

Distribución Potencial Actual del Dorado (*Coryphaena hippurus*) en el Ecosistema Pelágico de la Costa Sureste del Océano Pacífico Mexicano

Current potential distribution of the Dorado (*Coryphaena hippurus*) in the pelagic ecosystem of the southeast coast of the Mexican Pacific Ocean

Manuel Alejandro Ruiz-Mayorga¹

alex21530@outlook.com • ORCID: 0009-0008-8753-8976

Tamara Rioja-Paradela²

tamara.rioja@unicach.mx • ORCID: 0000-0003-2127-0790

Arturo Carrillo-Reyes³

arturo.carrillo@unicach.mx • ORCID: 0000-0001-8351-5496

Francisco López-Rasgado⁴

franciscoj.lopez@unicach.mx • ORCID: 0000-0002-2982-3110

Leonel Santizo-López⁵

leonel.santizol@e.unicach.mx • ORCID: 0000-0002-1290-5072

1 MAESTRÍA EN CIENCIAS EN DESARROLLO SUSTENTABLE Y GESTIÓN DE RIESGOS
FACULTAD DE INGENIERÍA, UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

2 POSGRADO EN DESARROLLO SUSTENTABLE Y GESTIÓN DE RIESGOS, FACULTAD
DE INGENIERÍA. UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

3 OIKOS: CONSERVACIÓN Y DESARROLLO SUSTENTABLE, A.C.

SAN CRISTÓBAL DE LAS CASAS, CHIAPAS, MÉXICO

4 UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

INSTITUTO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS, SEDE TONALÁ, CHIAPAS MÉXICO

5 DOCTORADO EN CIENCIAS EN BIODIVERSIDAD Y CONSERVACIÓN DE
ECOSISTEMAS TROPICALES. INSTITUTO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS, UNIVERSIDAD
DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

Para citar este artículo:

Ruiz Mayorga, M. A., Rioja Paradela, T., Carrillo Reyes, A., López Rasgado, F., & Santizo López, L. Distribución potencial actual del Dorado (*Coryphaena hippurus*) en el ecosistema pelágico de la costa sureste del Océano Pacífico Mexicano. *Espacio I+D, Innovación más Desarrollo*, 13(38). <https://doi.org/10.31644/IMASD.38.2024.a04>

RESUMEN

Las actividades antropogénicas han derivado en un acelerado calentamiento global, que está elevando la temperatura media de la atmósfera terrestre y de los océanos. El mal manejo de las actividades productivas en los océanos ha resultado en problemas ambientales como la sobrepesca y la contaminación, afectando negativamente la distribución y las dinámicas poblacionales de muchas especies de fauna marina. Una de las especies importantes en el ecosistema pelágico es el dorado (*Coryphaena hippurus*), uno de los principales depredadores marinos cuya función ecológica es controlar las poblaciones de peces herbívoros, manteniendo así el equilibrio de la trama alimenticia. Por ello, la extinción de esta especie podría producir un desequilibrio de tipo “top-down” en el ecosistema pelágico. Esta investigación tiene el objetivo, por primera vez, modelar la distribución potencial actual del dorado (*C. hippurus*) a lo largo de toda la costa del Pacífico mexicano mediante el algoritmo de Máxima Entropía (MaxEnt), a partir del contraste de factores ecológicos y climáticos con los registros de la especie reportados en bases de datos científicas como SNIB-CONABIO (Sistema Nacional de Información en Biodiversidad-Comisión nacional para el Uso y Conocimiento de la Biodiversidad) y Gbif. Los resultados sugieren que el dorado (*C. hippurus*) se distribuye a lo largo de toda la costa del Pacífico mexicano, ampliando así el área de distribución anteriormente reportada en la literatura científica para el norte de la costa de los Estados Unidos de América. Las tres variables que más contribuyeron a explicar el modelo de distribución potencial fueron la Temperatura Máxima a Mínima Profundidad, la Temperatura Mínima a Media Profundidad, y el Nitrato con un Rango a Máxima Profundidad. Estos resultados proporcionan información clave para determinar las áreas prioritarias de conservación (manejo sustentable) del dorado (*C. hippurus*) en la costa mexicana, así como las variables ambientales que influyen en su distribución.

Palabras Clave:

Distribución; manejo sustentable; modelado; peces; sistema de información geográfica.

