

¿Qué pasó con el calamar de Humboldt

(Dosidicus gigas) en el Golfo de California, México?

Cambio climático y perspectivas a futuro.

What happened to the Humboldt squid (*Dosidicus gigas*) in the Gulf of California, Mexico? Climate change and future perspectives.

Recursos Naturales y Sociedad, 2024. Vol. 10 (1): 127-142.
<https://doi.org/10.18846/renaysoc.2024.10.10.01.0011>

Erick Daniel Ruvalcaba Aroche¹, Laura Sánchez Velasco², Emilio Beier³

¹CONAHcyT Posdoctorados por México en el Centro de Investigación y Educación Superior de Ensenada, Unidad La Paz, Laboratorio de Macroecología Marina

²Instituto Politécnico Nacional – Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Dpto. de Oceanología

³Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Unidad La Paz, Laboratorio de Macroecología Marina.





Resumen

Cuando escuchamos el nombre “calamar gigante” podemos pensar en monstruos marinos de varios metros de largo, peleando con cachalotes o tiburones en las profundidades de los océanos. Y aunque sí existen estos calamares que alcanzan hasta los 15 metros de largo (géneros *Architeuthis* y *Mesonychoteuthis*), estos habitan principalmente aguas templadas y subpolares de ambos hemisferios. En el Golfo de California (México) se conoce como calamar gigante, o calamar de Humboldt, a la especie *Dosidicus gigas*, la cual puede llegar a medir hasta 1.20 m de largo y pesar hasta 60 kg. Esta especie ha sido capturada en las aguas de la cuenca Guaymas del Golfo de California, frente a los puertos de Santa Rosalía, BCS y Guaymas, Sonora; y llegó a ser el tercer recurso pesquero de mayor importancia en el país por su volumen de captura, alcanzando sus máximos a finales de los 90's y principios de la primera década de los 2000s. Sin embargo, después de un evento El Niño en los años 2009-2010, que incrementó la temperatura de la superficie del mar hasta 3 °C, la pesquería disminuyó drásticamente, hasta su eventual colapso después del año 2013. ¡Es decir, no se han pescado más calamares gigantes en el Golfo de California! En el siguiente texto abordaremos una breve descripción de la especie, así como algunas de las razones que hasta ahora son aceptadas por la comunidad científica, que explican el cambio radical en esta especie de importancia económica, así como su relación con el cambio climático y los posibles escenarios futuros.

Palabras claves: Calamar gigante; El Niño; Golfo de California

¿Qué es y cómo es el calamar gigante?

Los calamares son moluscos cefalópodos, parientes de los pulpos, las sepias y los nautilus. Los calamares son los moluscos mejor

adaptados a la vida pelágica, es decir, los que poseen las capacidades de natación más desarrolladas, y que tienden a tener poca o nula dependencia con el fondo marino. Existen más de 300 especies de calamares que se distribuyen en todos los océanos del mundo. Entre ellas está *D. gigas* o calamar gigante, calamar de Humboldt, jibia, pota y varios nombres más con los que se denomina a la especie a lo largo de su rango de distribución en el Océano Pacífico Oriental, que va desde Chile hasta California (Figura 1).

Anatómicamente podemos distinguir tres partes principales, la corona de brazos, la cabeza y el manto (Figura 2). En la cabeza podemos encontrar los ojos y la boca, y la mayoría del sistema nervioso central. Mientras que el manto alberga la mayoría de sus órganos vitales del sistema digestivo, circulatorio, respiratorio y reproductivo. La corona de brazos contiene ocho brazos y dos tentáculos,

los tentáculos generalmente están retraídos y no se ven a simple vista, a menos que el organismo se encuentre cazando. Los brazos poseen ventosas a lo largo de todo el apéndice, mientras que los tentáculos solo tienen estas estructuras en la región distal.

