):5009-5030.

López, M., J. Candela, M. L. Argote. 2006. Why does the Ballenas Channel have the coldest SST in the Gulf of California? *Geophys. Res. Lett.* 33:1-5.

López-Martínez, J., E. Herrera-Valdivia, J. Rodríguez-Romero, S. Hernández-Vázquez. 2010. Peces de la fauna de acompañamiento en la pesca industrial de camarón en el Golfo de California, México. *Rev. Biol. Trop.* 58(3):925-924.

López-Martínez, J., J. Rodríguez-Romero, N. Hernández-Saavedra, E. Herrera-Valdivia. 2011. Population parameters of the pacific flagfin mojarra *Eucinostomus currani* (Perciformes: Gerreidae) captured by shrimp trawling fishery in the Gulf of California. *Rev. Biol. Trop.* 59:887-897.

López-Martínez, J., S. Hernández-Vázquez, C. Rábago-Quiroz, E. Herrera-Valdivia, R. Morales-Azpeitia. 2008. Efectos ecológicos de la pesca de arrastre de camarón en el Golfo de California. Estado del arte del desarrollo Tecnológico de las Artes de Pesca. En: CEDRSSA (ed). La situación del sector pesquero en México. CEDRSSA y cámara de diputados LX Legislatura, México, DF. pp 14-47.

López-Martínez, J., E. A. Arzola-Sotelo, M. O. Nevárez-Martínez, F. J. Alvarez-Tello, E. Morales-Bojórquez. 2020. Modeling growth on the cannonball jellyfish *Stomolophus meleagris* based on a multi-model inference approach. *Hydrobiol.* 847:1-24.

López-Martínez, J., E. Herrera-Valdivia, N. Hernández-Saavedra, E. Serviere-Zaragoza, J. Rodríguez-Romero, C. Rábago-Quiroz, G. Padilla-Arredondo, S. Burrola-Sánchez, R. Morales-Azpeitia, S. Pedrín-Aviles, F. Enríquez-Ocaña, M. O. Nevárez-Martínez, A. Acevedo-Cervantes, E. Morales-Bojórquez, M. R. López-Tapia, J. Padilla-Serrato. 2012. Efectos de la pesca de arrastre del camarón en el Golfo de California. Síntesis de las investigaciones desarrolladas por el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S. C. En: López-Martínez J., E. Morales-Bojórquez (eds). Efectos de la pesca de arrastres en el Golfo de California. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C. y Fundación Produce Sonora, México. pp 15-25.

Lorenzen, K. 2016. Toward a new paradigm for growth modeling in fisheries stockassessments: embracing plasticity and its consequences. *Fish. Res.* 180:4–22.

Lluch-Cota, S. E. 2000. Coastal upwelling in the eastern Gulf of California. *Oceanol. Acta.* 23(6):731–740.

Lluch-Cota, S. E., A. Parés-Sierra, V. O. Magaña-Rueda, F. Arreguín-Sánchez, G. Bazzino, H. Herrera-Cervantes, D. Lluch-Belda. 2010. Changing climate in the Gulf of California. *Prog. Oceanogr.*, 87(1-4):114-126.

Marinone, S. G. 1988. A note on no-seasonal variability in the central Gulf of California. *Cienc. Mar.* 115:887-913.

Marinone, S. G. 2003. A three-dimensional model of the mean and seasonal circulation of the Gulf of California. *J. Geophys. Res.* 108:1-27.

Mariscal-Romero, J. 2003. Dinámica de las asociaciones de peces demersales de la plataforma continental de Jalisco y Colima, México. Tesis (Doctorado en Ciencias Pecuarias). Universidad de Colima. Jalisco, México. 111 p.

Mazumder, S. K., M. De, A. G. Mazlan, C. C. Zaidi, S. M. Rahim, K. D. Simon. 2015. Impact of global climate change on fish growth, digestion and physiological status: developing a hypothesis for cause and effect relationships. *J. Water Clim. Change.* 6(2):200-226.

Meek, S. E., S. F. Hildebrand. 1923. The marine fishes of Panama. *Publ. Field. Mus. Nat. Hist., Zool. Ser.* 15:1-1045.

Mexicano-Cíntora, G. 1999. Crecimiento y Reproducción de la Mojarra, *Eucinostomus gula* de Celestún, Yucatán, México. *Proc. Gulf Carribb. Fish. Inst.* 45:524-536.