— Abstract—

Anthropogenic activities have led to accelerated global warming that is raising the average temperature of the Earth's atmosphere and oceans; the poor management of productive activities in the oceans results in environmental problems, such as overfishing and pollution, negatively affecting the distribution and population dynamics of many marine fauna species. One of the important species in the pelagic ecosystem is the Mahi-Mahi (*Coryphaena hippurus*), one of the main marine predators whose ecological function is to control the populations of herbivorous fish and thereby maintain the balance of the food web; therefore, the extinction of this fish can produce a "top-down" imbalance in the pelagic ecosystem. The present research aims, for the first time, to model the current potential distribution of Mahi-Mahi (*C. hippurus*) along the entire Mexican Pacific coast (using the Maximum Entropy algorithm or MaxEnt), based on the contrast of ecological and climatic factors with the species' records reported in scientific databases such as SNIB-CONABIO (National System of Information on Biodiversity-National Commission for the Use and Knowledge of Biodiversity) and Gbif. The results suggest that Mahi-Mahi (*C. hippurus*) is distributed along the entire Mexican Pacific coast, expanding the distribution area previously reported in the scientific literature to the north coast of the United States of America. The three variables that most contributed to explaining the potential distribution model were Maximum Temperature at Minimum Depth, Minimum Temperature at Medium Depth, and Nitrate with a Range at Maximum Depth. These results provide key information to determine the priority conservation areas (sustainable management) of Mahi-Mahi (*C. hippurus*) on the Mexican coast and the environmental variables that influence its distribution.

Keywords:

Distribution; sustainable management; modeling; fishes; geographic information systems.

El océano es cuna de vida de nuestro planeta y representa, además, el hábitat más extenso de la biósfera. Los océanos poseen una gran biodiversidad (Duarte, 2006). En un nivel fundamental, la vida marina contribuye a determinar la naturaleza misma del planeta, ya que los organismos marinos producen gran parte del oxígeno que respiramos (Pérez, 2020).

Las actividades antropogénicas han derivado en un acelerado calentamiento global que está elevando la temperatura media de la atmósfera terrestre y la de los océanos. Las temperaturas de la superficie del planeta aumentan a gran ritmo, ya que en los últimos 100 años, la temperatura media global se ha incrementado en 0,76 °C (Pérez, 2020; Agustín, 2023). Aunado a ello, el mal manejo de las actividades productivas en los océanos han resultado en serios problemas ambientales, como la sobrepesca, las actividades turísticas sin control y la contaminación; estos problemas han afectado negativamente la distribución y dinámicas poblacionales de una gran cantidad de especies de fauna marina, incluyendo a los peces (Olson y Magaña, 2002).

El dorado (*C. hippurus*) es un pez considerado como uno de los principales depredadores del ecosistema marino pelágico, por lo que cobra gran relevancia al controlar la población de peces herbívoros y mantener el equilibrio de la trama alimenticia; su extinción ocasionaría un efecto negativo en la cascada trófica local y regional (Verheye et al., 1998). Por otra parte, esta especie desempeña un papel importante no solo en la pesca comercial (muy consumida en México), sino, sobre todo, en la pesca deportiva a lo largo de toda la costa del Pacífico en América del Norte (CONAPESCA, 2016).

De acuerdo con Palko et al. (1982), históricamente esta especie se ha distribuido en aguas tropicales y subtropicales. Si bien, Salvadeo et al. (2020) registraron su distribución potencial a lo largo de la zona norte del Océano Pacífico, desde el norte de los Estados Unidos de América hasta el estado de Baja California Sur en México, actualmente se desconoce su distribución potencial a lo largo del resto de la costa del Pacífico mexicano.

Es por ello que el objetivo del presente estudio fue determinar la distribución potencial actual del dorado (*C. hippurus*) en el ecosistema pelágico del Pacífico mexicano, mediante el algoritmo de Máxima Entropía (MaxEnt), a partir del contraste de factores ecológicos y climáticos con los registros de la especie reportados en bases de datos científicas como SNIB-CONABIO (Sistema Nacional de Información en Biodiversidad-Comisión Nacional para el Uso y Conocimiento de la Biodiversidad) y Gbif. (Guisan y Thuiller, 2005). Esta información será clave para identificar no solo áreas prioritarias de conservación (manejo sustentable), sino también para identificar qué variables ambientales influyen en la distribución de esta especie, y con ello proponer futuros planes de manejo sustentable de la pesca comercial y deportiva de este pez a lo largo de la costa del Pacífico mexicano (Botsford, 1997; Fonteneau y Tellería, 2012).

