

**Informe final\* del Proyecto JM065**  
**Distribución potencial de cabrillas (*Teleostei: Serranidae*) en el Pacífico mexicano: especies de importancia para la pesca y la conservación**

**Responsable:** Dr. Héctor Reyes Bonilla  
**Institución:** Universidad Autónoma de Baja California Sur  
Área Interdisciplinaria de Ciencias del Mar  
Departamento de Biología Marina  
**Dirección:** Carretera al Sur Km 5.5, Mezquito, La Paz, BCS, 23081 , México  
**Correo electrónico:** [hreyes@uabcs.mx](mailto:hreyes@uabcs.mx)  
**Teléfono/Fax:** Tel: 01(612)123 8800 ext 4160 Fax: 01(612)123 8819  
**Fecha de inicio:** Junio 15, 2012.  
**Fecha de término:** Julio 2, 2018.  
**Principales resultados:** Base de datos, cartografía, informe final  
**Forma de citar\*\* el informe final y otros resultados:** Reyes Bonilla H. 2018. Distribución potencial de cabrillas (*Teleostei: Serranidae*) en el Pacífico mexicano: especies de importancia para la pesca y la conservación. Universidad Autónoma de Baja California Sur. **Informe final SNIB-CONABIO**, Proyecto No. JM065. Ciudad de México.

**Resumen:**

Las especies de la Familia Serranidae representan recursos fundamentales en las pesquerías artesanales de toda América Latina, y en particular en México. Según la Carta Nacional Pesquera de 2010, hay 26 especies de esta familia que son pescadas en el país, y sus capturas son superiores a las 8 mil toneladas anuales en los últimos años; la zona principal de pesca es el Golfo de California. Además de su relevancia comercial, las cabrillas son depredadores intermedios o de nivel tope, de manera que funcionan como especies clave que controlan los flujos de materia y energía en los ecosistemas arrecifales. El objetivo del presente trabajo es determinar la distribución potencial de ocho especies de cabrillas presentes en el Pacífico mexicano, a partir de información geográfica presente en bases de datos internacionales, colecciones nacionales y datos de campo, obtenidos entre 2009 y 2010 en toda la costa del occidente de México. Dichas especies fueron seleccionadas dada su relevancia económica o para la conservación. La información será analizada con el algoritmo de máxima entropía incluido en el programa MAXENT, y se generarán mapas en un sistema de información geográfica, siguiendo los lineamientos establecidos por la CONABIO. Se emplearán 16 factores oceanográficos para el análisis, incluyendo valores promedio, máximos y mínimos anuales de salinidad, temperatura, nutrientes (nitratos, fosfatos y silicatos), oxígeno, clorofilas, variables del ciclo de los carbonatos (omega aragonita, concentración de calcita, pH, alcalinidad del agua), aspectos ligados a la intensidad luminosa (radiación fotosintéticamente activa, transparencia del agua, profundidad de la zona eufótica), profundidad y tipo de costa.

- 
- \* El presente documento no necesariamente contiene los principales resultados del proyecto correspondiente o la descripción de los mismos. Los proyectos apoyados por la CONABIO así como información adicional sobre ellos, pueden consultarse en [www.conabio.gob.mx](http://www.conabio.gob.mx)
  - \*\* El usuario tiene la obligación, de conformidad con el artículo 57 de la LFDA, de citar a los autores de obras individuales, así como a los compiladores. De manera que deberán citarse todos los responsables de los proyectos, que proveyeron datos, así como a la CONABIO como depositaria, compiladora y proveedora de la información. En su caso, el usuario deberá obtener del proveedor la información complementaria sobre la autoría específica de los datos.