Miegel, R. P., S. J. Pain, W. H. E. J. Van Wettere, G. S. Howarth, D. A. J. Stone. 2010. Effect of water temperature on gut transit time, digestive enzyme activity and nutrient digestibility in yellowtail king fish (*Seriola lalandi*). *Aquaculture*, 308(3-4):145-151.

Miller, D. J., R. N. Lea. 1976. Guide to the coastal marine fishes of California. *Fish. Bull.* 157:1-249.

Mora, C., A. Ospina. 2001. Tolerance to high temperatures and potential impact of sea warming on reef fishes of Gorgona Island (tropical eastern Pacific). *Mar. Biol.* 139(4):765-769.

Mora, C., A. Ospina. 2002. Experimental effect of cold, La Nina temperatures on the survival of reef fishes from Gorgona Island (eastern Pacific Ocean). *Mar. Biol.* 141(4):789-793.

Morales, M., L. W. González. 2010. Edad y crecimiento del pez *Haemulon steindachneri* (Perciformis: Haemulidae) en el suroeste de la isla de Margarita, Venezuela. *Rev. Biol. Trop.* 58(1):299-310

Moreno-Sánchez, X. G. 2004. Estructura Comunitaria e Interrelaciones Tróficas de los Peces de Bahía Almejas, Baja California Sur, México. Tesis (Maestría en Manejo de Recursos Marinos). CICIMAR-IPN. La Paz, B.C.S., México. 97 p.

Nash, K. L., J. Q. Welsh, N. A. J. Graham, D. R. Bellwood. 2015. Home-Range allometry in coral reef fishes: comparison to other vertebrates, methodological issues and management implications. *Oecologia.* 177(1):73-83.

Neter, J., M. H. Kutner, C. J. Nachtsheim, W. Wasserman. 1996. Applied linear statistical models. McGraw-Hill. Quinta edición. Nueva York. 1408p.

Nevárez-Martínez, M. O., D. Lluch-Belda, M. A. Cisneros-Mata, J. P. Santos-Molina, M. Martínez-Zavala, S. E. Lluch-Cota. 2001. Distribution and abundance of the Pacific sardine (*Sardinops sagax*) in the Golfo of California and their relation with the environment. *Prog. Oceanogr.* 1(4):565-580.

Nikolsky, G. V. 1963. The ecology of fishes. Academic Press. New York. USA. 352p.

Olden, J. D., Z. S. Hogan, M. J. Vander. 2007. Small fish, big fish, red fish, blue fish: Size-biased extinction risk of the world's freshwater and marine fishes. *Glob. Ecol. Biogeogr.* 16(6):694-701.

Ottimofiore, E., C. Albouy, F. Leprieur, P. Descombes, M. Kulbicki, D. Mouillot, L. Pellissier. 2017. Responses of coral reef fishes to past climate changes are related to life-history traits. *Ecol. Evol.* 7(6):1996-2005.

Padilla-Serrato, J., J. López-Martínez, J. Rodríguez-Romero, D. B. Lluch-Cota, F. Galván-Magaña, A. Acevedo-Cervantes. 2016. Composition and biogeography of the fish assemblage associated with the coastal Las Guásimas Lagoon, Sonora, Mexico. *Lat. Amer. J. Aquat. Res.* 41(1):85-98.

Padilla-Serrato, J., J. López-Martínez, J. Rodríguez-Romero, A. Acevedo-Cervantes, F. Galván-Magaña, D. B. Lluch-Cota. 2017. Changes in fish community

structures in a coastal lagoon in the Gulf of California, México. *Rev. Biol. Mar. Oceanogr.* 52(3):567-579.

Páez-Osuna, F., S. Álvarez-Borrego, A. C. Ruiz-Fernández, J. García-Hernández, M. E. Jara-Marini, M. E. Bergés-Tiznado, J. R. Ruelas-Inzunza. 2017. Environmental status of the Gulf of California: a pollution review. *Earth-Sci.* 166:181-205.

Palomares, M. L. D., D. Pauly. 2008. The growth of jellyfishes. En: Pitt, K. A., J. E. Purcell (eds). *Jellyfish blooms: causes, consequences, and recent advances*. Springer. Dordrecht. pp 11-21.

