

UNIVERSIDAD DEL MAR

Campus Puerto Ángel



Estructura poblacional, alometría y condición corporal de *Chiton articulatus* (Mollusca: Polyplacophora) de las dos localidades extremo de su distribución geográfica.

TESIS

Que para obtener el Título Profesional de
Licenciado en Biología Marina

Presenta

Luis Alfredo Aragón Rodríguez

Directora

Dra. Genoveva Cerdanars Ladrón de Guevara

Co-director

Dr. Omar Hernando Avila Poveda

Ciudad Universitaria, Puerto Ángel, Oaxaca, México, 2025

RESUMEN

El poliplacóforo *Chiton articulatus*, es endémico del Pacífico tropical mexicano, habitando el intermareal rocoso de Sinaloa a Oaxaca. Es importante por su rol ecológico y valor económico por lo que Recientemente fue incluido en la Carta Nacional Pesquera. Sin embargo, aún carece de regulación específica para su captura y conservación. En este contexto, el presente estudio tuvo como objetivo comparar la estructura poblacional, la alometría y la condición corporal de las poblaciones extremo de su distribución geográfica en Puerto Ángel (PA), Oaxaca, y Barras de Piaxtla (BP), Sinaloa. Para ello, durante el año 2023 se registró la longitud y el peso total de los organismos (Lt y Pt). La estructura poblacional se analizó con histogramas de frecuencias relativas tanto de Lt y Pt. El crecimiento alométrico se evaluó con un enfoque multimodelo (IMM) usando cinco modelos candidatos, seleccionando el mejor con el criterio de información de Akaike (AIC). La condición corporal se analizó mediante el factor de condición alométrico (Ricker 1975). Los resultados mostraron una estructura de Lt y Pt multimodales en ambas poblaciones, con diferencias significativas entre ellas. El crecimiento alométrico varió entre las poblaciones y fue representado por distintos modelos. En PA, se identifican dos tipos de crecimiento, alométrico negativo y positivo (CAN y CAP), mientras que, en BP, solo se presentó CAP. El factor de condición fluctuó a lo largo del año en ambas poblaciones con un patrón similar. El análisis de estructura poblacional reveló que la población de PA presenta una disminución de organismos mayores a los 60 mm de Lt, indicando un posible caso de sobrepesca de reclutamiento. El crecimiento alométrico y los cambios en el tipo de crecimiento observados se encuentran relacionados con el desarrollo ontogénico de los organismos y con las condiciones ambientales de cada una de las zonas de muestreo. Así mismo, el factor de condición se encuentra relacionado con la reproducción y diversos procesos que lleva a cabo la especie relacionados a la misma.

Palabras clave: *Chiton articulatus*, estructura poblacional, alometría, crecimiento alométrico, condición corporal.

ABSTRACT

Chiton articulatus, a polyplacophoran endemic to the tropical Mexican Pacific, inhabits the rocky intertidal zone from Sinaloa to Oaxaca. Due to its ecological role and economic importance, it was recently included in the National Fisheries Charter; however, it still lacks specific regulations for its harvest and conservation. This study aimed to compare the population structure, allometry, and body condition of *C. articulatus* populations located at the extremes of its distribution range: Puerto Ángel (PA), Oaxaca, and Barras de Piaxtla (BP), Sinaloa. During 2023, total length (Lt) and total weight (Pt) of individuals were recorded. Population structure was assessed through relative frequency histograms of Lt and Pt. Allometric growth was evaluated using a multi-model inference (MMI) framework with five candidate models, selecting the best-fitting model based on the Akaike Information Criterion (AIC). When no model reached a relative weight (w_i) > 90%, MMI was applied. Body condition was assessed using the allometric condition factor (Ricker, 1975). Results showed multimodal distributions of Lt and Pt in both populations, with significant differences between them. Allometric growth varied between populations and was described by different models. In PA, both negative and positive allometric growth patterns (CAN and CAP) were identified, whereas in BP only CAP was present. The condition factor fluctuated seasonally in both populations with similar patterns. Population structure analysis indicated a decrease in individuals larger than 60 mm Lt in PA, suggesting potential recruitment overfishing. Observed growth patterns and ontogenetic changes were linked to environmental conditions at each site. Likewise, body condition appeared associated with reproductive processes and related physiological cycles. These findings provide a biological basis to support future management strategies for this recently recognized fishery resource.

Keywords: *Chiton articulatus*, population structure, allometry, allometric growth, body condition.