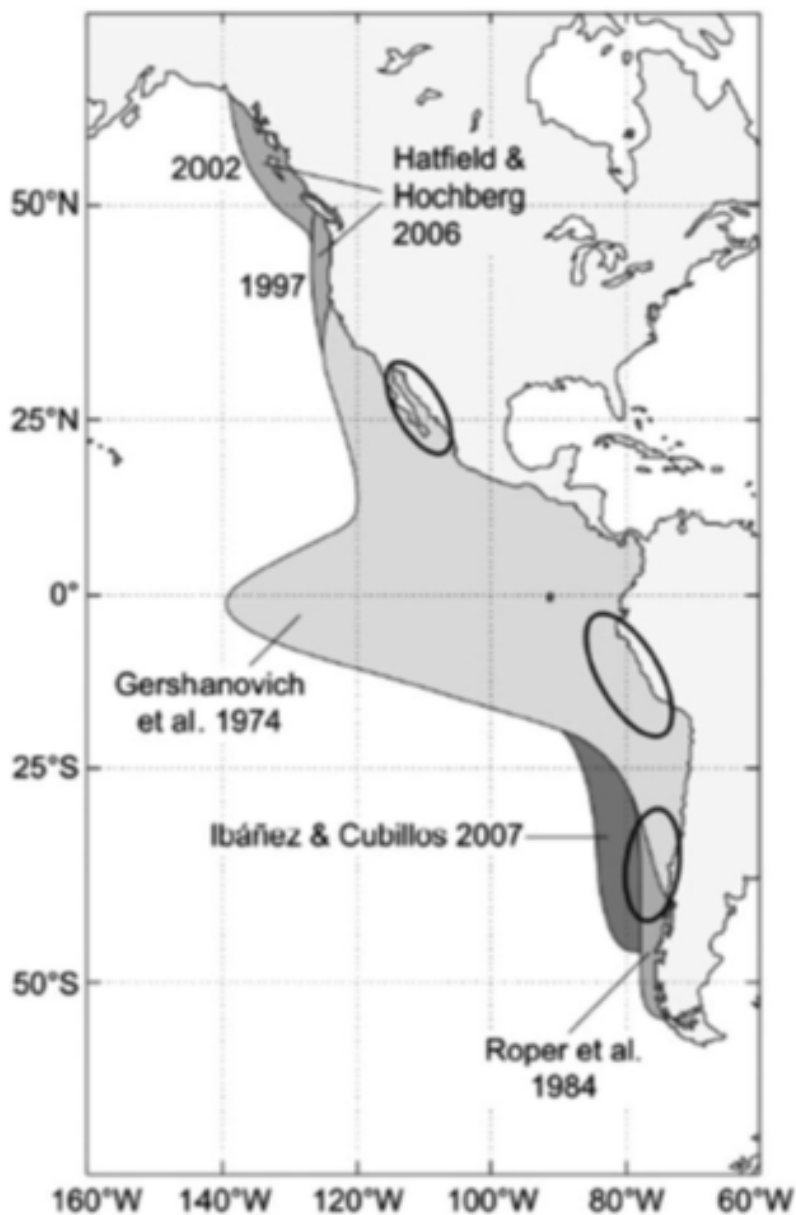


Figura 1. Rango de distribución del calamar *Dosidicus gigas*. El polígono claro es el rango histórico de distribución. Los polígonos oscuros son los rangos extendidos en sus respectivos años. Los óvalos enmarcan las principales zonas pesqueras de *D. gigas* en Chile, Perú y México. Tomado de Rosa et al. (2013).

Los calamares tienen un ciclo de vida que se compone de cinco etapas (Figura 3): huevo, paralarva, juvenil, subadulto

y adulto. Las hembras reproductivas depositan masas de huevos planctónicos¹, los cuales se desarrollan a una temperatura entre los 15 y 25 °C, en condiciones de alta oxigenación (Staaf *et al.*, 2008). Después de aproximadamente siete días eclosionan las paralarvas, también de hábitat planctónico, estas habitan los primeros metros de la columna de agua, desde la superficie hasta la termoclina² (Figura 3) y crecen rápidamente alimentándose de detritos que capturan excretando mucosa y después “cosechando” con su probóscide, la cual dará lugar a sus tentáculos (Fernández-Álvarez et al., 2018). Esta

etapa presenta las tasas de

1 Hábitat planctónico: El plancton se compone de organismos de vida libre que habitan la columna de agua sin capacidad natatoria, o con una capacidad de natación limitada. Por lo tanto, su transporte es pasivo y dado por las corrientes marinas. Aunque varios organismos pueden modular su posición vertical para disminuir o aumentar el transporte horizontal. Este se puede separar en varias fracciones que incluyen al viroplancton (virus), bacterioplancton (bacterias), fitoplancton (microalgas), protozooplancton (organismos unicelulares heterótrofos) y zooplancton (animales).

2 Las clinas son capas de alto cambio de alguna variable en la columna de agua. De este modo podemos tener termoclina (temperatura), haloclina (salinidad), picnoclina (densidad), oxiclina (oxígeno), nutriclina (nutrientes), etc. Estas clinas pueden, o no, estar en la misma profundidad, dependiendo de la región del océano que estemos observando



crecimiento más altas, aumentando su talla hasta un 6% diario. Este crecimiento representa una tasa metabólica alta, por lo que las paralarvas son sensibles a las condiciones de poca oxigenación y evitan las zonas de hipoxia de las aguas profundas (Ruvalcaba-Aroche *et al.*, 2022).

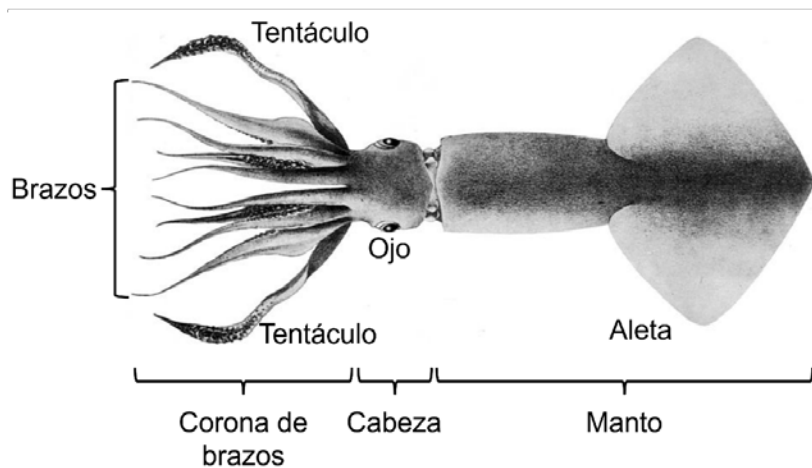


Figura 2. Anatomía externa básica del calamar *Dosidicus gigas*. Editada de Rosa *et al.* (2013).

La etapa juvenil es la que tiene los mayores cambios en la anatomía, fisiología y comportamiento de estos organismos. Esta etapa inicia cuando las paralarvas adquieren capacidad natatoria, mientras que la probóscide da lugar a los tentáculos y marca el cambio en su alimentación, pasando de ser detritívoros por una “alimentación pasiva” a cazadores activos del zooplancton (Camarillo-Coop *et al.*, 2013). Además, en esta etapa inician las migraciones verticales hacia las zonas de mínimo de oxígeno³, y para ello desarrollan varias adaptaciones fisiológicas y metabólicas que les permiten permanecer en condiciones de oxigenación muy bajas por largos periodos de tiempo (Gilly *et al.*, 2006).

³ Las zonas de mínimo de oxígeno son regiones del océano con un muy bajo contenido de oxígeno, que puede ser un límite de distribución para especies con alta demanda metabólica como los atunes y algunos tiburones. En el Pacífico frente a México se encuentra la zona de mínimo de oxígeno más grande del mundo, que va desde los 100 hasta los 1000 m de profundidad. Puedes encontrar más información de este tema en: Ruvalcaba-Aroche, E. D., E.D. Sánchez-Pérez y L. Sánchez Velasco. El oxígeno en el Pacífico mexicano: cambios en los últimos 60 años. Recursos Naturales y Sociedad, 2023. Vol. 9 (1): 85-92. <https://doi.org/10.18846/renaysoc.2023.09.09.01.0007>

Habitar estas zonas de mínimo oxígeno los ayuda a escapar de la mayoría de los depredadores pelágicos que no toleran las condiciones de baja oxigenación (Bazzino *et al.*, 2010; Rosa y Seibel *et al.*, 2010).