Parés-Sierra, A., A. Mascarenhas, S. G. Marinone, R. Castro. 2003. Temporal and spatial variation of the surface winds in the Gulf of California. *Geophys. Res. Lett.* 30:451-454.

Pauly, D. 1980. On the interrelationship between natural mortality, growth parameters and mean environmental temperature in 175 fish stocks. *ICES J. Mar. Sci.* 39:175-192.

Pauly, D. 1987. A review of the ELEFAN system for the analysis of length-frequency data in fish and aquatic invertebrates. *ICLARM Conference Proceedings.* 13:7-34.

Pauly, D., J. L. Munro. 1984. Once more on the comparison of growth in fish and invertebrates. *Fishbyte.* 1:21.

Pauly, D., F. Arreguín-Sánchez. 1995. Improving Shepherd's Length Composition Analysis (SLCA) Method for Growth Parameter Estimations. *Fishbyte.* 18(4):31-33.

Pauly, D., W. W. Cheung. 2017. Sound physiological knowledge and principles in modeling shrinking of fishes under climate change. *Glob. Change Biol.* 24(1):15-26.

Pérez-Mellado, J., L. T. Findley. 1985. Evaluación de la ictiofauna acompañante del camarón capturado en las costas de Sonora y norte de Sinaloa, México. En: Yáñez Arancibia, A. (ed.), *Recursos Pesqueros Potenciales de México: La Pesca Acompañante del Camarón*. UNAM, PUA, INP, México, D.F. pp 201-254.

Perry, A. L., P. J. Low, J. R. Ellis, J. D. Reynolds. 2005. Climate Change and Distribution Shifts in Marine Fishes. *Sci.* 308(5730):1912-1915.

Pimm, S. L., H. L. Jones, J. Diamond. 1988. On the risk of extinction. *Am. Nat.* 132(6):757-785.

Pope, J. G. 1972. An investigation of the accuracy of virtual population analysis using cohort analysis. *ICNAF Res. Bull.* 9(10):65-74.

Pörtner, H. O., R. Knust. 2007. Climate change affects marine fishes through the oxygen limitation of thermal tolerance. *Sci.* 315(5808):95-97.

Powell, D. G. 1979. Estimation of mortality and growth parameters from the length frequency of a catch. *Rapp. P.-V. Réun. Cons. Int. Explor. Mer.*, 175:167-169.

Quinn, J. T., R. B. Deriso. 1999. Quantitative fish dynamics. Oxford University Press. Nueva York. 452p.

Rábago-Quiroz, C. H. 2012. Distribución y abundancia de los peces más representativos en la fauna acompañante del camarón y su relación con variables oceanográficas del Golfo de California. Tesis (Doctorado en BioCiencias). Universidad de Sonora. Hermosillo, Sonora, México. 199 p.

Rábago-Quiroz, C. H., J. López-Martínez, J. E. Valdez-Holguín, M. O. Nevárez-Martínez. 2010. Distribución latitudinal y batimétrica de las especies más abundantes y frecuentes en la fauna acompañante del camarón del Golfo de California, México. *Rev. Biol Trop.* 59(1):255-267.

Rábago-Quiroz, C. H., J. López-Martínez, J. E. Valdez-Holguín, M. O. Nevárez-Martínez, A. Acevedo-Cervantes. 2012. Fish assemblage in the bycatch of bottom shrimp trawls on the west side of the Gulf of California, Mexico. *Mar. Biol. Res.* 8(9):865-876.

Reynolds, J. D., T. J. Webb, L. a. Hawkins. 2005. Life history and ecological correlates of extinction risk in European freshwater fishes. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 62(4):854-862.

Ricker, W. E. 1975. Computation and interpretation of biological statistic off fish populations. *Bull. Fish. Res. Board Can.* 191:1-382.

Richter, V. A., V. N. Efanov. 1976. On one of the approaches to estimation of natural mortality of fish populations. *ICNAF.* 76:1-12.

Rijnsdorp, A. D., M. A. Peck, G. H. Engelhard, C. Möllmann, J. K. Pinnegar. 2009. Resolving the effect of climate change on fish populations. *ICES j. Mar. Sci.* 66(7):1570-1583.

