

Accepted Manuscript / Manuscrito Aceptado

Title Paper/Título del artículo:

Primer reporte de lordosis en el dorado, *Coryphaena hippurus* (Linnaeus, 1758) (Carangiformes: Coryphaenidae), en el sureste de la costa de México

First report of lordosis in the dolphinfish, *Coryphaena hippurus* (Linnaeus, 1758) (Caringiformes: Coryphaenidae), on the southern coast of Mexico

Authors/Autores: Anislado-Tolentino, V., Rosales-Vásquez, J.I., Wakida-Kusunoki, A. T., Del Moral-Flores L. F.

ID: e1946

DOI: <https://doi.org/10.15741/revbio.12.e1946>

Received/Fecha de recepción: May 02th 2024

Accepted /Fecha de aceptación: July 30th 2025

Available online/Fecha de publicación: August 18th 2025

Please cite this article as/Como citar este artículo: Anislado-Tolentino, V., Rosales-Vásquez, J.I., Wakida-Kusunoki, A. T., Del Moral-Flores L. F. (2025). First report of lordosis in the dolphinfish, *Coryphaena hippurus* (Linnaeus, 1758) (Caringiformes: Coryphaenidae), on the southern coast of Mexico. *Revista Bio Ciencias*, 12, e1946. <https://doi.org/10.15741/revbio.12.e1946>

This is a PDF file of an unedited manuscript that has been accepted for publication. As a service to our customers we are providing this early version of the manuscript. The manuscript will undergo copyediting, typesetting, and review of the resulting proof before it is published in its final form. Please note that during the production process errors may be discovered which could affect the content, and all legal disclaimers that apply to the journal pertain.

Este archivo PDF es un manuscrito no editado que ha sido aceptado para publicación. Esto es parte de un servicio de Revista Bio Ciencias para proveer a los autores de una versión rápida del manuscrito. Sin embargo, el manuscrito ingresará a proceso de edición y corrección de estilo antes de publicar la versión final. Por favor note que la versión actual puede contener errores de forma.

Artículo original

Primer reporte de lordosis en el dorado, *Coryphaena hippurus* (Linnaeus, 1758) (Carangiformes: Coryphaenidae), en el sureste de la costa de México

First report of lordosis in the dolphinfish, *Coryphaena hippurus* (Linnaeus, 1758) (Caringiformes: Coryphaenidae), on the southern coast of Mexico

Lordosis en el dorado/ Lordosis in dolphinfish

Anislado-Tolentino, V.¹ *, Rosales-Vásquez, J. I.¹ , Wakida-Kusunoki, A. T.² , Del Moral-Flores L. F.³ 

¹Grupo de Investigadores Libres Sphyrna. Boulevard del Cimatario 439. Constelación. CP 76087 Querétaro, Querétaro, México

² Centro Regional de Investigación Acuícola y Pesquera de YucaPETÉN, Instituto Mexicano de Investigación en Pesca y Acuicultura Sustentables. Boulevard del Pescador s/n esquina Antigua Carretera a Chelem, CP 97320 YucaPETÉN, Yucatán, México

³Laboratorio de Zoología, Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México, Av. de los Barrios No. 1, Los Reyes Iztacala, CP 54090 Tlalnepantla, Estado de México, México

***Corresponding Author:**

[Vicente Anislado-Tolentino](mailto:anislado@gmail.com). Grupo de Investigadores Libres Sphyrna. Boulevard del Cimatario 439. Constelación. CP 76087 Querétaro, Querétaro. México. Teléfono: (+52) 442 623 7563. E-mail: anislado@gmail.com