## **INFORME FINAL**

### **DISTRIBUCION POTENCIAL DE CABRILLAS (TELEOSTEI: SERRANIDAE) EN EL PACIFICO MEXICANO: ESPECIES DE IMPORTANCIA PARA LA PESCA Y LA CONSERVACION**

#### **PROYECTO JM 065**

Responsable técnico: Dr. Héctor Reyes Bonilla. Universidad Autónoma de Baja California Sur. Departamento Académico de Biología Marina. Carretera al sur km 5.5, Col. El Mezquitito. CP 23080. La Paz, B.C.S. Tel. (612) 123-8800 ext. 4160. Fax; (612) 123-8819. Correo electrónico: hreyes@uabcs.mx

Técnicos del proyecto: Magdalena Précoma de la Mora, Violeta Martínez Castillo, María Martínez Torres, Aurea Abigaíl Aguilar Ramírez y Luis Bernardo Jiménez Hovelman.

Investigadores participantes: Dra. Gabriela Cruz Piñón (UABCS), Dr. Eduardo Balart (CIBNOR), Dr. Luis Calderón (CICESE, Ensenada), Dr. Amílcar Cupul (Universidad de Guadalajara, Puerto Vallarta), Dr. Andrés López (Universidad del Mar, Puerto Angel), Dr. Fabián Rodríguez (Universidad de Guadalajara, Guadalajara).

## Introducción

La Familia Serranidae (cabrillas) es una de las más ricas en peces arrecifales a nivel mundial, y México cuenta con 43 especies en 14 géneros (Robertson y Allen, 2008). Es una de las familias más importantes desde la perspectiva de la pesca artesanal en nuestro país, ya que se captura en todos los litorales y en altos volúmenes (Espino Barr et al., 2003). Además, los serránidos son depredadores de alto nivel en los ecosistemas arrecifales, considerándose especies clave en dichos ecosistemas (Aburto Oropeza et al., 2008). Esta familia tiene alta susceptibilidad a la pesca pues sus especies son longevas y con maduración tardía (Cheung et al., 2007). Como estrategias de manejo, la Carta Nacional Pesquera menciona la necesidad de establecer zonas de pesca, tallas mínimas de captura y épocas de veda, además de evaluar la captura incidental de juveniles.

Existen datos generales sobre la distribución de las especies de cabrillas en el Pacífico americano (Love et al., 2005; Robertson y Allen, 2008), desafortunadamente, los mapas son imprecisos si se quieren revisar detalles a escalas espaciales pequeñas. Para subsanar esta deficiencia se han utilizado los análisis de distribución potencial (Elith et al., 2006), los cuales han dado excelente resultado al aplicarse a comunidades terrestres en México (Peterson et al., 2002). En el caso de los ambientes marinos estas técnicas también han demostrado su eficiencia (Kaschner et al., 2006; Bryan y Metaxas, 2007; Cheung et al., 2009; Verbruggen et al., 2009; Huang et al., 2011); sin embargo, a la fecha su uso es casi nulo para analizar los taxa de nuestro país.

La presente investigación pretende compilar una base de datos detallada y georeferenciada sobre la ocurrencia de ocho especies de serránidos de interés a lo largo del Pacífico mexicano, la cual incorpora taxa presentes en la Norma Oficial Mexicana, la Lista Roja de la IUCN, y la Carta Nacional Pesquera. La combinación de datos originales y de alta calidad, y de registros de agencias internacionales y los disponibles en el SNIB, permitirá alcanzar una alta precisión en el análisis de nicho ecológico y posteriormente en los mapas de probabilidad de ocurrencia a ser generados. Gracias a ellos, los resultados del estudio podrán tener utilidad inmediata para diversos sectores sociales relacionados con el conocimiento científico, el manejo y la conservación.

## **Objetivo general**

Determinar la distribución geográfica actual y potencial de ocho especies de peces de la Familia Serranidae en el occidente de México (Golfo de California y Océano Pacífico)

## **Objetivos específicos**

- a) Compilar la información sobre la distribución de las ocho especies de serránidos de alta importancia comercial, o relevancia para la conservación en el occidente de México (*Epinephelus labriformis*, *E. quinquefasciatus* (antes *E. itajara*), *Hyporthodus acanthistius*, (antes *E. acanthistius*), *Mycteroperca jordani*, *M. rosacea*, *M. xenarcha*, *Paralabrax nebulifer* y *Paranthias colonus*). Los datos se tomaron de: 1) el Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB); 2) bases internacionales libres en internet con registros georeferenciados de peces; y 3) datos de campo generados por el grupo de trabajo entre 2009 y 2010.