MÉTODOS

Área de estudio

El área de estudio abarcó toda la costa del Pacífico mexicano, entre las coordenadas de 14°33'15"N 92°15'37"E y 32°28'48"N 117°06'20"E. Esta región de litoral está conformada por once de las treinta y dos entidades federativas del país, concentrando el 46 % de los municipios de todo México. En conjunto, el área de estudio abarcó una superficie de 804 000 km², es decir, el 41 % del territorio nacional, y posee una línea de costa de 7,828 km del Océano Pacífico (70 % del total del litoral mexicano; López, 2018; Figura 1). En esta área no solo se localiza el 80 % del potencial pesquero mexicano, sino que también concentra la mayor actividad pesquera de especies masivas y de alto valor comercial, como el camarón, el ostión, la sardina, la langosta, la anchoveta, el atún, el abulón y el sargazo (Poo et al., 2002).

*Base de datos de registros de *C. hippurus* y de variables ambientales marinas*

Los registros de presencia de la especie se descargaron de las bases de datos científicas SNIB-CONABIO (Sistema Nacional de Información en Biodiversidad-Comisión Nacional para el Uso y Conocimiento de la Biodiversidad) (CONABIO, 2008), y de Gbif (GBIF, 2022); solo se utilizaron registros que tuvieran coordenadas claras. Para eliminar cualquier error en el modelado, los registros fueron depurados en el software Qgis (QGIS.org, 2022), eliminando todos aquellos con datos dudosos o repetitivos, y aquellos que se encontraron sobre el área continental o a menos de 500 m de este. Al finalizar esta primera limpieza se contó con un total de 18,728 registros de *C. Hippurus* (obtenidos desde el 2000 hasta el 2022). Posteriormente, se llevó a cabo una segunda limpieza para eliminar la autocorrelación espacial, considerando el tamaño del ámbito hogareño de la especie, el cual consta de 40 km/día en movimientos horizontales (Merten, 2014). Este proceso se realizó con el software R-Studio (RStudio, 2022) y el paquete "spThin" (Aiello et al., 2015; R Core Team, 2022). Finalmente, se trabajó con un total de 726 presencias de la especie.

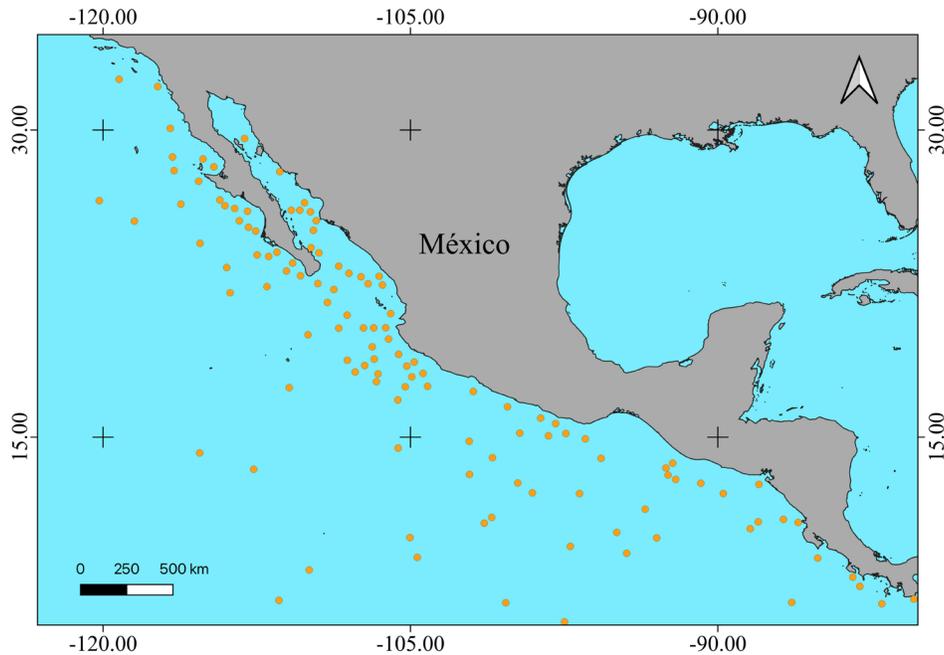


Figura 1. Registros de presencia de *Coryphaena hippurus* en el litoral de México, disponibles en bases de datos científicas

Por otra parte, se obtuvieron 76 capas ambientales (cada una correspondiente a una variable ambiental) del sistema marino a partir de la página web Bio-ORACLE v2.0 (Tyberghein et al., 2012), entre las cuáles se puede mencionar algunas como la cantidad de nitratos, la productividad primaria, la temperatura, la concentración de clorofila, y la velocidad del agua, solo por citar algunas. Estas capas ambientales se presentan en forma de rásters que proporcionan datos geofísicos, bióticos y ambientales para los reinos marinos bentónicos y de superficie. Están proyectadas con resoluciones espaciales de 5 minutos de arco (~9 km por lado) y están actualizadas y disponibles para su descarga en la versión de 2017. Las capas fueron recortadas para cubrir la totalidad del litoral mexicano.