La etapa de juvenil finaliza cuando los organismos ya tienen la forma de los adultos y cambian su alimentación principal del zooplancton hacia organismos nectónicos⁴, principalmente peces pequeños, como los mictófidios (Markaida 2006a). Estos se consideran subadultos ya que su aparato reproductor no ha madurado y aun no se pueden reproducir.

La adultez llega al momento de la maduración de su aparato reproductor, y tanto hembras como machos se aparean desde este momento hasta su muerte por senectud o depredación.

⁴ El necton es la contraparte del plancton. Son organismos que viven en la columna de agua con capacidad de natación suficiente para contrarrestar las corrientes marinas. Sus tallas pueden ir desde los pocos centímetros (sardinas) hasta los varios metros (ballenas).

Los calamares gigantes, al igual que todos los cefalópodos, son organismos semélparos, es decir, que solo tienen un único ciclo reproductivo en su vida. Pero, a diferencia de la mayoría de los cefalópodos que mueren después de una única reproducción, los calamares gigantes se aparean en múltiples eventos a lo largo de una temporada que se puede extender por varios meses, y a diferencia de la mayoría de los cefalópodos, estos calamares no dejan de crecer en talla, inclusive después de iniciada la temporada de reproducción (Markaida *et al.*, 2004).

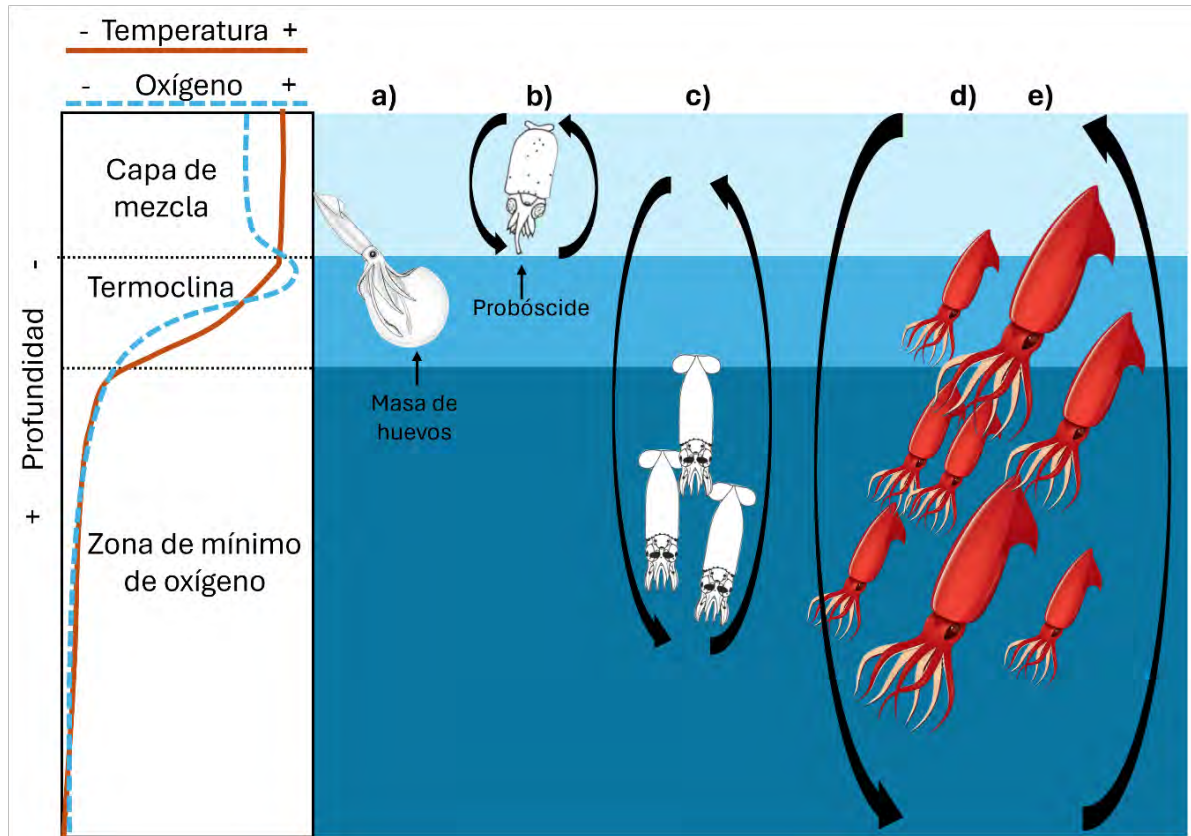


Figura 3. Ciclo de vida y uso de hábitat del calamar *Dosidicus gigas*. A la izquierda se muestran perfiles típicos de temperatura y oxígeno en la boca del Golfo de California y una división en tres capas de acuerdo con estos perfiles: 1) Una capa superficial de mezcla de condiciones homogéneas con altas temperaturas y concentraciones de oxígeno, 2) Una capa intermedia de alto cambio en ambas variables denominada termoclina (temperatura) y/o oxiclina (oxígeno), 3) una zona profunda de baja concentración de oxígeno denominada como *zona de mínimo de oxígeno*. A) Masas de huevos flotantes depositados en la termoclina. B) Paralarvas planctónicas de hábitat superficial. Los tentáculos están fusionados en una probóscide, aletas poco desarrolladas, forma de campana poco hidrodinámica. C) Juveniles. Tentáculos formados, aletas desarrolladas y forma más hidrodinámica para una mejor natación. Esta etapa inicia las migraciones hacia la zona de mínimo de oxígeno. Los juveniles tienden a congregarse, pero evitan a los adultos para reducir canibalismo. D) y E) Subadultos y adultos no tienen rasgos anatómicos externos que los diferencien, suelen congregarse para cazar cardúmenes de peces pequeños.

El ambiente hace a la bestia

El calamar gigante tiene un amplio rango de distribución en el que las condiciones ambientales son muy contrastantes, pasando por ambientes que mantienen una productividad estable y moderada a lo largo del año, como el caso de la región ecuatorial y el domo de Costa Rica, a regiones de



surgencia con una alta productividad y una estacionalidad marcada en los picos de producción, como las costas de Perú y el Golfo de California. Y ambientes con una productividad baja a lo largo del año, con algunos pulsos esporádicos de alta productividad, como las regiones oceánicas y tropicales.