Posteriormente, con el algoritmo de máxima entropía del programa MAXENT e información sobre valores de 36 variables pertenecientes a 17 factores oceanográficos, y a escala de 5 minutos de arco se procedió a:

- b) Construir mapas de distribución potencial de las especies citadas
- c) Estimar la probabilidad de ocurrencia de cada taxón a lo largo de la costa
- d) Evaluar la riqueza estimada de especies a lo largo de la costa

## **Técnicas y métodos**

### *Fuentes de información*

Los registros sobre la distribución espacial de las ocho especies de interés se tomaron de las siguientes fuentes de acceso libre: 1) las bases de datos del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB), 2) Fishbase ([www.fishbase.org](http://www.fishbase.org)), 3) Fishnet2 ([www.fishnet2.net](http://www.fishnet2.net)), 4) Vertnet ([www.vertnet.org](http://www.vertnet.org)), 5) Global Biodiversity Information Facility (GBIF; [www.gbif.org](http://www.gbif.org)), 6) Ocean Biogeographic Information System (OBIS; [www.obis.org](http://www.obis.org)) y 7) Shorefishes of the Tropical Eastern Pacific Online Information

System, Smithsonian Tropical Research Institute (SFTEP; <http://biogeodb.stri.si.edu/sftep/>). Cabe mencionar que la base de datos Vertnet utiliza cuatro diferentes fuentes para obtener sus datos, siendo una de estas Fishnet2; por esta razón, la información de Vertnet fue repetitiva y no se utilizó para fines del presente trabajo.

Las búsquedas de registros se hicieron de dos formas; una, tomando en cuenta el nombre científico actual de las especies (reconocido internacionalmente y tomado del Catálogo de Peces de Eschmeyer y Fricke, 2012) y dos, revisando si aparecían registros distintos empleando las sinonimias reconocidas de cada especie en los trabajos de Love et al. (2005), Robertson y Allen (2008), Froese y Pauly (2012), y Eschmeyer y Fricke (2012). Cabe mencionar que la información tomada de las bases de acceso libre en internet no se restringió al territorio nacional, sino que se consideraron todos los datos presentes, los cuales normalmente abarcan una amplia región que incluye desde la costa oeste de los Estados Unidos hasta Perú o Chile, y todas las islas oceánicas adyacentes al continente (Galápagos, Ecuador; Cocos, Costa Rica; Malpelo, Colombia; Clipperton, Francia; además de las pertenecientes a México). Esta decisión se tomó considerando la necesidad de tener una imagen clara de la distribución total de cada especie (y por ende, de las condiciones ambientales donde se desarrollan sus poblaciones), con el fin de poder generar modelos más precisos de distribución potencial dentro del país (Barve et al., 2011).

En adición a la búsqueda en medios electrónicos, se tomaron en cuenta datos de campo generados por el grupo de trabajo entre 2009 y 2010, a una precisión de un segundo de latitud-longitud. Se cuenta con alrededor de 1,650 censos de 100 m<sup>2</sup>, todos georeferenciados y en donde se registró la presencia y abundancia de cada especie. Los sitios revisados durante estas visitas fueron (de norte a sur): Puerto Peñasco (Son.), Islote La Poma (B.C.), Isla Tiburón (Son), Isla Ángel de la Guarda (B.C.), Bahía de Los Angeles (B.C.), Isla San Pedro Mártir (Son), Isla San Esteban (Son.), Archipiélago de San Lorenzo (B.C.) e islas adyacentes (Rasa, Cardonosa, Animas), Loreto (B.C.S.), La Paz (B.C.S.), Cabo Pulmo (B.C.S.), Isla Isabel (Jal.), Bahía de Banderas (Jal.), Manzanillo (Col.), Faro de Bucerías (Mich.), Zihuatanejo (Gro.), Acapulco (Gro.) y Huatulco (Oax.). Además se contó con información de áreas

oceánicas como la Isla Guadalupe (B.C.) y las Islas Revillagigedo (Col.), obtenida durante el mismo intervalo temporal.