RESUMEN

La presencia de lordosis en el pedúnculo caudal en un dorado, *Coryphaena hippurus*, es reportada por primera vez en aguas mexicanas. Durante un torneo de pesca en Puerto Ángel, Oaxaca, fue capturado un ejemplar macho adulto de 93 cm de longitud furcal. Este organismo exhibió una deformidad significativa en las vértebras caudales 10 a 14. A pesar de la deformidad, se determinó que era funcional para la población. El factor de condición alométrica fue 1.1. Su edad probable fue de uno a tres años. La deformidad probablemente se debe a los efectos teratógenos de los contaminantes hidrocarburos o agroquímicos volcados en la costa. Se recomienda una vigilancia continua de los recursos pesqueros para detectar casos de anomalías externas e identificar sus causas, ya que se pueden utilizar para establecer medidas de mitigación ambiental. Tanto para reducir su prevalencia como para convertirlos en bioindicadores del estado de salud del ecosistema.

PALABRAS CLAVE:

Dorado, anomalía vertebral, efectos teratogénicos, costa de Oaxaca, Contaminación costera

ABSTRACT

The presence of lordosis in the caudal peduncle of a dolphinfish, *Coryphaena hippurus*, was reported for the first time in Mexican waters. During a fishing tournament in Puerto Angel, Oaxaca, an adult male measuring 93 cm in fork length was captured. This organism exhibited a significant deformity in caudal vertebrae 10 to 14. Despite the deformity, it was determined to be functional for the population. The allometric condition factor was 1.1. Its probable age is one to three years. The deformity is likely due to the teratogenic effects of hydrocarbon or agrochemical pollutants dumped on the coast. Continuous monitoring of fishery resources is recommended to detect cases of external anomalies and identify their causes, as these can be used to establish environmental mitigation measures. Both to reduce their prevalence and to make them as bioindicators of the health status of the ecosystem.

KEY WORDS

Dolphinfish, vertebral anomaly, teratogenic effects, Oaxaca coast, coastal pollution.

Introducción

El dorado (*Coryphaena hippurus*, Linnaeus, 1758) es un pez tropical y subtropical con un alto potencial reproductivo y rápido crecimiento, alcanzando la madurez sexual a los 4 o 5 meses de edad. Frecuentemente se asocia con objetos flotantes, donde depreda a otros peces óseos, crustáceos y calamares (Randall, 1995). Este pez, que puede llegar a pesar hasta 30 kg, es muy apreciado por su sabor y su gran tamaño. Sin embargo, en México, esta especie solo puede ser objetivo directo de la pesca deportiva, aunque existe un volumen considerable de pesca incidental en las flotas comerciales de palangre y costeras de ambas costas (DOF, 2015; 2023). Dada la alta resiliencia de esta especie, se han reportado anomalías en aguas de la India: una de hermafroditismo (Retheesh et al., 2017) y otra con escoliosis y lordosis (Sudhan et al., 2018). De estas anomalías, las más importantes son las que afectan el esqueleto, ya que la curvatura de la columna vertebral afecta la capacidad del pez para nadar eficientemente y capturar alimento. Esto podría causar una mayor susceptibilidad a enfermedades, con una reducción en la esperanza de vida, y generar pérdidas económicas al reducir el valor comercial del pez. Aunque las anomalías esqueléticas en peces son más comunes en ambientes controlados, como las granjas piscícolas, en la vida silvestre una combinación de contaminantes puede resultar en cambios en la distribución vertical de las larvas en respuesta a las variaciones en la concentración de oxígeno y la exposición a la luz ultravioleta en la columna de agua, lo que puede conducir a este tipo de anomalías (Pasparakis, 2017). Otros factores a considerar incluyen la genética. Las infecciones parasitarias pueden causar daño tisular y afectar la estructura de la columna vertebral. El trauma causado por colisiones con objetos, depredadores o cambios repentinos en las condiciones ambientales también puede provocar lesiones en la médula espinal. La falta de nutrientes, especialmente durante periodos de escasez de alimentos, puede debilitar los huesos y contribuir a las deformidades (Eissa et al., 2021). Este artículo analiza las anomalías en el esqueleto

axial de un dorado macho capturado frente a la costa de Oaxaca, México, con la presencia de lordosis caudal.