Robertson D. R., G. R. Allen. 2015. Peces Costeros del Pacífico Oriental Tropical: sistema de Información en línea. Versión 2.0 Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales, Balboa, República de Panamá.

Robles-Tamayo, C. M., J. E. Valdez-Holguín, R. García-Morales, G. Figueroa-Preciado, H. Herrera-Cervantes, J. López-Martínez, L. F. Enríquez-Ocaña. 2018. Sea Surface Temperature (SST) Variability of the Eastern Coastal Zone of the Gulf of California. *Remote sens.* 10(9):1434.

Robles-Tamayo, C. M., R. García-Morales, J. E. Valdez-Holguín, G. Figueroa-Preciado, H. Herrera-Cervantes, J. López-Martínez, L. F. Enríquez-Ocaña. 2020. Chlorophyll *a* Concentration Distribution on the Mainland Coast of the Gulf of California, Mexico. *Remote sens.* 10(9):1434.

Roden, G. I., 1964. Oceanographic aspects of the Gulf of California. En: Van Andel, T. H., G. G. Shor Jr. (eds.). *Marine Geology of the Gulf of California: a symposium.* American association of Petroleum Geologist. New York, E.E.U.U. pp 30-58.

Rodríguez-Romero, J., D. S. Palacios-Salgado, J. López-Martínez, S. Hernández-Vázquez, G. Ponce-Díaz. 2008. Composición zoogeográfica de los peces demersales de la costa occidental de Baja California Sur, México. *Biol. Trop.* 56:1765-1783.

Rodríguez-Romero, J., D. S. Palacios-Salgado, J. López-Martínez, S. Hernández-Vázquez, J. I. Velázquez-Abunader. 2009. The length-weight relationship parameters of demersal fish species of the western coast of the Baja California Sur, México. *J. Appl. Ichthyol.* 25:114-116.

Rodríguez-Romero, J., J. López-Martínez, E. Herrera-Valdivia, S. Hernández-Vázquez, A. Acevedo-Cervantes. 2012. Elenco taxonómico de los peces acompañantes de la captura de camarón en la porción oriental del Golfo de California. En: López-Martínez J., E. Morales-Bojórquez (eds). Efectos de la pesca de arrastres en el Golfo de California. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C. y Fundación Produce Sonora, México. pp 71-79.

Ruíz-Ramírez, S., G. Lucano-Ramírez, J. Mariscal-Romero. 1997. Length-Weight Relationships of Soft-Bottom Demersal Fishes from Jalisco and Colima States, Mexico. *Naga ICLARM Q.* 20:62-63.

Sánchez-Velasco, L., M. F. Lavín, S. P. A. Jiménez-Rosenberg, V. M. Godínez. 2014. Preferred larval fish habitat in a frontal zone of the northern Gulf of California during the early cyclonic phase of the seasonal circulation (June 2008). *J. Mar. Syst.* 129:368-380.

Sánchez-Velasco, L., M. F. Lavín, S. P. A. Jiménez-Rosenberg, V. M. Godínez, E. Santamaría del Ángel, D. U. Hernández-Becerril. 2013. Three-dimensional distribution of fish larvae in a cyclonic eddy in the Gulf of California during the summer. *Deep Sea Res. I. Oceanogr. Res. Pap.* 75:39-51.

Santamaría-del Ángel, E., S. Álvarez-Borrego, R. Millán-Núñez, F. E. Muller-Karge. 1999. Sobre el efecto débil de las surgencias de verano en la biomasa fitoplanctónica del Golfo de California. *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat.* 49:207-212.

Schulte, P. M., 2015. The effects of temperature on aerobic metabolism: towards a mechanistic understanding of the responses of ectotherms to a changing environment. *J. Exp. Biol.* 218(12):1856-1866.

Schwing, F. B., T. Murphree, P. M. Green. 2002a. The Northern Oscillation Index (NOI): A New Climate Index for the Northeast Pacific. *Progr. Oceanogr.* 53:115-139.

Schwing, F. B., T. Murphree, L. deWitt, P. M. Green. 2002b. The Evolution of Oceanic and Atmospheric Anomalies in the Northeast Pacific during El Niño and La Niña Events of 1995-2001. *Progr. Oceanogr.* 54:459-491.

Secor, S. M. 2009. Specific dynamic action: A review of the postprandial metabolic response. *J. Comp. Physiol. B.* 179(1):1-56.