### *Control de calidad de los datos*

Los datos citados (campo y colecciones) fueron sujetos a una revisión detallada y depuración antes de pasar a emplearlos en los modelos. El primer filtro consistió precisamente en elegir de manera correcta las fuentes de información; si bien en todas las bases internacionales citadas existen errores o imprecisiones en los registros, puede decirse que las seleccionadas incluyen la información de mejor calidad a nivel mundial y que ha sido acumulada de forma comprehensiva al menos desde el Siglo XIX. En cuanto a los datos de campo, es importante mencionar que todos fueron tomados por observadores expertos que pertenecen al grupo de trabajo, por lo que de ese modo se garantiza la calidad de la identificación. Las posiciones geográficas que se tomaron durante las visitas tienen un error aproximado de entre 7 y 30 m, de manera que tienen una precisión muy aceptable como para ser incorporadas a la par de los datos de museos y manteniendo una escala acorde con la de la información oceanográfica (5 minutos de arco).

Una vez obtenidos todos los registros, el siguiente procedimiento consistió en arreglar los datos en una hoja de cálculo de Excel, llenando los 32 campos y atributos requeridos obligatoriamente por CONABIO para que la información pudiera emplearse bajo el estándar Darwin Core, versión 1.4, descritos en el Instructivo para la conformación de Bases de Datos Compatibles con el Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB) para modelar la distribución geográfica de las especies (versión 2011). Esto se hizo con la finalidad de homogenizar el formato de los datos y tener un mejor control al momento de analizarlos.

La segunda limpieza consistió en excluir los registros con ausencia de datos geográficos, y posteriormente, en revisar la precisión geográfica de los datos restantes por medio de un mapeo de las posiciones referidas en un SIG. De esta forma fue posible localizar errores en la georreferenciación y corregir los registros o eliminarlos. Por ejemplo, una de las situaciones con las que nos enfrentamos es que las coordenadas de varios registros indicaban que el pez se observó o colectó en tierra,

pero muy cerca de la costa. En este caso se decidió dejar en la base de datos el punto, cuando el cuadrante de análisis de 5 x 5 minutos tuviera contacto con una sección de agua, y de esta manera se evitó eliminar una gran cantidad de datos útiles para modelar la distribución de las especies (ver Fig. 1A). Por otro lado, los registros que cayeron completamente en tierra se excluyeron de la base de datos y de los futuros análisis (ver Fig. 1B). Cabe mencionar que aquellos registros que caían en tierra y eran provenientes de la base de datos de SNIB se colocaron en un archivo de Excel (Nombre: JM065 Puntos en tierra SNIB) para ser entregados a CONABIO bajo la solicitud de la misma.