Material y Métodos

Durante el torneo de pesca de Puerto Ángel (96°11'28"W, 15°39'56"N) realizado el 27 de enero de 2012, se capturó un ejemplar macho de dorado macho (*C. hippurus*, Linnaeus, 1758) con una lordosis acentuada en el pedúnculo caudal. El área de captura abarca desde la playa "La Ventanilla" (96°11'28"W, 15°40'09"N) hasta la playa "La Boquilla" (96°27'55"W, 15° 41'N) en las isobatas de 50 a 100 m (Figura 1).

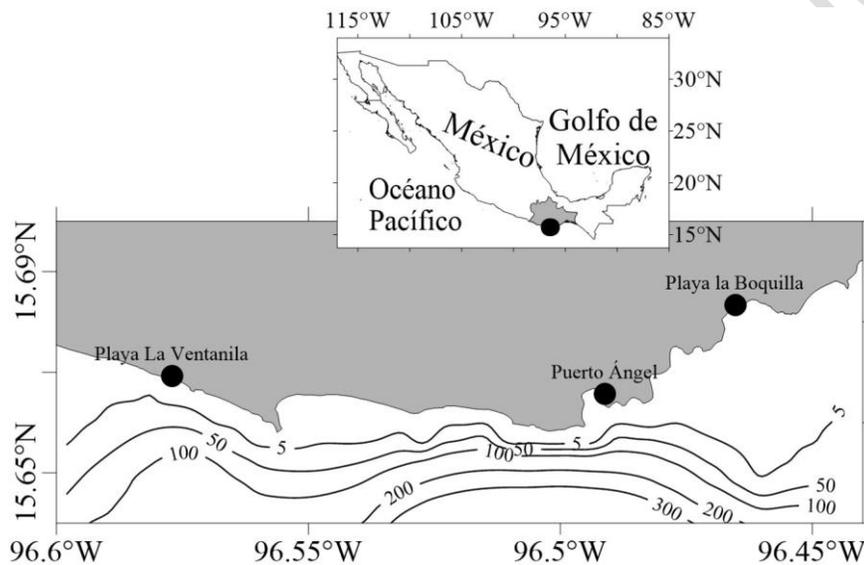


Figura 1. Área de captura en el estado de Oaxaca para el dorado, *Coryphaena hippurus* con lordosis. La captura se realizó entre las isobatas de los 50 a 100 metros. Fuente: Elaboración propia a partir los vectores para el mapa de <https://gadm.org/maps/MEX.html>, y datos de profundidad de <https://download.gebco.net/>

Se midieron diferentes longitudes corporales (estándar y furcal; SL y FL, por sus siglas en inglés) al centímetro más cercano usando un flexómetro. El peso total (TW por sus siglas en inglés) se obtuvo con una báscula de gancho WeiHeng con una capacidad de 10 - 50,000 g (+/- 10 g), y se tomaron fotografías con una cámara Canon EOS Rebel 500D. El estado de madurez se determinó por el espacio ocupado por las gónadas y su apariencia macroscópica, según los criterios establecidos por Brown-Peterson et al. (2011). Después del proceso de fileteado del pez realizado por los pescadores que lo capturaron, se recolectó la columna vertebral anormal. La columna recolectada se limpió, en una primera etapa, utilizando baños de agua hirviendo y cepillándola cada 5 minutos durante 40 minutos. Posteriormente, se realizó un baño de hipoclorito de sodio (3.2 %) durante una hora y se efectuó un cepillado vigoroso. Después de eso, se hizo un baño neutralizante con hidróxido de sodio al 0.3 % durante 4 horas, seguido de dos enjuagues de 20 minutos usando agua corriente y un proceso final de secado a la sombra. El área afectada del esqueleto axial fue revisada usando la terminología de Potthoff (1980), que define que el complejo caudal

(esqueleto caudal) se sostiene en las cuatro vértebras preurales. El índice de curvatura (CI, por sus siglas en inglés) se calculó usando la fórmula propuesta por Louiz et al. (2007): $CI = (CD/SL)100$, donde CD (siglas en inglés) es la profundidad de la curvatura, medida desde la parte dorsal de la vértebra apical hasta la línea de tangencia a la parte ventral de las dos vértebras que limitan la curvatura.