A mi mamá, por haber sido madre y padre a la vez. Por ser mi mayor inspiración y el mejor ejemplo a seguir. Este logro es tanto mío como suyo, porque sin su apoyo inquebrantable, su paciencia y su fe en mí, nada de esto sería posible.

Tu amor y apoyo incondicional han sido mi mayor fortaleza y el motor que me impulsó a seguir adelante.

AGRADECIMIENTOS.

A mi mamá por cada sacrificio, cada palabra de aliento, cada acto de cariño en los momentos más difíciles y por confiar en mí aun en los momentos en que yo mismo dudé. Por enseñarme con su ejemplo el valor del esfuerzo, la perseverancia y el amor incondicional.

A mis abuelos, gracias por ser un pilar fundamental en mi vida y por el apoyo, cariño y comprensión mostrado a lo largo de todos estos años. Su amor, consejos y enseñanzas han dejado una huella imborrable en mi camino.

A mi familia, gracias por ser mi refugio y mi fortaleza. Cada uno de ustedes ha sido parte fundamental en este camino, brindándome amor y palabras de aliento en los momentos más difíciles.

A Michelle por ser mi compañera en esta aventura, por sus palabras de aliento cuando más las necesitaba, por celebrar conmigo cada pequeño avance y por recordarme que soy capaz de lograr mis metas. Tu amor y compañía han sido una luz en este proceso. Gracias por tantas alegrías y momentos compartidos.

A Irving, a quien conocí desde el examen de admisión y que, con el tiempo, se convirtió en un hermano. Y a Xquenda mi mejor amiga. Gracias a ambos por estar a mi lado en cada etapa de este camino, por compartir conmigo no solo los momentos de alegría, sino también los más difíciles. Por las risas que hicieron más ligero el esfuerzo, por los consejos sinceros y, sobre todo, por nunca dejarme solo.

A Abril, Viri, Héctor, Arturo, Pau, Soe, Isra, Diego y Carrasco mis buenos amigos con los que compartí muy buenos momentos a lo largo de estos años. Por cada conversación, cada chela banquetera y cada instante compartido que hicieron de este viaje algo mucho más especial. Siempre los tendré presentes, gracias por ser parte de este camino.

Un agradecimiento especial a mi directora de tesis, la Doctora Genoveva Cerdenares Ladrón de Guevara, por su invaluable apoyo y mentoría desde el momento en que le presenté la idea de este trabajo. Gracias por guiarme en el

campo de la biología pesquera y la bioestadística, y, especialmente, por permitirme formar parte del equipo de trabajo del Laboratorio de Ictiología y Biología Pesquera.

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mi codirector de tesis, el Doctor Omar Hernando Avila Poveda, investigador de la Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Autónoma de Sinaloa, por brindarme su confianza desde el inicio, incluso sin conocerme. Su apoyo y guía fueron fundamentales a lo largo de este trabajo, así como su generosidad al proporcionarme el permiso de colecta y los datos de la población de Barras de Piaxtla. Sin su colaboración, este estudio no habría sido posible.

Mi más sincero agradecimiento a los revisores de mi tesis, la Doctora Ana María Torres Huerta, el Doctor Francisco Benítez Villalobos y el Doctor Raúl Enrique Lara Mendoza, por su tiempo, dedicación y valiosas observaciones. Sus comentarios y sugerencias fueron fundamentales para mejorar la calidad de este trabajo. Aprecio profundamente su compromiso y disposición para guiarme en este proceso, contribuyendo a mi crecimiento académico y profesional.

Quiero expresar mi profundo agradecimiento al equipo de trabajo del Laboratorio de Ictiología y Biología Pesquera, especialmente a la profesora Gabriela González Medina, por brindarme la oportunidad de trabajar en su laboratorio y por hacerme sentir parte del equipo. A Seim, Alfredo, Adriana, Ariadna, Víctor, Ameyalli, Pablo y Sandy, mi más sincera gratitud por su invaluable apoyo durante los muestreos y por estar siempre dispuestos a ayudar. Sin ustedes, este trabajo no habría sido posible. Más allá de la colaboración académica, agradezco los momentos compartidos y la amistad que hicieron más amenas las jornadas dentro y fuera del laboratorio. Más que un equipo de trabajo, encontré en ustedes un sentido de pertenencia.

Finalmente quiero expresar mi profundo agradecimiento a la **Universidad del Mar** por brindarme la formación académica y las herramientas necesarias para desarrollar este trabajo. Gracias a sus profesores, instalaciones y recursos, pude crecer tanto profesional como personalmente. Me siento orgulloso de haber sido parte de esta institución, que no solo me proporcionó conocimientos, sino también experiencias y aprendizajes que llevaré conmigo siempre.