Shepherd, J. G., G. R. Morgan, J. A. Gulland, C. P. Mathews. 1987. Methods of analysis and assessment: Report of working group II. En: Pauly, D., G. R. Morgan (eds). Length-based methods in fisheries research. *ICLARM Conf. Proc.* 13:353-362.

Solorio-Salazar, A. 2014. Características y variabilidad de la capa superficial mezclada del Golfo de California. Tesis (Maestría en ciencias). CICESE. 78 p.

Soto-Mardones L. S., S. G. Marinone, A. Parés-Sierra. 1999. Time and spatial variability of sea surface temperature in the Gulf of California. *Cienc. Mar.* 25(1):1-30.

Sparre, P., S. Venema. 1997. Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales. *Roma FAO.* 420p.

Tagliafico, A., L. W. González, N. Eslava. 2008. Estimación de los parámetros de crecimiento y reproducción de la sardina (*Sardinella aurita*) del sureste de la Islas de Margarita, Venezuela. *Boll. Invest. Mar. Cost.* 37(2):45-54.

Tapia-García, M., G. Ayala-Pérez. 1996. Clave para la determinación de las especies de mojarra de México (Pisces: Gerreidae). *Rev. Biol. Trop.* 44(3):519-526.

Tapia-García, M., M. C. García-Abad, G. González-Medina, M. C. Macuitl-Montes, G. Cerdaneres de Guevara. 1994. Composición, distribución y abundancia de la comunidad de peces demersales del Golfo de Tehuantepec, México. *Trop. Ecol.* 5:229-252.

Taylor, C. C. 1962. Growth equations with metabolic parameters. *J. Conseil.* 27(3):270-286.

Then, A. Y., J. M. Hoening, N. G. Hall, D. A. Hewitt. 2015. Evaluating the predictive performance of empirical estimators of natural mortality rate using information on over 200 fish species. *ICES J. Mar. Sci.* 72:82-92.

Thunell, R. C. 1998. Seasonal and annual variability in particle fluxes in the Gulf of California: A response to climate forcing. *Deep Sea Res. Part I Oceanogr. Res. Pap.* 45(12):2059-2083.

Tirsgaard, B., J. C. Svendsen, J. F. Steffensen. 2015. Effects of temperature on specific dynamic action in Atlantic cod *Gadus morhua*. *Fish. Physiol. Biochem.* 41(1):41-50.

Valdez-Holguín, J. E., J. R. Lara-Lara. 1987. Primary productivity in the Gulf of California: Effects of El Niño 1982–1983 event. *Cienc. Mar.* 13(2):34-50.

Van der Heiden, A. M, 1985. Taxonomía, biología y evaluación de la ictiofauna demersal del Golfo de California. En: Yáñez-Arancibia, A. (ed.), Recursos Pesqueros Potenciales de México: La Pesca Acompañante del Camarón. UNAM, PUA, INP, México, D.F. pp 149-200.

Velázquez-Velázquez, E., J. Navarro-Alberto, S. E. Domínguez-Cisneros, M. E. Vega-Cendejas. 2009. Length-weight relationships for 24 species in a coastal lagoon of the Mexican South Pacific. *J. Appl. Ichthyol.* 25:228-229.

von Bertalanffy, L. 1938. A quantitative theory of organic growth. *Hum. Biol.* 10(2):181-213.

von Bertalanffy, L., 1957. Quantitative laws in metabolism and growth. *Q. Rev. Biol.* 32:217–231

Wetherall, J. A., J. J. Polovina, S. Ralston. 1987. Estimating growth and mortality in steady-state fish stocks from length-frequency data. En: Pauly, D., G. R. Morgan (eds.). Length-based methods in fisheries research. *ICLARM Conf. Proc.*, 13. International Center for Living Aquatic Resources Management. Kuwait. pp 53–74.

Winemiller, K. O. 2005. Life history strategies, population regulation, and implications for fisheries management. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 62(4):874-885.

Wooster, W. S., A. B. Hollowed. 1995. Decadal-Scale Variations in the Eastern Subarctic Pacific, Winter Ocean Conditions. *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.* 121:81-85.