Estas diferencias en los ecosistemas que habita el calamar gigante han generado que no todos tengan el mismo aspecto, es decir, que se presenten diferentes formas. De manera general, se acepta la presencia de tres formas del calamar *D. gigas* a lo largo de su rango de distribución (Nigmatullin *et al.*, 2001). Una forma pequeña, que alcanza sus tallas de madurez entre los 15 y 30 cm de longitud del manto, con una esperanza de vida de alrededor de un año. Esta forma se encuentra generalmente en las regiones oceánicas y tropicales.

Una segunda forma de talla grande, que alcanza su madurez en tallas entre 45 y 60 cm de longitud del manto, con una esperanza de vida de casi 2 años. Esta forma se encuentra en las regiones de alta productividad y es el objetivo principal de las pesquerías en Perú, Chile y anteriormente el Golfo de California en México.

La tercera forma de talla mediana, con tallas de madurez entre los 25 y 45 cm de longitud del manto que se encuentra a lo largo del rango de distribución, con una esperanza de vida aproximada de un año. A pesar de las diferencias en las formas del calamar gigante, los estudios genéticos han demostrado que todas se tratan de una misma especie, con potencial de entrecruzamiento y reproducción.

¿Cuál es la historia en México y California?

Desde que inició la pesca del calamar gigante en el Golfo de California en los 70's, el objetivo principal de la pesquería eran los organismos de talla grande. Un nuevo periodo de pesca inició en 1994, aunque la presencia de eventos interanuales extremos

como El Niño 1997-1998, en la que la productividad disminuyó, generó la presencia de la forma mediana en el Golfo de California en 1998 y 1999, lo que representó una disminución del tonelaje total de pesca. Cuando las condiciones ambientales se reestablecieron, volvieron a aparecer los organismos de talla grande alrededor de la temporada 2000 (Markaida, 2006b; Bazzino *et al.*, 2007).

Hacia finales del 2009 e inicios de 2010 se presentó un nuevo fenómeno de El Niño, este evento fue considerado moderado, de acuerdo con los índices climáticos, y aunque de manera general no parece haber afectado en gran medida a los ecosistemas del Golfo de California, sí generó la aparición de la forma pequeña del calamar, y la desaparición de las tallas medianas y grandes en las zonas de pesca, en ambas costas de la Cuenca Guaymas (Robinson *et al.*, 2016).

Los años 2011 y 2012 fueron años anómalamente

fríos y productivos en el Golfo de California, por efectos del evento contrario a El Niño, conocido como La Niña. Esto supuso una recuperación en las tallas de los calamares alrededor de Cuenca Guaymas. Sin embargo, los calamares continuaron siendo pequeños y poco rentables para la pesquería artesanal. Mientras que las tallas grandes y medianas permanecieron en un área reducida alrededor del archipiélago central en las temporadas 2010-2013. Finalmente, la pesquería colapsó después de esta temporada debido a la falta de las formas grandes y medianas, y en general a la baja abundancia de calamares en el Golfo de California (Frawley *et al.*, 2019).

Cuando los efectos de El Niño 1997-1998 arribaron al Golfo de California las formas grandes del calamar migraron fuera del golfo hacia la costa occidental de Baja California y el sur de California, y en los años subsecuentes fueron colonizando ambientes cada vez más norteños, hasta llegar a ser vistos en las costas de Alaska en el 2002 (Rosa *et al.*, 2013).

Aunque la investigación sobre el calamar gigante ya se realizaba en México y varios países de América Latina, fue posterior a su aparición en California que se dio el gran salto en el conocimiento de la especie, ya que la aparición de un nuevo depredador podía poner en riesgo el equilibrio de las redes alimenticias de todo el ecosistema. Además, los calamares llegaron a afectar algunas especies de interés comercial, como sucedió con la merluza del Pacífico, cuyas poblaciones disminuyeron a causa de la depredación (Field *et al.*, 2013).

En el año 2006 se realizó el foro del programa GLOBEC (*Global Ocean Ecosystem Dynamics*, Dinámica de Ecosistemas del Océano Global) de la UNESCO que se tituló: *The role of squid in open ocean ecosystems* (El rol de los calamares en los ecosistemas del océano abierto). El tema central de este foro fue la presencia de *D. gigas* en el ecosistema de la Corriente de California. En su momento se sabía que era una especie depredadora, con alta

demanda calórica y metabólica, y que podía utilizar las zonas de bajo contenido de oxígeno como refugio y campo de caza (Stewart *et al.*, 2014). Se temía que una colonización de la Corriente de California podría llegar a cambiar la dinámica completa de dicho ecosistema.

En la década posterior diversos estudios lograron descifrar varios aspectos de su biología. Uno de los más significativos fue el descubrimiento del hábitat óptimo para el desarrollo embrionario, el cual se lleva a cabo sobre la picnoclina/termoclina a una temperatura entre 15 y 25 °C. Esto supuso un hábitat de apareamiento y reproducción muy extenso que podía incluir la región oceánica en el centro de California (~40 °N) (Staaf *et al.*, 2011) (Figura 4). Se encontró que las migraciones de calamares iniciaban en la primavera con organismos inmaduros, estos avanzaban al norte conforme se desarrollaba el verano, y migraban de nuevo hacia el sur ahora como organismos



maduros (Field *et al.*, 2013). A pesar de ser organismos totalmente desarrollados no se observaron eventos de apareamiento, ni paralarvas en las costas de California, ni en la región oceánica adyacente. La zona más norteña, fuera del Golfo de California, donde se han encontrado las paralarvas es alrededor del Golfo de Ulloa en el estado de Baja California Sur (26 – 27° N, Ramos *et al.*, 2017).