La condición de salud del espécimen se comparó con el valor teórico del factor de condición alométrico ($K = \text{peso observado} / \text{peso teórico}$; Froese, 2006). Además, se determinó la posible edad del espécimen para determinar indirectamente la resiliencia; para ambos casos, se utilizaron las funciones: $TW = 4 \times 10^{-6} FL^{3.1435}$ y $FL = 126.3(1 - e^{-1(t+0.0385)})$, donde t es la edad, ambas propuestas por Alejo-Plata et al. (2011) para el dorado de la costa de Oaxaca.

Resultados y Discusión

El organismo recolectado fue un macho con 93 cm de FL, 87 cm de SL (Figura 2) y con un peso total de 6.2 kg. El estado de madurez se determinó como "capaz de fecundar" (III), presentando expulsión de semen con una suave presión en el abdomen. Se observó una contusión significativa en la parte occipital frontal de la cabeza, causada por los pescadores en el momento de la captura, lo que provocó la descalificación del pez en el torneo. Externamente, el pez presentaba lordosis al inicio del pedúnculo caudal.

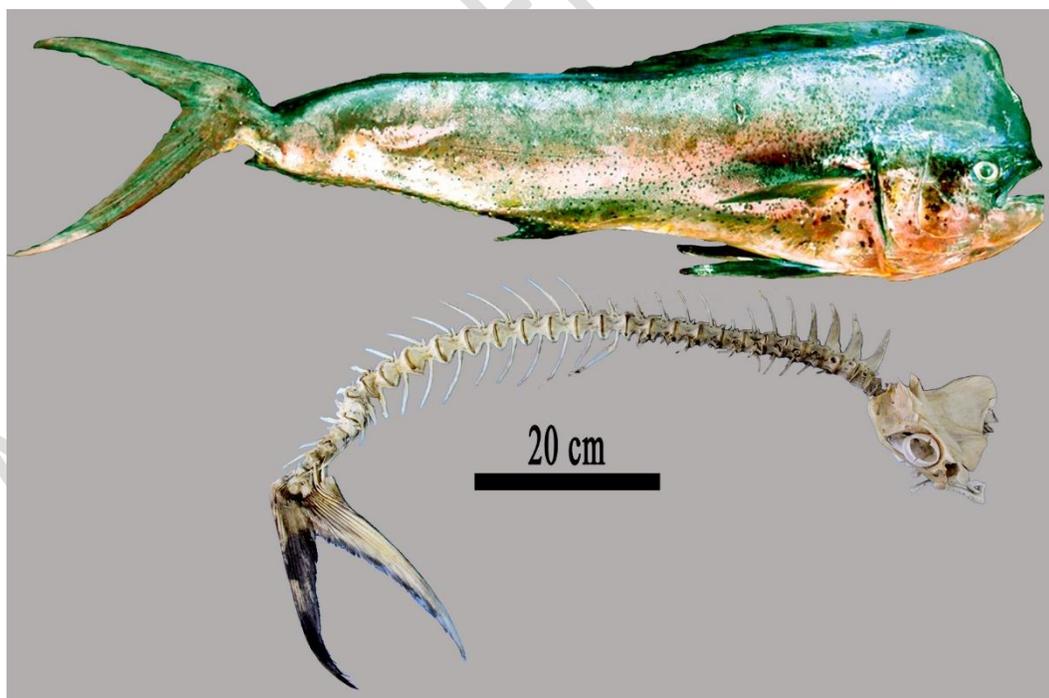


Figura 2. Ejemplar de dorado (*Coryphaena hippurus*) con lordosis en el pedúnculo caudal capturado en la costa de Oaxaca. Arriba, ejemplar fresco; abajo esqueleto axial del mismo ejemplar. Fotos por Vicente Anislado-Tolentino. Fuente: Elaboración propia a partir de fotografías de Vicente Anislado-Tolentino.