Yáñez-Arancibia, A., P. Sánchez-Gil. 1988. *Ecología de los Recursos Demersales Marinos: Fundamentos en Costas Tropicales*. AGT Editorial, S.A. México. 228p.

Zahuranec, J. B. 1967. The gerreid fishes of the genus *Eucinostomus* in the Eastern Pacific. Tesis (Maestría en Ciencias). Universidad de California, San Diego, California. 110 p.

11. ANEXOS

Anexo A. Número de cohortes y tallas medias de *Eucinostomus gracilis* en la costa oriental del Golfo de California en el periodo 2002-20016. D.E.= desviación estándar, % cohorte= porcentaje correspondiente de cada cohorte en el muestreo, I.S.= índice de separación, N= número de individuos por cohorte. NA= no aplica.

Fecha	Cohorte	Talla media	D.E.	% Cohorte	I.S.	N
ago-02	1	67.5	4.61	13.7	NA	10
	2	132.1	11.52	84.9	8.01	62
	3	180	0.89	1.4	7.73	1
jun-03	1	124.3	9.15	30.3	NA	14
	2	140.8	4.42	69.7	2.43	32
ene-04	1	121.2	7.40	100	NA	4
jul-04	1	93.9	6.6	26.7	NA	15
	2	134.1	6.9	43.9	6.0	25
	3	157	4.9	24.1	3.9	13
	4	180	4.1	5.3	5.1	3
ago-04	1	73.1	10.85	29.9	NA	88
	2	132.6	9.05	38.3	5.98	113
	3	158.9	8.47	29	3	85
	4	192	6	2.1	4.51	6
	5	225	5	0.7	5.89	2
sep-04	1	76.5	5	3.1	NA	14
	2	97.5	7.38	39.1	3.41	182
	3	134.2	10.37	44.8	4.14	209
	4	158.1	9.88	13.1	2.36	61
oct-04	1	95.8	9.74	64	NA	107
	2	124.8	7.36	22.4	3.39	37
	3	145	3.49	8	3.72	13
	4	162.5	5.76	5.5	3.77	9
nov-04	1	92.4	7.23	28	NA	71
	2	107.6	7.53	39	2.05	99
	3	150.1	9.72	27.2	4.93	69
	4	173.7	9.62	5.8	2.44	15
dic-04	1	110.9	10.49	20.4	NA	22
	2	135.6	12.26	66.4	2.17	72
	3	162.3	7.35	11.4	2.72	12
	4	187.5	1.48	1.8	5.72	2
ene-05	1	90.7	7.99	66.2	NA	37
	2	117	1.56	4.1	5.50	2
	3	146.8	14.83	26.7	3.64	15
	4	176.7	3.42	3	3.28	2

Anexo A. Continuación

Fecha	Cohorte	Talla media	D.E.	% Cohorte	I.S.	N
feb-05	1	159.4	9.84	100	NA	9
mar-05	1	152.5	6.92	100	NA	6
jul-07	1	125.5	6.57	38.6	NA	80
	2	158.8	10.88	61.4	3.82	126
ago-07	1	141.4	6.88	32.5	NA	22
	2	162.2	6.02	67.5	3.23	46
jul-08	1	143.4	5.59	100	NA	31
ago-08	1	78.7	7.38	4.5	NA	4
	2	124.4	4.17	11.5	7.92	10
	3	147	8.00	84	3.71	74
oct-10	1	101.3	7.40	88.9	NA	8
	2	140.1	1.00	11.1	9.24	1
ago-11	1	150.7	4.16	77.8	NA	7
	2	172.5	1.68	22.2	7.46	2
jul-15	1	124.3	9.15	30.3	NA	14
	2	140.8	4.42	69.7	2.43	32
ago-15	1	127.8	7.76	69.1	NA	79
	2	158.2	7.57	21.4	3.96	25
	3	176.8	4.30	7	3.14	8
	4	197	1.84	2.6	6.58	3
jul-16	1	149.9	10.02	77.8	NA	12
	2	173.4	1.71	22.2	3.99	4
ago-16	1	66	6.93	33.4	NA	35
	2	85.1	5.01	35.1	3.20	37
	3	104.9	3.69	31.5	4.53	33

Anexo B. Número de cohortes y tallas medias de *Eucinostomus currani* en la costa oriental del Golfo de California en el periodo 2003-20016. D.E.= desviación estándar, % cohorte= porcentaje correspondiente de cada cohorte en el muestreo, I.S.= índice de separación, N= número de individuos por cohorte, NA= no aplica.