Distribución potencial actual

Para el modelado de distribución potencial actual del dorado (*C. hippurus*) se utilizó el algoritmo de Máxima Entropía (MaxEnt) que posee una formulación matemática precisa, cuya idea básica es la de estimar (aproximar) la probabilidad de distribución desconocida de una especie (Phillips et al., 2006). La técnica primero obliga al modelo de distribución a agrupar ciertos rasgos (capas ambientales) de datos empíricos (datos de presencia), para elegir la condición de probabilidad que satisface estas limitantes (Buehler y

Ungar, 2001). Así, MaxEnt realiza un contraste entre los factores ecológicos y climáticos y los relaciona con las ocurrencias (registros) de la especie (Guisan y Thuiller, 2005).

Una vez listos los insumos (registros de la especie y capas ambientales), se corrió MaxEnt utilizando los atributos por defecto para la configuración del modelo. Se corrieron 10 réplicas del mismo, y mediante un análisis Jackknife en la etapa de calibración del modelo, se evaluó el porcentaje de aporte del resto de variables no correlacionadas. Finalmente, se seleccionaron aquellas variables con la mayor contribución al modelo y con mayor aporte biológico, de acuerdo con la literatura científica (Zúñiga-Flores, 2008).

La cartografía final del mapa de distribución potencial actual se realizó mediante el software QGIS (QGIS.org, 2022), a partir del resultado arrojado el algoritmo de MaxEnt.

RESULTADOS

Distribución potencial actual

El resultado del modelo indicó que el dorado (*C. hippurus*) se distribuye a lo largo de toda la costa del Pacífico mexicano, teniendo una mayor probabilidad de presencia (0.8862) en las áreas cercanas a las costas de los estados de Sinaloa, Baja California, Baja California Sur, Nayarit, Chiapas y la parte baja de Sonora (Figura 2).

De acuerdo con el modelo, nueve variables ambientales explicaron el 80 % de la probabilidad de distribución potencial del dorado (*C. hippurus*): Temperatura máxima a mínima profundidad, Temperatura mínima a media profundidad, Nitrato con un rango a máxima profundidad, Temperatura máxima a máxima profundidad, Concentración de clorofila máxima a máxima profundidad, Velocidad del agua con un rango a máxima profundidad, Temperatura mínima a mínima profundidad, Temperatura con un rango a media de profundidad, y Nitrato mínima a media profundidad. Las tres variables que más contribuyeron fueron la Temperatura máxima a mínima de profundidad, la Temperatura mínima a media profundidad y el Nitrato con un rango a máxima profundidad (Tabla 1).