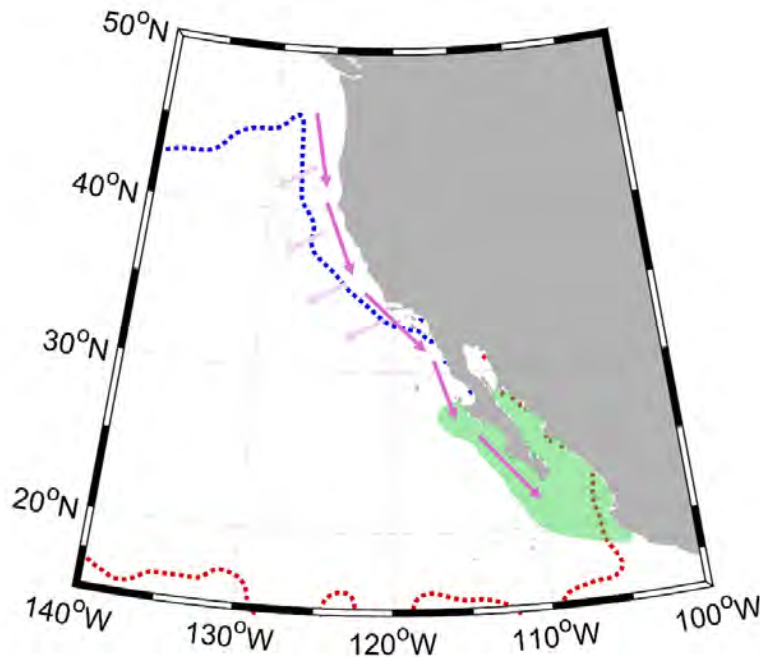


Figura 4. Migración de calamares adultos de la costa de California hacia las zonas de reproducción en el Pacífico mexicano (Flechas oscuras), las flechas claras son posibles migraciones hacia zonas con temperatura mayor a 15 °C. Las líneas azul y roja es la posición de las isotermas de 15 y 25 °C en el verano, a la profundidad en la que se depositan los huevos de calamar (termoclina, ~50 m). El área entre las líneas azul y roja constituye el hábitat potencial de desove propuesto por Staaf *et al.* (2011). El polígono verde es el hábitat de crianza de las paralarvas propuesto por Ruvalcaba-Aroche *et al.* (2022).

A pesar de las previsiones de esta especie como el nuevo colonizador y eslabón central de cambio en el sistema de la Corriente de California, cuando la pesquería comenzó a colapsar en el Golfo de California, en México, los calamares dejaron de ser frecuentes y abundantes en las costas de EUA, hasta que dejaron de ser observados en su totalidad tras 2014 (Frawley *et al.*, 2019).

Esto sugirió una conexión muy evidente entre las poblaciones de calamares de ambos ecosistemas marinos.

2009-2019: Una década hostil en el Golfo de California

Para entender los procesos que suceden en el Golfo de California tenemos que entender que este golfo, en su dinámica y termodinámica, está totalmente forzado por el Océano Pacífico (Beier, 1997). El Océano Pacífico es inmenso, cubriendo casi el 50% de la superficie del planeta, por lo que los eventos que suceden en el Océano Pacífico suelen tener impactos en el clima global. La oscilación de El Niño (condiciones cálidas y poco productivas) y La Niña (condiciones frías y muy productivas), son eventos que suceden en el ecuador, pero que pueden afectar a regiones tan distantes como el sur de California, e incluso tener efectos en otras cuencas oceánicas, por efecto de las conexiones atmosféricas.

Lo que sucede en el ecuador tiende a disiparse hacia los polos, y lo que sucede cerca de los polos tiende a disiparse hacia el ecuador. Por lo que

hay regiones donde existe un traslape en los efectos de los eventos de gran escala, las cuales se encuentran aproximadamente entre el sur de California y el noroeste de México. Es importante resaltar esto, ya que el Golfo de California y la costa occidental de Baja California son áreas de transición importantes y vulnerables a los efectos de fenómenos de gran escala que ocurren en el ecuador (El Niño – La Niña) y aquellos que afectan la cuenca del Pacífico norte (regiones subtropicales y subpolares, como la Oscilación Decadal del Pacífico) (Sánchez-Velasco *et al.*, 2017, 2019).

Como ya se mencionó, en 2009 y 2010 se presentó un evento moderado de El Niño, mientras que los años siguientes (2011 y 2012) presentaron un evento extremo de enfriamiento por La Niña, y las condiciones en 2013 fueron prácticamente neutras.

A finales de 2013 e inicios del año 2014, se desarrolló una onda de calor en el Pacífico norte, afectando

principalmente las regiones subpolares, y toda la franja costera desde Alaska hasta el Golfo de California. En algunas regiones las temperaturas fueron hasta 5 °C superiores a sus medias climatológicas, por lo que fue catalogado como un evento extremo (Cavole *et al.*, 2016). Cuando parecía que la onda de calor comenzaba a ceder a mediados de 2015, se desarrolló un nuevo evento de El Niño, que se mantuvo hasta mediados del año 2016. Por las dimensiones de este El Niño, y su conexión con la onda de calor del Pacífico norte, se llegó a bautizar como “El Niño Godzilla”. Finalmente, aunque extremo, no fue un evento muy distinto a otros El Niño extremos, como el de 1997-1998 (Sánchez-Velasco *et al.*, 2017).

Para 2017, los índices climáticos en las regiones ecuatoriales y subpolares marcaban condiciones neutras. Sin embargo, el Golfo de California continuó presentando condiciones anómalamente cálidas y con baja productividad hasta 2019. Esto representó prácticamente una década en la que dominaron, por mucho, las condiciones anómalamente cálidas, y con baja productividad dentro del Golfo de California.

Finalmente, hacia mediados de 2020 comenzó un enfriamiento importante en la región ecuatorial, marcando el inicio de un evento La Niña que duró hasta principios de 2023.

¿Cómo afectan los eventos climáticos a los calamares?

Considerando los datos pesqueros, la respuesta empírica era clara: Eventos de calentamiento disminuyen la talla y número de calamares, y eventos de enfriamiento aumentan las tallas y el volumen de pesca. Ahora bien, descubrir los mecanismos que detonaban todos estos cambios tomó a la comunidad científica poco más de una década. Y si bien aún seguimos aprendiendo, ya tenemos una mejor idea de que es lo que sucede.