Fecha	Cohorte	Talla media	D.E.	% Cohorte	I.S.	N
jul-03	1	115.9	4.31	66.6	NA	13
	2	134.4	4.67	33.4	4.11	6
ene-04	1	159.1	10.92	94.7	NA	31
	2	182.3	1.41	5.3	3.76	2
feb-04	1	122	10.37	17.2	NA	4
	2	158.1	6.91	58.4	4.19	14
	3	172.5	1.36	24.4	3.46	6
mar-04	1	160.9	9.05	91.8	NA	11
	2	190.1	0.94	8.2	5.83	1
jul-04	1	88.1	5.87	2.9	NA	34
	2	126	11.78	83.1	4.30	991
	3	162.8	10.80	13.0	3.26	154
	4	201.3	9.70	1.0	3.76	13
ago-04	1	160.2	13.86	81.2	NA	54
	2	189.2	7.52	11.4	2.71	8
	3	211.9	15.47	7.4	1.98	5
sep-04	1	78.3	8.38	3.9	NA	63
	2	102.5	9.11	20.0	2.76	322
	3	137.4	8.41	63.6	3.99	1023
	4	162.8	6.29	10.3	3.46	166
	5	188.8	9.82	2.2	3.22	35
oct-04	1	93.9	9.27	10.9	NA	234
	2	115.6	6.71	29.5	2.71	634
	3	140.2	9.11	46.6	3.11	1004
	4	162.1	10.43	11.6	2.25	250
	5	189.8	8.66	1.4	2.89	31
nov-04	1	91.9	8.36	27.7	NA	505
	2	110.3	6.29	9.9	2.51	181
	3	142	9.95	51.8	3.91	944
	4	163.5	11.14	10.6	2.04	193
dic-04	1	105.5	8.90	31.5	NA	308
	2	128.1	5.59	17.0	3.12	167
	3	143.4	6.02	27.4	2.65	268
	4	163.5	8.69	20.1	2.73	197
	5	191	6.77	3.9	3.56	38

Anexo B. Continuación.

Fecha	Cohorte	Talla media	D.E.	% Cohorte	I.S.	N
ene-05	1	132.1	1.58	7.5	NA	3
	2	158.9	8.68	85.6	5.22	32
	3	182.1	1.90	6.9	4.39	3
feb-05	1	104.8	0.13	2.5	NA	1
	2	127.3	1.21	7.5	33.76	3
	3	152.7	4.40	21.0	9.07	8
	4	168.6	5.71	69.1	3.13	28
mar-05	1	164.6	12.16	100.0	NA	13
jul-07	1	133	11.60	73.5	NA	9
	2	192.5	18.89	26.5	3.91	3
ago-07	1	125.9	3.58	73.3	NA	11
	2	170	11.21	26.7	5.96	4
jul-08	1	152.7	3.56	100.0	NA	3
ago-08	1	137.3	6.73	76.2	NA	40
	2	159.6	2.85	16.3	4.65	9
	3	206.2	5.45	7.5	11.25	4
mar-10	1	117.5	7.50	100.0	NA	2
sep-10	1	80.6	7.76	12.4	NA	30
	2	100.4	4.08	7.4	3.36	16
	3	156	9.66	6.2	8.08	247
oct-10	1	102.8	7.55	12.4	NA	65
	2	155.7	11.49	7.4	5.56	159
jul-15	1	134.3	4.71	12.4	NA	12
	2	153.7	8.04	7.4	3.04	31
	3	235	5.01	6.2	12.46	2
ago-15	1	124.9	7.62	12.4	NA	124
	2	151.1	7.44	7.4	3.48	17
	3	178.5	6.53	6.2	3.93	10
jul-16	1	132.8	8.48	12.4	NA	74
	2	169.2	3.46	7.4	6.09	6
ago-16	1	64.2	1.48	12.4	NA	1
	2	87.5	2.31	7.4	12.29	2
	3	135.4	5.52	6.2	12.25	41
	4	155.3	11.98	6.2	2.27	45
	5	205.2	1.48	6.2	7.41	1

Anexo C. Representación gráfica de las cohortes en el tiempo.