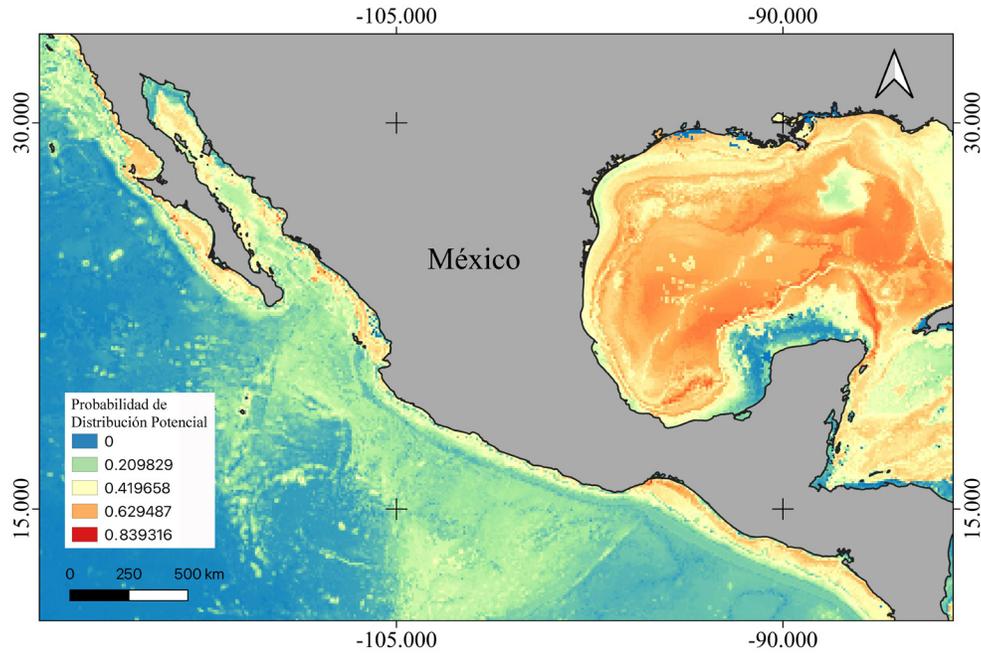


Figura 2. Distribución potencial actual del dorado (*Coryphaena hippurus*), en el ecosistema pelágico de la costa del Pacífico mexicano

Tabla 1

*Variables que contribuyeron a explicar el modelo de distribución del dorado (*C. hippurus*)*

Variabes	Porcentaje de contribución (%)
Temperatura máxima a mínima profundidad	39.2
Temperatura mínima a media profundidad	10.4
Nitrato con un rango a máxima profundidad	6.6
Temperatura máxima a máxima profundidad	5.8
Concentración de clorofila máxima a máxima profundidad	5.1
Velocidad del agua con un rango a máxima profundidad	4
Temperatura mínima a mínima profundidad	3.9
Temperatura con un rango a media de profundidad	3.6
Nitratos mínima a media profundidad	3.3

DISCUSIONES

El modelo de distribución potencial actual deja en claro que las condiciones ambientales adecuadas para la presencia del dorado (*C. hippurus*) se localizan a lo largo de toda la costa del Pacífico mexicano, desde la costa de Baja California Norte (coincidiendo con lo reportado por Salvadeo et al. en el

2020 en su estudio realizado para la costa de los Estados Unidos de América) hasta la costa de Chiapas. Nuestros resultados también coinciden con la distribución histórica de la especie reportada por Palko et al. (1982), quienes afirmaron que esta especie se distribuye en aguas tropicales y subtropicales, tanto en aguas costeras como en mar abierto, ya que el modelo MaxEnt indicó que existen también áreas adecuadas para la presencia del dorado (*C. hippurus*) en zonas de mar abierto alrededor de las islas de Revillagigedo y de otros islotes del Pacífico mexicano.

Es probable que nuestros resultados sean explicados porque a lo largo de toda la costa del Pacífico mexicano, así como en las zonas cercanas a estas islas, se encuentran los factores abióticos (temperatura, profundidad, nitratos) y bióticos (alimento, parejas), necesarios para la alimentación y reproducción del dorado (*C. hippurus*); que de acuerdo con Jonsen et al. (2003), la distribución de los organismos en los océanos está determinada por interacciones complejas entre estos factores, esenciales para el fitness de las especies. Hernández (2015) afirmó que, en la costa de Baja California Sur, los movimientos horizontales (distancia a la costa) y verticales del dorado (*C. hippurus*) están relacionados con sus hábitos alimenticios y estos, a su vez, se ven influenciados por variables oceanográficas y geográficas (termoclina-profundidad), llegando a alejarse de la costa hasta un promedio de 38 km y haciendo inmersiones más profundas durante la noche para poder cazar a sus presas. Aunado a ello, Gibbs y Collete (1959) señalaron que las condiciones adecuadas para la presencia de este pez se localizan en isotermas de 20 °C.

Las tres variables que más contribuyeron a explicar el modelo de distribución potencial del dorado (*C. hippurus*) fueron la Temperatura Máxima a Mínima Profundidad, la Temperatura Mínima a Media Profundidad, y el Nitrato con un Rango a Máxima Profundidad. Estas variables son de gran importancia para la dinámica poblacional y, por lo tanto, para la distribución de muchas especies de peces depredadores epipelágicos, incluso en diferentes partes del mundo, en regiones oceanográficas y estructuras termales similares y diferentes a las del dorado (*C. hippurus*), han mostrado una similitud en su preferencia por temperaturas superficiales y medias cálidas (Chiang et al., 2011). Ejemplos claros de esto son el marlín azul (*Makaira nigricans*) en Hawái, el cual invierte mucho de su tiempo en profundidades de no más de 10 m con aguas cálidas que oscilan entre los 26 °C y los 27 °C (Block et al., 1992); o en los juveniles de atún de aleta azul (*Thunnus thynnus*) en el occidente del Atlántico Norte, que prefieren pasar la mayor parte de su tiempo en aguas arriba de los 15 metros, con temperaturas de 20 °C (Brill et al., 2002). Para el dorado (*C. hippurus*), al ser un depredador pelágico, las temperaturas superficial y a profundidad media son muy importantes, ya que como señaló Hernández (2015), este pez se mueve durante el día en