Como ya mencionamos, el cambio de paralarva a juvenil es el más crítico en la supervivencia de la especie, ya que esta es



la etapa de mayores cambios morfológicos, fisiológicos y de comportamiento. Diversas investigaciones han demostrado que las condiciones ambientales que experimentan los juveniles durante su desarrollo serán las que marcarán si estos crecen siendo adultos de alguna de las tres formas que mencionamos anteriormente (pequeña, mediana o grande). Cuando los juveniles se desarrollan en ambientes fríos y productivos estos retardarán su maduración sexual, utilizando la mayoría de su energía en el crecimiento, lo que conlleva a que sean organismos de tallas más grandes, y con una esperanza de vida de casi dos años. Por otro lado, si los juveniles experimentan condiciones cálidas y poco productivas van a redirigir su energía a la maduración de su aparato reproductor, lo que dará como resultado calamares de talla menor, los cuales podrán ser reproductivos rápidamente, pero con una esperanza de vida más corta (Arkhipkin *et al.*, 2015; Frawley *et al.*, 2019).

Esta capacidad de adaptación de los calamares es la que los hace una especie tan exitosa, y a la vez un centinela de la salud de los ecosistemas en los que habita. Si el sistema se mantiene productivo, es casi seguro que aparezcan los calamares de tallas grandes o medianas. Mientras que si los sistemas están empobrecidos dominarán las formas pequeñas.

Pero entonces, ¿Cuál es la conexión entre la pesca en México, las migraciones a California y los eventos de calentamiento anómalo?

Como ya mencionamos, en California había calamares maduros muy cercanos a zonas oceánicas donde la temperatura es superior a los 15 °C y potencialmente podían depositar huevos y desarrollar paralarvas (Staaft *et al.*, 2011). Sin embargo, los calamares migraban hacia México para reproducirse. Si bien, todo indica que los huevos pueden desarrollarse en zonas extensas del Pacífico nororiental, las paralarvas tienen un hábitat de crianza mucho más limitado el cual está dado por rangos

de temperatura y salinidad relativamente estrechos y que además parecen depender de una termoclina/picnoclina poco profunda. Estas condiciones de temperatura, salinidad y profundidad de la termoclina se encuentran principalmente en la boca y el sur del Golfo de California, así como el Pacífico adyacente (Ruvalcaba-Aroche *et al.*, 2022).

Los eventos de calentamiento anómalos que experimentó el Golfo de California durante la década pasada, implicaron que las paralarvas y juveniles se desarrollaron en ambientes cálidos y empobrecidos durante casi 10 años consecutivos, y cuya respuesta adaptativa fue desarrollarse como la forma pequeña, con una maduración temprana que pudiera asegurar la renovación de las poblaciones en el corto plazo (Hoving *et al.*, 2013; Frawley *et al.*, 2019).

Aunque las formas pequeñas pueden madurar en ambientes con una baja oferta calórica, estas no poseen las

capacidades migratorias de las formas grandes, por lo que los calamares dejaron de migrar hacia California (Gilly *et al.*, 2020). Además, las formas pequeñas tienen una fecundidad que puede ser hasta un orden de magnitud menor respecto a las formas grandes. Esto último implica que cada hembra reproductiva de la forma pequeña puede generar solo una décima parte de los huevos que generaría una hembra de la forma grande (Birk *et al.*, 2017).

El desplome de la pesca en un inicio se debió a la forma en la que se capturaban los calamares, ya que esto se hacía de forma manual en la pesca artesanal. Y al ser organismos de talla chica, se requería una mayor inversión de recursos humanos, de tiempo y combustible para lograr tonelajes de capturas similares a las que se obtenían de los organismos de talla grande, por lo que dejó de ser una pesca redituable. A la par, el descenso en la fecundidad por varias generaciones consecutivas de

calamares en el Golfo de California generó también un descenso en el número de individuos, hasta el punto que en la temporada 2020 en los muestreos exploratorios los calamares sólo eran ocasionalmente observados en regiones muy pequeñas alrededor del Parque Nacional Bahía de Loreto, en comparación con la década anterior en el que eran observados en prácticamente cualquier localidad en el sur del Golfo de California (Sistema Producto Calamar, Com. Pers.).

Por lo que, inclusive si se hubiera optado por la pesca industrial de calamar esta no hubiera prosperado.

Aunque el Pacífico del noroeste mexicano presentó casi tres años continuos de enfriamiento en el evento La Niña 2020-2023, los calamares siguieron siendo relativamente escasos, aunque hubo algunos avistamientos de calamares de talla mediana en la boca y el sur del Golfo en otoño de 2022 y junio de 2023 respectivamente (Robinson Com. Pers.).

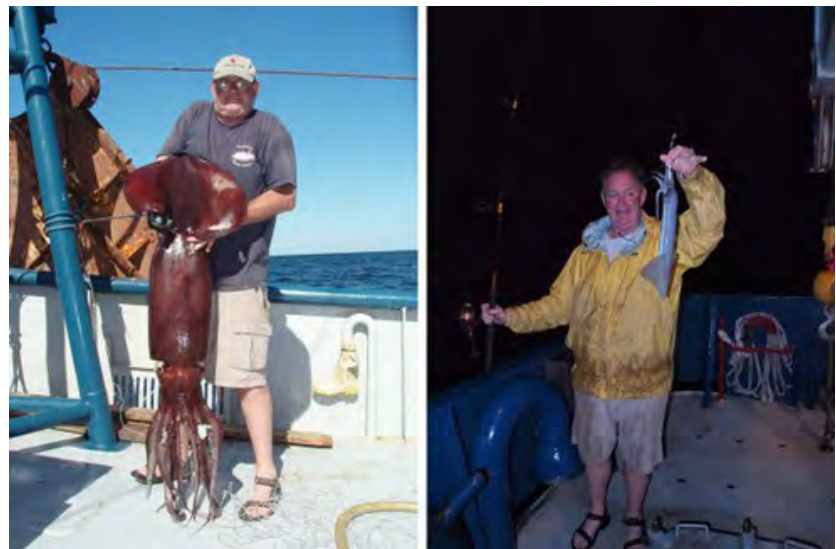


Figura 5. El investigador William Gilly sosteniendo un calamar (*Dosidicus gigas*) del Golfo de California en 2008 (izquierda) y 2011 (derecha). Ambos organismos son adultos maduros de la misma especie. Foto tomada de Imbler (2019).