La columna vertebral presentó 13 vértebras precaudales y 18 vértebras caudales (incluyendo las vértebras ural + preural 1). La deformidad de las vértebras comienza en la vértebra caudal (CV, por sus siglas en inglés) 10 (Figura 3), la cual exhibe en su parte posterior una reducción significativa en su longitud, mientras que la parte posterior de la CV11 está similarmente reducida. Esta reducción es más pronunciada ventralmente, causando una desviación que forzó a la parte anterior de la CV12 a tener una deformación que se sobrelapa con la CVC11. La CV12 es amorfa, orientada hacia la parte ventral del pez y está parcialmente fusionada con la CV13 en su parte dorsal.

Las espinas neurales de la CV12 y CV13 están fusionadas con la prezigopófisis dorsal de la VC13. La prezigopófisis dorsal de la CV14 está engrosada, reducida a casi la mitad de su longitud en su parte posterior y fusionada en su ápice con el arco neural de la CV13. Para la CV11, no se observa postzigopófisis ventral, y en la CV12 la zigopófisis ventral está ausente, mientras que en la CV13 la postzigopófisis ventral es rudimentaria. La CV15 presenta un cuerpo vertebral "normal" pero con la ausencia de la espina neural. En la CV17 (Preural 2 del complejo caudal) se observa que el arco neural especial ("Na") está fusionado en su ápice con la prezigopófisis dorsal de la vértebra ural (Ur = Ur + P1 = CV17).