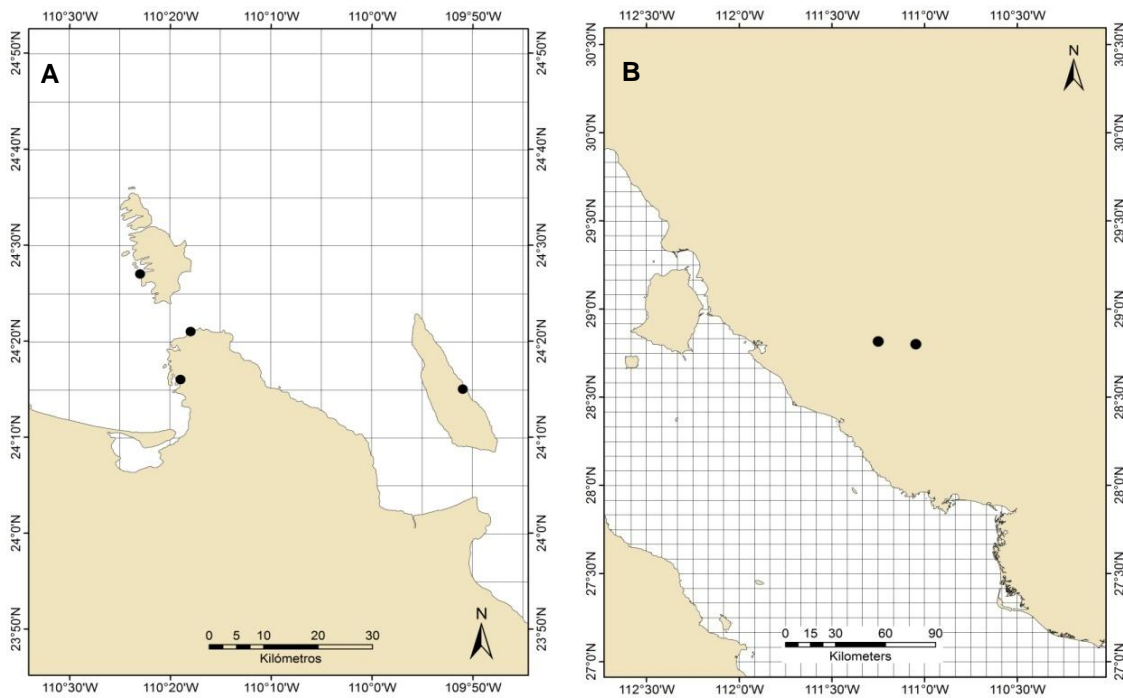


Figura 1. Ejemplo de registros; A) que fueron considerados para modelar la distribución de las especies; y B) aquellos que fueron eliminados por encontrarse totalmente en tierra.

La tercera limpieza consistió en eliminar los registros repetidos o aquellos que aparecían en más de una base, para lo cual se tomaron en cuenta diversos criterios. A continuación se muestran algunos ejemplos.

1. Los registros que coincidían con el código de la institución, el número de catálogo, las coordenadas geográficas, las fechas de colecta (año, mes y día) y la especie se consideraron datos idénticos, por lo que solo se tomó en cuenta uno de ellos.

institutionCode	datasetName	catalogNumber	Latitud	Longitud	Year	Month	Day	acceptedName
IBUNAM	GBIF	IBUNAM -P2089	19.563	-105.1047	1984	02	29	<i>E. labriformis</i>
IBUNAM	OBIS	IBUNAM -P2089	19.563	-105.1047	1984	02	29	<i>E. labriformis</i>

2. Algunos registros se consideraron iguales cuando coincidían con el código de la institución, las coordenadas geográficas, la fecha de colecta, la especie y el número de catálogo. Sin embargo, ya que éste último presentó diferencias en cuanto al número de decimales, se decidió mantener el dato con mayor precisión geográfica. En este caso, el presentado en el renglón superior.

institutionCode	datasetName	catalogNumber	Latitud	Longitud	Year	Month	Day	acceptedName
USNM	Fishnet 2	367895	13.525	-89.823	2001	03	14	<i>E. labriformis</i>
USNM	FishBase	367895.5279756	13.53	-89.8	2001	03	14	<i>E. labriformis</i>

3. Debido a que varios registros carecían de información en relación al código de la institución y la fecha de colecta, se consideraron como iguales cuando presentaban el mismo número de catálogo, mismas coordenadas y se referían a la misma especie. Es importante mencionar que bajo este criterio se decidió quedarse con el registro más completo de acuerdo al formato Darwin Core. Para ejemplificar, en el caso presentado a continuación se eliminó el primer registro.

institutionCode	datasetName	catalogNumber	Latitud	Longitud	Year	Month	Day	acceptedName
ND	FishBase	286	23.42	-109.4	ND	ND	ND	<i>E. labriformis</i>
LACM	GBIF	286	23.42	-109.4	1905	05	12	<i>E. labriformis</i>

4. Se observó que algunos registros carecían de número de catálogo (ND) pero se repetían entre sí, ya que las distintas bases de datos consideradas para el



presente trabajo ocasionalmente se citan unas a otras. Bajo este criterio, se tomaron solo los datos pertenecientes a la base de donde originalmente provienen. Por ejemplo, en el siguiente ejemplo se tomó en cuenta el registro del renglón inferior referente a la base SFTEP, que es la fuente original de la observación.