INDICE GENERAL

RESUMEN.....	ii
ABSTRACT	iii
INDICE DE FIGURAS.....	ix
INDICE DE TABLAS	xi
1. INTRODUCCION	1
2. ANTECEDENTES.....	4
2.1. Efecto de la temperatura y latitud sobre el crecimiento	4
2.1.1. Efecto de la temperatura en el crecimiento de poliplacóforos.....	4
2.2. Aspectos biológicos de <i>C. articulatus</i>	6
2.2.1. Crecimiento en <i>C. articulatus</i>	6
2.2.2. Estructura de tallas	6
2.2.3. Crecimiento alométrico.....	8
2.2.4. Condición corporal.....	12
2.2.5. Variación genética	14
2.2.6. Estadios de vida y talla de madurez sexual.....	14
2.2.7. Temporada reproductiva	16
3. JUSTIFICACION.....	17
4. HIPOTESIS.....	18
5. OBJETIVO GENERAL.....	19
6. OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	19
7. MATERIAL Y METODOS.....	20
7.1. Permiso de recolecta	20
7.2. Localidades, periodo y muestreo	20
7.3. Análisis de datos	22
7.4. Estructura poblacional.....	22
7.5. Relación longitud-peso	23
7.5.1. Ajuste de modelos.....	24
7.5.2. Selección del mejor modelo	25
7.5.3. Evidencia estadística y modelo de probabilidad (plausibilidad).....	25
7.5.4. Inferencia multimodelo (IMM): modelo ponderado	26
7.5.5. Incertidumbre de los parámetros de los modelos.....	26
7.5.6. Comparación de curvas	27

7.5.7.	Prueba T de Student.....	27
7.6.	Condición corporal.....	27
8.	RESULTADOS.....	29
8.1.	Estructura de talla anual.....	29
8.1.2.	Histogramas de frecuencia: grupos modales y distribución por estadio de vida.....	31
8.1.3.	Métrica general de la talla.	34
8.2.	Estructura de pesos anual.....	35
8.2.1.	Histogramas de frecuencia: grupos modales y distribución del peso a lo largo del año.....	36
8.2.2.	Métrica general del peso.....	40
8.3.	Crecimiento alométrico.....	41
8.3.1.	Alometría de todos los estadios de vida.....	46
8.3.2.	Alometría de organismos subjuveniles y juveniles.	47
8.3.3.	Alometría de organismos subadultos.	48
8.3.4.	Alometría de organismos adultos.	49
8.4.	Condición corporal a lo largo del año.....	50
8.4.1.	Condición corporal por estadio de vida.....	52
9.	DISCUSION.....	53
9.1.	Estructura de tallas.	53
9.1.1.	Crecimiento alometrico.....	57
9.1.2.	Condición corporal.....	64
10.	CONCLUSIONES.	66
	SUGERENCIAS.....	67
	REFERENCIAS.....	68
	ANEXOS.....	82
	Anexo A: Intervalos de confianza de los modelos que presentaron evidencia estadística en cada uno de los análisis realizados.....	82

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Relación entre la longitud total (mm) y los períodos de formación del saco gonadal de <i>C. articulatus</i>	15
Figura 2. Localidades de muestreo.	20
Figura 3. Biometrías del largo de <i>C. articulatus</i>	21
Figura 4. Histogramas de frecuencia de <i>C. articulatus</i> de todos los organismos muestreados a lo largo del año 2023.	31
Figura 5. Histogramas de frecuencia de Lt de todos los meses muestreados a lo largo del año de muestreo, en ambas poblaciones	33
Figura 6. Variación mensual de la longitud total de <i>C. articulatus</i> muestreados en Puerto Ángel, Oaxaca y Barras Piaxtla, Sinaloa, de los meses que presentaron diferencias significativas del año 2023.	34
Figura 7. Histogramas de frecuencia de pesos totales de <i>C. articulatus</i> de todos los organismos muestreados, a lo largo del año 2023 en ambas poblaciones	37
Figura 8. Histogramas de frecuencia de Pt de todos los meses muestreados a lo largo del año de muestreo, en ambas poblaciones.	39
Figura 9. Variación mensual del peso total de <i>C. articulatus</i> muestreados en Puerto Ángel, Oaxaca y Barras Piaxtla, Sinaloa, de los meses que presentaron diferencias significativas del año 2023.	40
Figura 10. Variación del coeficiente de alometría (b) de las poblaciones de <i>C. articulatus</i> de Puerto Ángel, Oaxaca y Barras de Piaxtla, Sinaloa.....	46
Figura 11. Variación del coeficiente de alometría (b) de los organismos juveniles de <i>C. articulatus</i> de Puerto Ángel, Oaxaca y Barras de Piaxtla, Sinaloa.....	47
Figura 12. Variación del coeficiente de alometría (b) de los organismos subadultos de <i>C. articulatus</i> de Puerto Ángel, Oaxaca y Barras de Piaxtla, Sinaloa.....	48
Figura 13. Variación del coeficiente de alometría (b) de los organismos subadultos de <i>C. articulatus</i> de Puerto Ángel, Oaxaca y Barras de Piaxtla, Sinaloa.....	49
Figura 14. Tendencia de los valores de las medianas mensuales del factor de condición de las poblaciones de <i>C. articulatus</i> de Puerto Ángel, Oaxaca y Barras de Piaxtla, Sinaloa a lo largo del año 2023.	51