Perspectivas a futuro

De acuerdo al Panel Intergubernamental del Cambio Climático, el clima global experimentará un aumento de la temperatura entre 1.5 y 3 °C para 2100. Estos escenarios de calentamiento tendrán



diversas consecuencias que moldearán los ecosistemas terrestres y marinos hasta nuevos estados de equilibrio, en los que probablemente no contemos con los mismos recursos hídricos, forestales, alimenticios y pesqueros como con los que contamos en la actualidad.

En el caso del calamar *Dosidicus gigas*, podemos tomar la década pasada como un adelanto de los escenarios futuros. Si bien la especie no dejará de prosperar, dadas sus adaptaciones a los ecosistemas del Pacífico oriental, lo más probable es que deje de ser un recurso del cual podamos depender para nuestra alimentación y explotación como recurso económico.

Referencias

- Arkhipkin, A., Argüelles, J., Shcherbich, Z., & Yamashiro, C. (2015). Ambient temperature influences adult size and life span in jumbo squid (*Dosidicus gigas*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 72(3), 400–409. <https://doi.org/10.1139/cjfas-2014-0386>
- Bazzino, G., Gilly, W. F., Markaida, U., Salinas-Zavala, C. A., Ramos-Castillejos, J. (2010) Horizontal movements, vertical-habitat utilization and diet of the jumbo squid (*Dosidicus gigas*) in the Pacific Ocean off Baja California Sur, Mexico. *Progress in Oceanography*, 86(1–2), 59–71. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2010.04.017>.
- Bazzino, G., Salinas-Zavala, C.A., Markaida, U. (2007) Variability in the population structure of jumbo squid (*Dosidicus gigas*) in Santa Rosalía, central Gulf of California. *Ciencias Marinas*, 33, 173–186. <https://doi.org/10.7773/cm.v33i2.1055>
- Beier, E. (1997). A Numerical Investigation of the Annual Variability in the Gulf of California. *Journal of Physical Oceanography*, 27(5), 615–632. <https://doi.org/10.1175/1520-0485>
- Birk, M. A., Paight, C., & Seibel, B. A. (2017). Observations of multiple pelagic egg masses from small-sized jumbo squid (*Dosidicus gigas*) in the Gulf of California. *Journal of Natural History*, 51(43–44), 2569–2584. <https://doi.org/10.1080/00222933.2016.1209248>
- Camarillo-Coop, S., Salinas-Zavala, C. A., Lavaniegos, B. E., & Markaida, U. (2013). Food in early life stages of *Dosidicus gigas* (Cephalopoda: Ommastrephidae) from the Gulf of California, Mexico. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 93(7), 1903–1910. <https://doi.org/10.1017/S0025315413000398>
- Cavole, L. M., Demko, A. M., Diner, R. E., Giddings, A., Koester, I., Pagniello, C., Paulsen, M. L., Ramirez-Valdez, A., Schwenck, S. M., Yen, N. K., Zill, M. E., & Franks, P. J. S. (2016). Biological Impacts of the 2013–2015 Warm-Water Anomaly in the Northeast Pacific. *Oceanography*, 29(2), 273–285. <https://doi.org/10.5670/oceanog.2016.32>

- Fernández-Álvarez, F., Machordom, A., García-Jiménez, R., Salinas-Zavala, C. A., & Villanueva, R. (2018). Predatory flying squids are detritivores during their early planktonic life. *Scientific Reports*, 8(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-018-21501-y>
- Field, J. C., Elliger, C., Baltz, K., Gillespie, G. E., Gilly, W. F., Ruiz-Cooley, R. I., Pearse, D., Stewart, J. S., Matsubu, W., & Walker, W. A. (2013). Foraging ecology and movement patterns of jumbo squid (*Dosidicus gigas*) in the California Current System. *Deep-Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 95, 37–51. <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2012.09.006>
- Frawley, T. H., Briscoe, D. K., Daniel, P. C., Britten, G. L., Crowder, L. B., Robinson, C. J., & Gilly, W. F. (2019). Impacts of a shift to a warm-water regime in the Gulf of California on jumbo squid (*Dosidicus gigas*). *ICES Journal of Marine Science*, 76, 2413–2426. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsz133>
- Gilly, W. F., Markaida, U., Baxter, C. H., Block, B. A., Boustany, A., Zeidberg, L., Reisenbichler, K., Robison, B., Bazzino, G., Salinas, C. (2006) Vertical and horizontal migrations by jumbo squid, *Dosidicus gigas*, revealed by electronic tagging. *Marine Ecology Progress Series*, 324, 1-17. <https://doi.org/10.3354/meps324001>
- Gilly, W. F., Markaida, U., Robinson, C., & Liu, B. (2020). Got Squid? Changes in the Ecological State of the Gulf of California Since the 1940 Steinbeck-Ricketts Expedition with a Focus on Humboldt Squid. *Journal of the Southwest*, 62(2), 411–449. <https://doi.org/10.1353/jsw.2020.0011>
- Hoving, H. J. T., Gilly, W. F., Markaida, U., Benoit-Bird, K. J., -Brown, Z. W., Daniel, P., Field, J. C., Parassenti, L., Liu, B., & Campos, B. (2013). Extreme plasticity in life-history strategy allows a migratory predator (jumbo squid) to cope with a changing climate. *Global Change Biology*, 19(7), 2089–2103. <https://doi.org/10.1111/gcb.12198>
- Imbler, S. 2019. The strange case of Mexico's shrinking Jumbo Squid: Too many El Niños have diminished the "diablo rojo". *Atlas Obscura*. Consultado el 5 de abril de 2024, <https://www.atlasobscura.com/articles/mystery-of-missing-jumbo-squid-solved>
- Markaida, U. (2006a). Food and feeding of jumbo squid *Dosidicus gigas* in the Gulf of California and adjacent waters after the 1997-98 El Niño event. *Fisheries Research*, 79(1–2), 16–27. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2006.02.016>
- Markaida, U. (2006b). Population structure and reproductive biology of jumbo squid *Dosidicus gigas* from the Gulf of California after the 1997-1998 El Niño event. *Fisheries Research*, 79(1–2), 28–37. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2006.02.009>