institutionCode	datasetName	catalogNumber	Latitud	Longitud	Year	Month	Day	acceptedName
ND	SFTEP	ND	-6.964	-80.701	ND	ND	ND	<i>P. colonus</i>
SFTEP	OBIS	ND	-6.96	-80.7	ND	ND	ND	<i>P. colonus</i>

- Algunos de los registros coincidieron en el número de catálogo, las coordenadas y el nombre de la especie, sin embargo, presentaban fechas de colecta distintas. En éste caso se tomó el dato geográfico para denotar la distribución, pero paralelamente se decidió hacer la notificación a los curadores del respectivo museo para que nos indicaran cuál de los diferentes registros debíamos considerar para la base de datos. En ausencia de esta información, se uso la fecha adjunta a la información que contenía el nombre de la institución.

institutionCode	datasetName	catalogNumber	Latitud	Longitud	Year	Month	Day	acceptedName
IBUNAM	GBIF	3348	28.97	-113.15	1989	09	28	<i>M. rosacea</i>
ND	FishBase	3348	28.97	-113.15	1905	06	07	<i>M. rosacea</i>

- Se obtuvieron varios registros de las bases de datos de SNIB y GBIF que coincidían con el código de la institución, el número de catálogo, las fechas de colecta y la nomenclatura de la especie. No obstante, la longitud difería hasta en un grado. En esos casos se tomó la información que mostraba la ocurrencia del ejemplar en la zona marina o sobre la costa. En el ejemplo siguiente, el dato considerado es el del renglón inferior.

institutionCode	datasetName	catalogNumber	Latitud	Longitud	Year	Month	Day	acceptedName
IBUNAM	GBIF	IBUNAM-P3369	28.867	-113.967	1989	10	09	<i>P. colonus</i>
IB-UNAM	1 SNIB	IBUNAM-P3369	28.867	-112.967	1989	10	09	<i>P. colonus</i>

En relación al caso anterior hubo diversas variaciones, por lo que se empleó el SIG para solucionar las discrepancias, tomando como base las siguientes consideraciones para poder decidir que dato se tomaría en cuenta:

- a) Cuando uno de los dos registros caía totalmente en tierra, se eliminó este registro y se tomo en cuenta el dato en donde el cuadrante estuviera en contacto con una parte de tierra y de agua (ver Fig. 2).

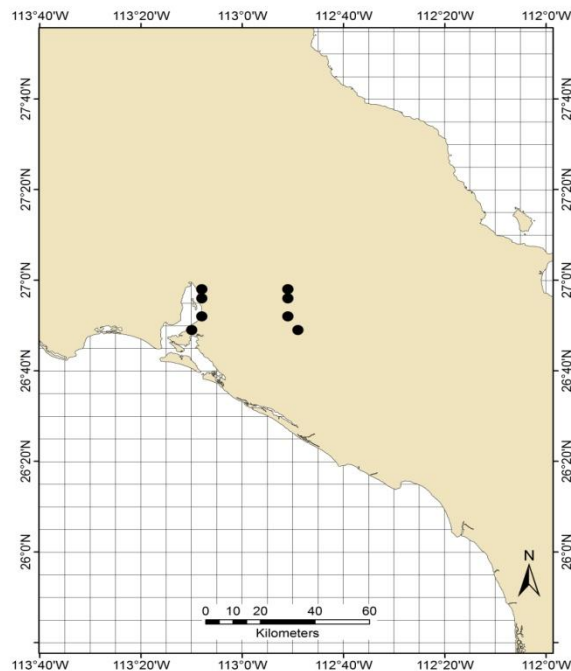


Figura 2. Ejemplo de registros localizados completamente en tierra provenientes de la base de datos de SNIB, y registros donde el cuadrante está en contacto con tierra y agua, provenientes de la base de datos GBIF.

- b) Si ambos registros caían en agua, se decidió permanecer con el dato que estuviera más cercano a la costa (ver Fig. 3).