Figura 15. Variación del factor de condición de los estadios de vida de <i>C. articulatus</i> muestreados en Puerto Ángel, Oaxaca y Barras Piaxtla, Sinaloa.....	52
---	----

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Estadísticos descriptivos de la longitud total de la población de <i>C. articulatus</i> de Puerto Ángel, Oaxaca (Oax) a lo largo del año 2023.....	29
Tabla 2. Estadísticos descriptivos de la longitud total de la población de <i>C. articulatus</i> de Barras de Piaxtla, Sinaloa (Sin), a lo largo del año 2023.	30
Tabla 3. Valores obtenidos de <i>p</i> de la prueba de Mann-Whitney, de los datos de <i>Lt</i> entre localidades y meses de muestreo.	32
Tabla 4. Estadísticos descriptivos del peso total de la población de <i>C. articulatus</i> de Puerto Ángel, Oaxaca (Oax) a lo largo del año 2023.	35
Tabla 5. Estadísticos descriptivos del peso total de la población de <i>C. articulatus</i> de Barras de Piaxtla, Sinaloa (Sin), a lo largo del año 2023.	36
Tabla 6. Valores obtenidos de <i>p</i> de la prueba de Mann-Whitney, de los datos de <i>Pt</i> entre localidades y meses de muestreo.	38
Tabla 7. Parámetros e indicadores de ajuste de los modelos confrontados para calcular la relación logarítmica longitud total–peso total de todos los organismos muestreados de <i>C. articulatus</i> , en la costa rocosa del intermareal de Puerto Ángel, Oaxaca y Barras de Piaxtla, Sinaloa, a lo largo del año 2023.....	42
Tabla 8. Parámetros e indicadores de ajuste de los modelos confrontados para calcular la relación logarítmica longitud total-peso total de los organismos juveniles de <i>C. articulatus</i> , en la costa rocosa del intermareal de Puerto Ángel, Oaxaca y Barras de Piaxtla, Sinaloa, a lo largo del año 2023.....	43
Tabla 9. Parámetros e indicadores de ajuste de los modelos confrontados para calcular la relación logarítmica longitud total – peso total de los organismos subadultos de <i>C. articulatus</i> , en la costa rocosa del intermareal de Puerto Ángel, Oaxaca y Barras de Piaxtla, Sinaloa, a lo largo del año 2023.....	44
Tabla 10. Parámetros e indicadores de ajuste de los modelos confrontados para calcular la relación logarítmica longitud total – peso total de los organismos subadultos de <i>C. articulatus</i> , en la costa rocosa del intermareal de Puerto Ángel, Oaxaca y Barras de Piaxtla, Sinaloa, a lo largo del año 2023.....	45

Tabla 11. Intervalos de confianza de los parámetros de los modelos que presentaron evidencia estadística para calcular la relación logarítmica entre longitud total y peso total de <i>C. articulatus</i> de las dos poblaciones extremo de su distribución.....	82
Tabla 12. Intervalos de confianza de los parámetros de los modelos que presentaron evidencia estadística para calcular la relación logarítmica entre longitud total y peso total de los organismos juveniles de <i>C. articulatus</i> de las dos poblaciones extremo de su distribución geográfica.....	83
Tabla 13. Intervalos de confianza de los parámetros de los modelos que presentaron evidencia estadística para calcular la relación logarítmica entre longitud total y peso total de los organismos subadultos de <i>C. articulatus</i> de las dos poblaciones extremo de su distribución geográfica.....	84
Tabla 14. Intervalos de confianza de los parámetros de los modelos que presentaron evidencia estadística para calcular la relación logarítmica entre longitud total y peso total de los organismos adultos de <i>C. articulatus</i> de las dos poblaciones extremo de su distribución geográfica.....	85