la superficie, pero realiza inmersiones a mayores profundidades durante la noche para poder conseguir su alimento. Por su parte, Merten et al. (2014) explicaron que hay una relación directa entre los factores abióticos como la temperatura y los posibles movimientos de las presas de peces, mientras que Lasso y Zapata (1999) afirmaron que las presas de peces pelágicos como el dorado (*C. hippurus*) están compuestas de especies epipelágicas, aunque también hay registros de especies mesopelágicas que se distribuyen a profundidades medias. Zuñiga et al. (2009) y Farrel et al. (2014) sugirieron que la temperatura superficial y media del mar juega un papel clave en el ciclo reproductivo de este pez, ya que señalan que la actividad reproductiva del dorado (*C. hippurus*) tiene lugar en un rango de temperatura que va de los 21 °C a los 30 °C, con una actividad máxima en hembras y machos reproductivos a partir de los 25 °C que se intensifica conforme aumenta dicha temperatura. Esto es confirmado por García-Melgar (1995), que señaló que la costa de Baja California Norte y Baja California Sur corresponde a un área importante de reproducción, refugio y alimentación para el dorado (*C. hippurus*). A lo largo de toda la costa del Pacífico mexicano, las temperaturas promedio superficiales del mar van de los 19 °C a temperaturas mayores de 28 °C, por lo tanto, posee temperaturas óptimas para la alimentación y reproducción de esta especie (López, 2018).

En cuanto a la presencia de nitratos (tercera variable predictiva del modelo de distribución potencial del dorado), es importante señalar que la distribución espacio-temporal de este compuesto es clave para las tramas alimenticias en los océanos, es un nutriente básico y fundamental para el funcionamiento de estos ecosistemas marinos (Paparazzo et al., 2013). El nitrato es un compuesto que está presente en el ambiente en forma natural como consecuencia del ciclo del nitrógeno (Moreno et al., 2015); y en los ambientes acuáticos, el proceso de absorción de nitrógeno es ejercido principalmente por el fitoplancton y bacterio plancton (productores primarios) en la capa eufótica, por lo que la conversión de nitrógeno inorgánico a orgánico es uno de los procesos biogeoquímicos más relevantes del ambiente asociados a estos grupos (Cabrita et al., 1999). Al ser un pez depredador top en su ecosistema, el dorado (*C. hippurus*) se alimenta principalmente de peces herbívoros (Briones et al., 2017), mismos que a su vez se alimentan de ese fitoplancton, por lo que la existencia de nitrato en la costa del Pacífico mexicano es un excelente indicador de que la trama alimenticia, de la que forma parte el dorado (*C. hippurus*), funciona bien, es decir, que existen no solo productores primarios, sino las propias presas del dorado (*C. hippurus*) y, por lo tanto, es un excelente indicador de la distribución potencial de este pez.

Así, el presente estudio determina por primera vez la distribución potencial actual del dorado (*C. hippurus*) en la costa del Pacífico mexicano, lo que cobra gran relevancia no solo porque es una especie de gran importancia

ecológica (Varghese et al., 2003), sino económica al estar reservada para la pesca deportiva en México (DOF, 1995). Esta información permitirá contar con datos para establecer áreas prioritarias de conservación (manejo sustentable) y protocolos de monitoreo de sus poblaciones y de las variables predictivas de su distribución potencial en la costa mexicana.

CONCLUSIONES

Toda la costa del Pacífico mexicano, desde Baja California Norte y hasta Chiapas, cuenta con las condiciones ambientales adecuadas para la distribución potencial actual del dorado (*C. hippurus*). Las tres variables que más contribuyeron a explicar el modelo de distribución potencial del dorado (*C. hippurus*) fueron la Temperatura Máxima a Mínima Profundidad, la Temperatura Mínima a Media Profundidad, y el Nitrato con un Rango a Máxima Profundidad. Estas variables ambientales son excelentes indicadores de las condiciones adecuadas para la alimentación y reproducción de este pez, y, por lo tanto, son determinantes para su distribución potencial.