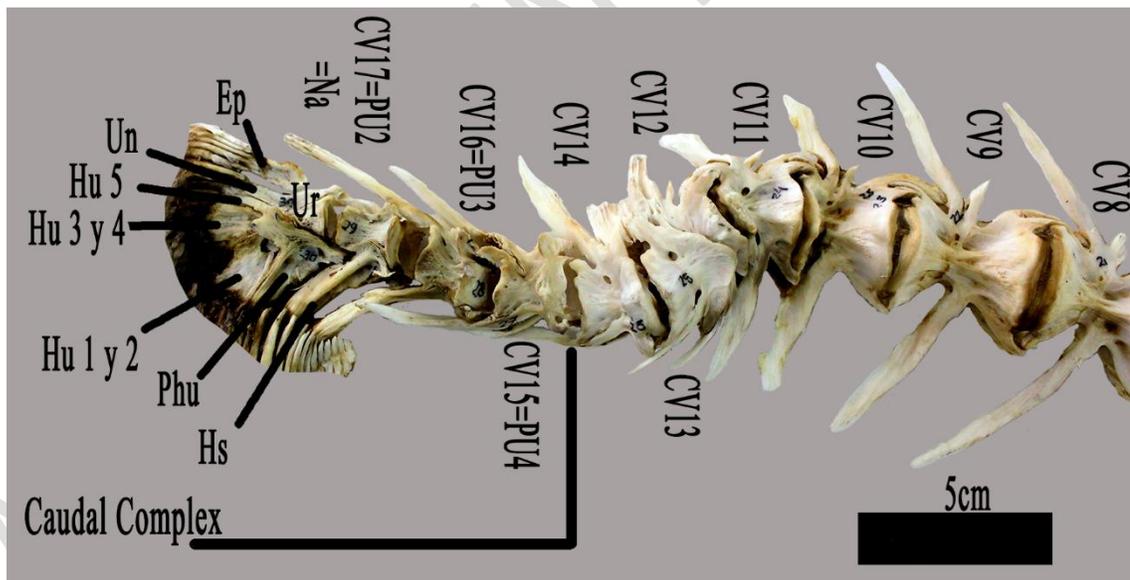


Figura 3. Área del esqueleto axial afectada con lordosis en el ejemplar de dorado (*Coryphaena hippurus*) capturado en la costa de Oaxaca. Vértebra caudal (CV), Arco neural especial (Na), Vertebra preural (Pu), vertebra ural (Ur), Espina hemal (Hs), Uro neural (Un), paripurales (Phu), Hipourales (Hu), las siglas usadas por el inglés. Fuente: Elaboración propia a partir de fotografías de Vicente Anislado-Tolentino.

La profundidad de la curvatura se midió desde el ápice de la CV11 hasta la línea tangente entre CV9 y CV14, lo que resultó en un valor de CI de 5.67. Basado en el factor de condición alométrico ($K = 1.1$), el espécimen estaría por encima de los

valores teóricamente esperados, indicando una excelente salud. Además, la edad estimada es de aproximadamente un año y de tres a cuatro meses.

Solo existe un caso previamente documentado de lordosis en un macho de esta especie: un individuo con una longitud furcal (FL) de 101 cm (Sudhan et al., 2018). El índice de condición alométrico ($K = 0.861$) calculado estuvo muy cerca del umbral inferior para especímenes normales ($K = 0.86$). Sin embargo, en este caso, el espécimen analizado presentó valores para un individuo completamente sano y sexualmente maduro, con testículos completamente desarrollados y capaces de fertilizar. Jawad & Ibrahim (2018) reportan cinco especies de peces silvestres de la misma área en el Golfo Pérsico con deformidades en el esqueleto axial. Hipotetizan que la contaminación por hidrocarburos podría ser responsable al alterar la composición química y los procesos biológicos que conducen a la formación de las vértebras, o al afectar los procesos neurológicos que pueden deformar las estructuras duras sin necesidad de cambios.

Mariasingarayan et al. (2024) encontraron qué en seis especies nativas de peces silvestres con diferente hábitat, alimentación y actividad natatoria, la causa de las deformidades del esqueleto axial tenía la misma etiología ya que los especímenes fueron recolectados en la misma área. Pasparakis (2017) ha mencionado previamente que los cambios en la distribución vertical del oxígeno y la radiación UV debido a la contaminación por hidrocarburos promueven alteraciones en los procesos químicos y físicos de los peces. Este tipo de contaminación puede disminuir la concentración de oxígeno disuelto a niveles que pueden generar hipoxia en los peces, condición conocida como uno de los principales factores teratogénicos en el desarrollo anormal del esqueleto axial en la acuicultura (Bagowski et al., 2011).

Siendo el dorado una especie altamente migratoria, se hipotetiza que el espécimen estudiado pudo haber estado expuesto a los efectos de la contaminación por hidrocarburos cerca de Salina Cruz, Oaxaca, donde la refinería "Ing. Antonio Dovali Jaime" y el pozo petrolero "Salina Cruz" son conocidos por haber sido responsables de altas emisiones de dióxido de azufre y desechos de hidrocarburos al mar. Otra de las posibles fuentes de teratógenos son los compuestos agroquímicos arrastrados por los desagües pluviales hacia la costa. Los efectos e impactos en la capacidad de nado y el metabolismo del dorado como resultado de incidentes relacionados con la industria petrolera en el Golfo de México están bien documentados (Stieglitz et al., 2016). Estos contaminantes pueden persistir en la zona pelágica y afectar a los peces en sus primeras etapas de vida. La mayoría de las larvas y embriones de dorado expuestos, bajo pruebas controladas, a altas concentraciones de pesticidas y biocidas (ej. cloruro de cobre y cloruro de tributilestaño) presentaron alta letalidad y efectos teratogénicos (Adema-Hannes & Shenker, 2008).