- Markaida, U., Quiñónez-Velázquez, C., & Sosa-Nishizaki, O. (2004). Age, growth and maturation of jumbo squid *Dosidicus gigas* (Cephalopoda: Ommastrephidae) from the Gulf of California, Mexico. *Fisheries Research*, 66(1), 31–47. [https://doi.org/10.1016/S0165-7836\(03\)00184-X](https://doi.org/10.1016/S0165-7836(03)00184-X)
- Nigmatullin, C. M., Nesis, K. N., & Arkhipkin, A. I. (2001). A review of the biology of the jumbo squid *Dosidicus gigas* (Cephalopoda: Ommastrephidae). *Fisheries Research*, 54(1), 9–19. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0165-7836\(01\)00371-X](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0165-7836(01)00371-X)
- Ramos, J. E., Ramos-Rodríguez, A., Bazzino Ferreri, G., Kurczyn, J. A., Rivas, D., Salinas-Zavala, C. A. (2017) Characterization of the northernmost spawning habitat of *Dosidicus gigas* with implications for its northwards range extension. *Marine Ecology Progress Series* 572:179-192. <https://doi.org/10.3354/meps12140>
- Robinson, C. J., Gómez-Gutiérrez, J., Markaida, U., & Gilly, W. F. (2016). Prolonged decline of jumbo squid (*Dosidicus gigas*) landings in the Gulf of California is associated with chronically low wind stress and decreased chlorophyll a after El Niño 2009-2010. *Fisheries Research*, 173(January), 128–138. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2015.08.014>
- Rosa, R., & Seibel, B. A. (2010). Metabolic physiology of the Humboldt squid, *Dosidicus gigas*: Implications for vertical migration in a pronounced oxygen minimum zone. *Progress in Oceanography*, 86(1–2), 72–80. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2010.04.004>
- Rosa, R., Yamashiro, C., Markaida, U., Rodhouse, P. G. K., Waluda, C. M., Salinas-Zavala, C. A., Keyl, F., O’Dor, R., Stewart, J. S., & Gilly, W. F. (2013). *Dosidicus gigas*, Humboldt Squid. In *Advances in squid biology, ecology and fisheries. Part II-Oegopsid Squids* (Issue August). <https://doi.org/10.13140/2.1.4154.2083>
- Ruvalcaba-Aroche, E. D., Sánchez-Velasco, L., Beier, E., Barton, E. D., Godínez, V. M., Gómez-Gutiérrez, J., & Martínez Rincón, R. (2022). Ommastrephid squid paralarvae potential nursery habitat in the tropical-subtropical convergence off Mexico. *Progress in Oceanography*, 202. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2022.102762>
- Sánchez-Velasco, L., Beier, E., Godínez, V. M., Barton, E. D., Santamaría-del-Angel, E., Jiménez-Rosemberg, S. P. A., & Marinone, S. G. (2017). Hydrographic and fish larvae distribution during the “Godzilla El Niño 2015–2016” in the northern end of the shallow oxygen minimum zone of the Eastern Tropical Pacific Ocean. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 122(3), 2156–2170. <https://doi.org/10.1002/2016JC012622>

- Sánchez-Velasco, L., Godínez, V. M., Ruvalcaba-Aroche, E. D., Márquez-Artavia, A., Beier, E., Barton, E. D., & Jiménez-Rosenberg, S. P. A. (2019). Larval Fish Habitats and Deoxygenation in the Northern Limit of the Oxygen Minimum Zone off Mexico. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 124(12). <https://doi.org/10.1029/2019JC015414>
- Staaf, D. J., Camarillo-Coop, S., Haddock, S. H. D., Nyack, A. C., Payne, J., Salinas-Zavala, C. A., Seibel, B. A., Trueblood, L., Widmer, C., & Gilly, W. F. (2008). Natural egg mass deposition by the Humboldt squid (*Dosidicus gigas*) in the Gulf of California and characteristics of hatchlings and paralarvae. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 88(4), 759–770. <https://doi.org/10.1017/S0025315408001422>
- Staaf, D. J., Zeidberg, L. D., & Gilly, W. F. (2011). Effects of temperature on embryonic development of the Humboldt squid *Dosidicus gigas*. *Marine Ecology Progress Series*, 441(November), 165–175. <https://doi.org/10.3354/meps09389>
- Stewart, J. S., Hazen, E. L., Bograd, S. J., Byrnes, J. E. K., Foley, D. G., Gilly, W. F., Robison, B. H., & Field, J. C. (2014). Combined climate- and prey-mediated range expansion of Humboldt squid (*Dosidicus gigas*), a large marine predator in the California Current System. *Global Change Biology*, 20(6), 1832–1843. <https://doi.org/10.1111/gcb.12502>

Cita

Ruvalcaba Aroche E.D., L. Sánchez Velasco y E. Beier. ¿Qué pasó con el calamar de Humboldt (*Dosidicus gigas*) en el Golfo de California, México? Cambio climático y perspectivas a futuro. *Recursos Naturales y Sociedad*, 2024. Vol. 10 (1): 127-142. <https://doi.org/10.18846/renaysoc.2024.10.10.01.0011>

Sometido: 11 de abril de 2024

Aceptado: 23 de mayo de 2024

Editor asociado: Dr. Gastón A. Bazzino Ferreri

Editora ejecutiva: Dra. Crisalejandra Rivera Pérez

Diseño gráfico editorial: Lic. Gerardo Hernández



Ficha curricular de los coautores

Dr. Erick Daniel Ruvalcaba Aroche.

Programa CONAHCyT Posdoctorado por México en el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Unidad La Paz, Laboratorio de Macroecología Marina. SNI nivel Candidato.

Dra. Laura Sánchez Velasco.

Investigadora titular C en el Instituto Politécnico Nacional – Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Dpto. de Oceanología. SNI nivel III.

Dr. Emilio Beier.

Investigador titular C en Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Unidad La Paz, Laboratorio de Macroecología Marina. SNI nivel III.