REFERENCIAS

- Aiello-Lammens**, M. E., R. A. Boria, A. Radosavljevic, B. Vilela, y R. P. Anderson. (2015). spThin: an R package for spatial thinning of species occurrence records for use in ecological niche models. *Ecography*, (38), 541-545.
- Agustín**, M. (2023). El cambio climático. Portal de Aragon. <https://www.aragon.es/-/el-cambio-climatico>
- Block**, B. A., D. T. Booth, F. G. Carey. (1992). Depth and temperature of the blue marlin, *Makaira nigricans*, observed by acoustic telemetry. *Marine Biology*, (114), 175-183.
- Botsford**, L. W., J. C. Castilla, y C. H. Peterson. (1997). The management of fisheries and marine ecosystems. *Science*, (277), 509-515.
- Brill**, R. W., M. Lutcavage, G. Metzger, P. Bushnell, M. A. Jon Lucy, C. Watson, y D. Foley. (2002). Horizontal and vertical movements of juvenile bluefin tuna (*Thunnus thynnus*), in relation to oceanographic conditions or the western North Atlantic, determined with ultrasonic telemetry. *Fisheries Bulletin*, (100), 155-167.
- Briones**, S. (2017). *Ecología trófica del dorado (Coryphaena hippurus) de la costa de Jalisco, México, a partir del análisis de isótopos estables y contenido estomacal*. [Tesis de Maestría]. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, La Paz, B. C. S., México.
- Buehler**, E.C. y L. H. Ungar. (2001). Maximum Entropy Methods for Biological Sequence Modeling. *BIOKDD*, 60-64.
- Cabrita**, I., F. Pinto, P. Costa, y I. Gulyurtlu. (1999). Pyrolysis of plastic wastes. 1. Effect of plastic waste composition on product yield. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 51(1-2), 39-55.
- Chiang**, W. C, M. K. Musyl, C.I. Sun, S. Y. Chen, W. Y. Chen, D. C. Liu, W. C. Su, S. Z. Yeh, S. C. Fu, y T. I. Huang. (2011). Vertical and horizontal movements of sailfish (*Istiophorus platypterus*) near Taiwan determined using pop-up satellite tags. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 397(2), 129-135.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad** [CONABIO]. (2008). *Capital natural de México. Conocimiento actual de la biodiversidad* (Vol. I). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca** [CONAPESCA]. (2016). *Anuario estadístico de acuicultura y pesca 2016*. <https://www.gob.mx/conapesca>.
- Diario Oficial de la Federación** [DOF]. (1995). *Norma oficial mexicana NOM-017-PESC- 1994. Para regular las actividades de Pesca deportiva en las Aguas de Jurisdicción Federal de los Estados Unidos Mexicanos* (Tomo N.o 15-19). México, D.F.

- Duarte, C. M.** (2006). *Cambio Global. Impacto de la Actividad Humana sobre el Sistema Tierra*, Colección divulgación (p. 167).
- Farrel, E. R., A. M. Boustany, P. N. Halpin, y D. L. Hammond.** (2014). Dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) distribution in relation to biophysical ocean conditions in the northwest Atlantic. *Fisheries Research* (151), 177–190.
- Fonteneau, A., y F. J. Ariz-Tellería.** (2012). *Report on the 3rd meeting of the IATTC SAC* (pp. 34-55). Centro Oceanográfico de Canarias.
- García Melgar, C. G.** (1995). *Ciclo de reproducción del Dorado Coryphaena hippurus (Linnaeus 1758. Pistes: Coryphaenidae) en el área de los Cabos, B.C.S., México* (p. 62) [Tesis de Licenciatura]. Universidad Autónoma de Baja California Sur.
- Gibbs, R. H. y B. B. Collette.** (1959). On the identification, distribution and biology of the dolphinfish, *Coryphaena hippurus* and *C. equiselis*. *Bulletin of Marine Sciences*, (9), 117–152.
- GBIF.org.** (13 September 2022). *GBIF Occurrence Download*. <https://doi.org/10.15468/dl.ucpnn9>
- Guisan, A. y W. Thuiller.** (2005). Predicting species distribution: offering more than simple habitat models. *Ecology Letters*, 8(9), 993-1009.
- Hernández, C., M. A.** (2015). *Patrones de comportamiento en los movimientos verticales y horizontales del dorado (Coryphaena hippurus Linnaeus 1758) en la Bahía de La Paz, Baja California Sur, México* (p. 154). [Tesis de Maestría]. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C.
- Jonsen, I. D., R. A. Myers, y J. M. Flemming.** (2003). Meta-analysis of animal movement using state-space models. *Ecology*, (84), 3055-3063.
- Lasso, J., y L. Zapata.** (1999). Fisheries and biology of *Coryphaena hippurus* (Pisces: Coryphaenidae) in the Pacific coast of Colombia and Panama. *Scientia Marina*, 63(3-4), 387-399.
- López J., J. J.** (2015). Desarrollo y Bienestar Social en los Estados del Pacífico Mexicano. *Desigualdad Regional, Pobreza y Migración*. Universidad Nacional Autónoma de México y Asociación Mexicana de Ciencias para el Desarrollo Regional A.C
- Merten, W., R. Appeldoorn, R. Rivera, y D. Hammond.** (2014). Diel vertical movements of adult male dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) in the western central Atlantic as determined by use of pop-up satellite archival transmitters. *Marine Biology* (161), 1823-1834.
- Moreno, B., S. Karen, y D. González.** (2015). El consumo de nitrato y su potencial efecto benéfico sobre la salud cardiovascular. *Revista Chilena de Nutrición*, 42(2), 199-205.
- Olson, R. J. y F. Galván-Magaña.** (2002). Food habits and consumption rates of common dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) in the eastern Pacific Ocean. *Fish. Bull.*, 100(2), 279–298.