Conclusiones

Los peces anómalos pueden servir como bioindicadores de impactos ambientales negativos. La presencia de anomalías en peces de importancia comercial y deportiva debe estudiarse con mayor detalle para determinar las causas y diseñar estrategias para minimizarlas. Por otro lado, la reducción de peso inducida por anomalías puede llevar al rechazo por parte del consumidor, lo que resulta en una disminución del valor

de la captura e incluso el rechazo de la zona de pesca, reduciendo el turismo y el bienestar general de los locales.

Contribución de los autores

Conceptualización del trabajo, VAT, JIRV, ATWK, LFDMF.; desarrollo de la metodología, VAT, JIRV, ATWK, LFDMF.; manejo de software, VAT.; Manejo de datos, VAT, JIRV, ATWK, LFDMF.; escritura y preparación del manuscrito, VAT, JIRV, ATWK, LFDMF.; redacción, revisión y edición, VAT, JIRV, ATWK, LFDMF.; administrador de proyectos, VAT.; adquisición de fondos, VAT, JIRV, ATWK, LFDMF.

Todos los autores de este manuscrito han leído y aceptado la versión publicada del mismo.

Financiamiento

Esta investigación no recibió financiamiento externo

Declaraciones éticas

Esta investigación no involucró el manejo de animales regulados y no requirió la aprobación de un Comité de Ética.

Declaración de consentimiento informado

Se obtuvo consentimiento informado de todos los sujetos involucrados en el estudio.

Agradecimientos

Agradecemos a los organizadores del torneo de pesca deportiva por la invitación a formar parte del jurado y por su apoyo en la recolección de datos y muestras biológicas. Apreciamos también el apoyo de la bióloga marina Nancy Elizabeth Ruíz Pérez en la limpieza del esqueleto del espécimen, y a Marcella Lucente por la corrección del estilo en inglés.

Conflicto de interés

Los autores declaran no tener conflicto de interés

Referencias

- Alejo-Plata, C., Gómez-Márquez, J.L., & Salgado-Ugarte, I.H. (2011). Edad y crecimiento del dorado *Coryphaena hippurus*, en el Golfo de Tehuantepec, México. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 46(2), 125-134. <https://rbmo.uv.cl/resumenes/v462/462-125.pdf>
- Adema-Hannes, R., & Shenker, J. (2008). Acute lethal and teratogenic effects of tributyltin chloride and copper chloride on mahi mahi (*Coryphaena hippurus*) eggs and larvae. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 27 (10), 2131–2135. <https://doi.org/10.1897/07-369.1>
- Bagowski, C.P., Bertola L.D., Schoonheere E., Wilms I., Kabli S., Alia A., & M.de Groot, HG. (2011). Effects of hypoxia on buoyancy control and the development of lordosis in physostomous and physoclistous fish species. *Research and Reviews in Bioscience*, 5(1), 1-7. <https://www.tsijournals.com/abstract/effects-of-hypoxia-on-buoyancy-control-and-the-developmentnof-lordosis-in-physostomous-and-physoclistous-fish-species-4242.html>
- Brown-Peterson, N.J., Wyanski, D.M., Saborido-Rey, F., Macewicz, B.J., & Lowerre-Barbieri, S.K. (2011). A

standardized terminology for describing reproductive development in fishes. *Marine and Coastal Fisheries*, 3(1), 52–70. <https://doi:10.1080/19425120.2011.555724>

Diario Oficial de la Federación [DOF]. (2015). Ley General de Pesca y Acuicultura Sustentables. Nueva Ley publicada en el Diario Oficial de la Federación el 24 de julio de 2007 y última reforma publicada en el Diario Oficial de la Federación el 4 de junio de 2015. CONAPESCA. <https://www.gob.mx/conapesca/documentos/ley-general-de-pesca-y-acuiculturasustentables>

Diario Oficial de la Federación [DOF]. (2023). Acuerdo mediante el cual se da a conocer la Actualización de la Carta Nacional Pesquera. SAGARPA. Diario Oficial de la Federación. Publicado el 21 de junio de 2023 https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5696337&fecha=21/07/2023#gsc.tab=0