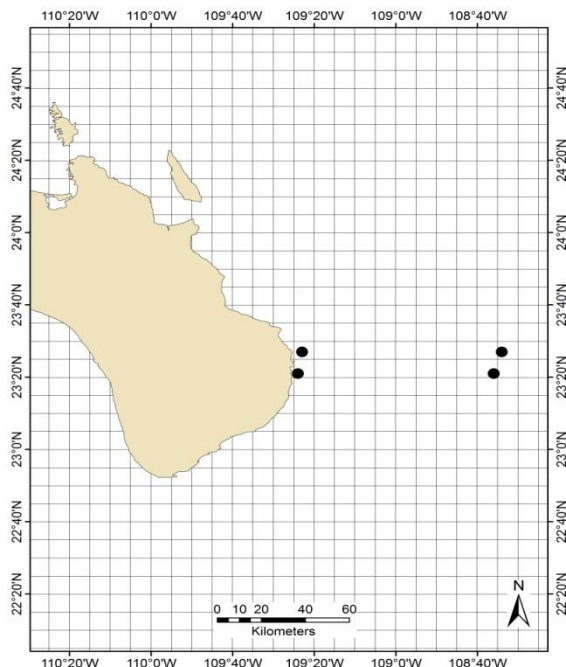


Figura 3. Ejemplo de registros provenientes de la base de datos de SNIB localizados a una mayor distancia de la costa en comparación a los registros de la base de datos GBIF.

Una vez hechas todas las limpiezas de datos mencionadas, los registros que pasaron las pruebas de control de calidad fueron ordenados en una hoja de cálculo de Excel, incluyendo únicamente tres columnas: nombre de la especie, longitud y latitud. Esto se realizó para modelar de la distribución potencial de las especies en el programa MaxEnt (Phillips et al., 2006).

### **Variables ambientales**

Para construir modelos adecuados de distribución potencial se requiere tomar en cuenta el rango completo de distribución geográfica de cada especie (la M, en Soberón y Nakamura, 2009), ya que todas las localidades en esa región tienen el potencial de recibir colonización por propágulos o adultos. En el caso de este proyecto, además de la información ambiental perteneciente a México, se hizo uso de datos oceanográficos de toda la costa del Pacífico tropical y parte de los subtropicales, así como de las islas oceánicas donde las especies están presentes (Fig. 4). Dicha superficie se tomó en cuenta dado que abarca los límites septentrional y boreal de las especies de interés, y

también representa un grupo de regiones biogeográficas (provincias Californiana, Corteziana, Mexicana, Panámica y Galapagana; Briggs y Bowen, 2012), y 15 ecoregiones contiguas (Spalding et al. 2007); es decir comprende una serie de unidades naturales bajo la óptica oceanográfica y biológica. Además, abarca un espacio extra de aproximadamente 200 km a cada lado donde existe la posibilidad de que haya llegada de larvas, de acuerdo a modelos de dispersión larval (O'Connor et al., 2007). Anteriormente habíamos sugerido realizar los modelos finales seleccionando las provincias biogeográficas adecuadas para cada especie, sin embargo, decidimos considerar toda la región mencionada previamente, ya que incluso las especies con distribución más restringida (*P. nebulifer*, *M. rosacea* y *M. jordani*) abarcan más de una provincia biogeográfica (definida con base en Robertson y Cramer 2009), incluyendo aquella de mayor extensión (Panámica). Cabe mencionar que para correr los modelos de las ocho especies de serránidos, la máscara abarcó únicamente el área referente al Pacífico (Fig. 5). De esta manera, el área de estudio se delimitó latitudinalmente de los 39°N hasta los 10°S, y de los -130°W hasta los -75°W. Finalmente, aunque la estimación de la probabilidad de ocurrencia de las especies se hizo para todo su rango de ocurrencia, los mapas de los modelos finales que aquí se presentan se recortaron únicamente al área referente al Pacífico Mexicano.