- Palko, B.J., G. L. Beardsley y W. J. Richards.** (1982). Synopsis of biological data on dolphin-fishes *Coryphaena hippurus* linnaeus and *Coryphaena equiselis* linnaeus. U. S. Dep. Commer. NOAA Tech. Rep. *NMFS. Circ.*, (443), 28.
- Paparazzo, F. E., L. Farías, N. Santinelli, V. A. Alder, y J. Esteves.** (2013). Incorporación de nitrato por fitoplancton en dos ambientes marinos diferentes de la provincia de Chubut (pp. 42-46). *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 48(3), 591-600.
- Pérez, I.** (2020). Cambio climático, amenaza constante para especies marinas. *Ciencia UNAM*. <https://ciencia.unam.mx/leer/1037/cambio-climatico-amenaza-constante-para-las-especies-marinas>
- Phillips, S. J., R. P. Anderson y R. E. Schapire.** (2006). Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modeling*, (190), 231-259.
- Poo, H., E. Ramírez, y Q. Marmol.** (2002). *La pesca y los principales puertos pesqueros en México*. Universidad de Colima.
- QGIS.org.** (2022). *QGIS Geographic Information System*. QGIS Association. <http://www.qgis.org>.
- R Core Team.** (2022). R: A language and environment for statistical computing. *R Foundation for Statistical Computing*. <https://www.R-project.org/>
- RStudio Team.** (2020). RStudio: Integrated Development for R. *RStudio, PBC*. <http://www.rstudio.com/>
- Salvadeo, C., D. M. Auliz-Ortiz, y D. Petatán-Ramírez.** (2020). Potential poleward distribution shift of dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) along the southern California Current System. *Environ Biol Fish*, (103), 973-984.
- Tyberghein, L., H. Verbruggen, K. Pauly, C. Troupin, F. Mineur, y O. De Clerck.** (2012). Bio-ORACLE: a global Environmental Dataset para modelar la distribución de especies marinas. *Ecología global y biogeografía*, (21), 272-281. <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2011.00656.x>
- Varghese, S. P., V. S. Somvanshi, M. E. John, y R. S. Dalvi.** (2013). Diet and consumption rates of common dolphinfish, *Coryphaena hippurus*, in the Eastern Arabian Sea. *Journal of Applied Ichthyology*, (29), 1022-1029.
- Verheye H. M., y A. J. Richardson.** (1998). Long-term increase in crustacean zooplankton abundance in the southern Benguela upwelling region (1951-1996): bottom-up or top-down control? *ICES Journal of Marine Science*. (55), 803-807.
- Zúñiga-Flores, M. S.** (2008). *Variación estacional e interanual de las tasas de captura de dorado (Coryphaena hippurus), en Cabo San Lucas B.C.S. México*. [Tesis de Maestría]. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas.
- Zúñiga, M.** (2009). *Dinámica poblacional del dorado (C. hippurus) en Baja California Sur, México: implicaciones para su manejo*. [Tesis de Doctorado]. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, La Paz, B.C.S., México.