Eissa, A.E., Abu-Seida, A.M., Ismail, M.M., Abu-Elala, N.M., & Abdelsalam, M. (2021). A comprehensive overview of the most common skeletal deformities in fish. *Aquaculture Research*, 00, 1-12. <https://doi.org/10.1111/are.15125>

Froese, R. (2006). Cube law, condition factor and weight-length relationships: history, metaanalysis and recommendations. *Journal of Applied Ichthyology*, 22(4), 241–253. <https://doi:10.1111/j.1439-0426.2006.00805.x>

Jawad, L. A., & Ibrahim, M. (2018). Environmental oil pollution: a possible cause for the incidence of ankylosis, kyphosis, lordosis and scoliosis in five fish species collected from the vicinity of Jubail City, Saudi Arabia, Arabian Gulf. *International Journal of Environmental Studies*, 75(3), 425–442. <https://doi:10.1080/00207233.2017.1409978>

Louiz, I., Menif, D., Ben Attia, M., & Ben Hassine, O.K. (2007). Incidence des déformations squelettiques chez trois espèces de Gobiidae de la lagune de Bizerte (Tunisie). *Cybium*, 31, 209–216. <https://doi.org/10.26028/cybium/2007-312-014>

Mariasingarayan, Y., Danaraj, J., Veeraiyan, N., Fjellidal, P.G., Karuppiah, K., & Narayanasamy, R. (2024). Vertebral column deformity in six species of wild fish at the Coromandel coast, Bay of Bengal India. *Aquaculture and Fisheries*, 9 (4), 635-641. <https://doi.org/10.1016/j.aaf.2022.05.004>

Pasparakis, C., Sweet, L.E., Stieglitz, J.D., Benetti, D., Casente, C.T., Roberts, A.P., & Grosell, M. (2017). Combined effects of oil exposure, temperature and ultraviolet radiation on buoyancy and oxygen consumption of embryonic mahi-mahi, *Coryphaena hippurus*. *Aquatic Toxicology*, 191, 113–121. <https://doi:10.1016/j.aquatox.2017.07.021>

Potthoff, T. (1980). Development and structure of fins and fin supports in dolphin fishes *Coryphaena hippurus* and *Coryphaena equiselis* (coryphaenidae). *Fishery Bulletin*, 78 (2), 277-312. https://fisherybulletin.nmfs.noaa.gov/sites/default/files/pdf-content/fishbull/potthoff_0.pdf

Randall, J.E., (1995). Coastal fishes of Oman. University of Hawaii Press, Honolulu, Hawaii. 439 p.

Retheesh, T.B., Roul, S.K., Prakasan, D., Beni, N., Thangaraja, R., & Abdussamad, E.M. (2017). First Record of Abnormal Hermaphroditism in the Common Dolphin Fish, *Coryphaena hippurus* (Linnaeus, 1758). *Thalassas: An International Journal of Marine Sciences*, 33(2), 173–177. <https://doi:10.1007/s41208-017-0034-1>

Stieglitz, J.D., Mager, E.M., Hoenig, R.H., Benetti, D.D., & Grosell, M. (2016). Impacts of Deepwater Horizon crude oil exposure on adult mahi-mahi (*Coryphaena hippurus*) swim performance. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 35 (10), 2613–2622. <https://doi.org/10.1002/etc.3436>

Sudhan, C., Ramesh, K., Patadiya, D.S., Aurobinda, U., & Ranjithkumar, K. (2018). Observation of skeletal abnormality in dolphin fish *Coryphaena hippurus* (Linnaeus, 1758) at Tharuvaikulam fish landing centre, Thoothukudi, district of Tamil Nadu. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 6(2), 735-740 <https://www.entomoljournal.com/archives/2018/vol6issue2/PartJ/5-3-215-138.pdf>