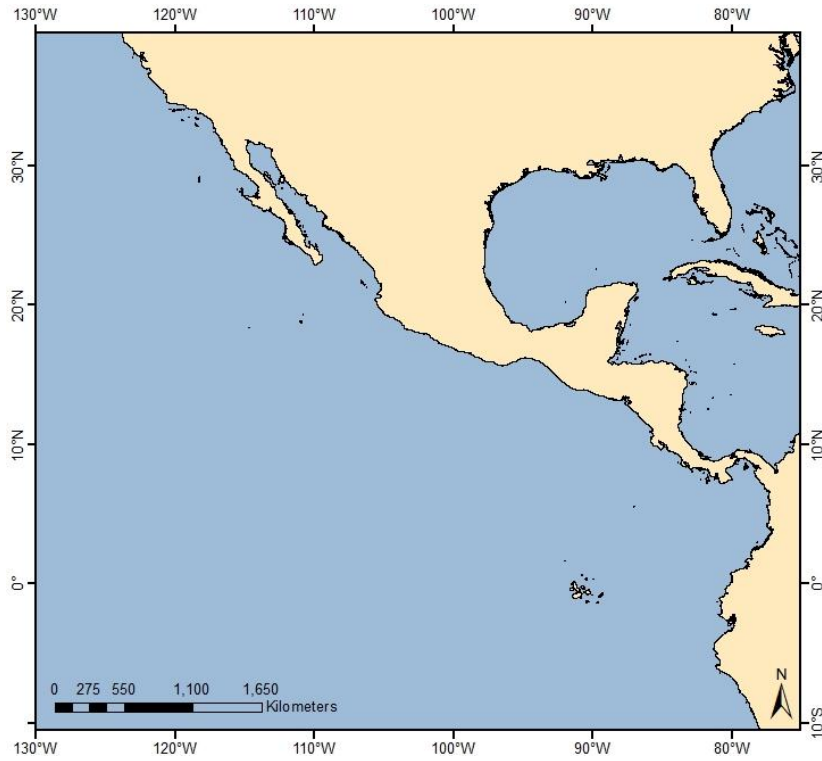


Figura 4. Mapa indicando los límites del área de estudio utilizados para el presente proyecto.

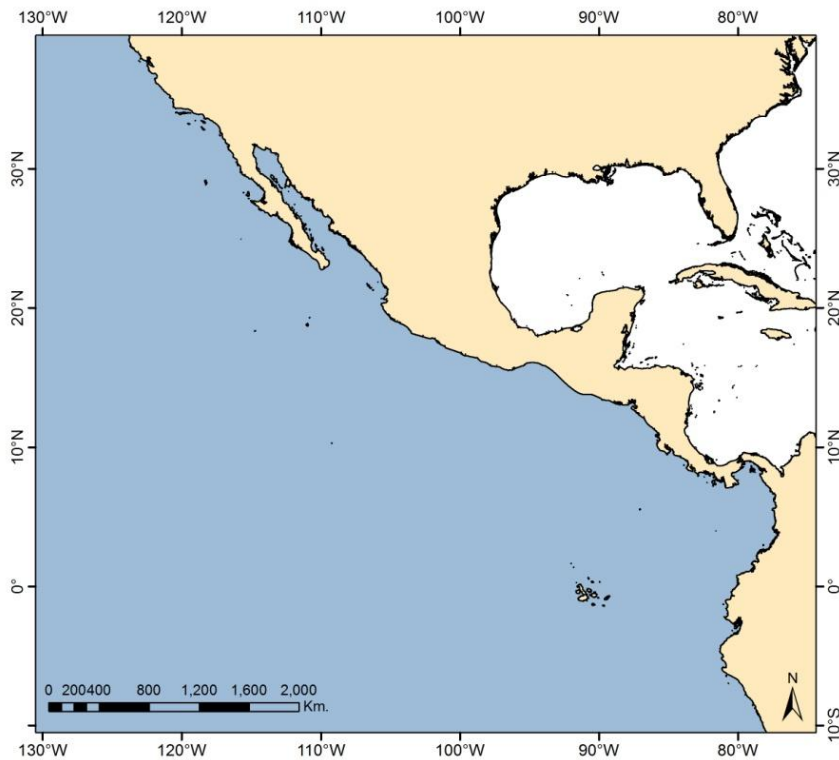


Figura 5. Mapa representando la máscara (zona azul) utilizada para realizar los modelos de distribución potencial.

Los modelos de distribución potencial se fundamentaron en los datos de ocurrencia de las especies de interés tomados de las fuentes antes mencionadas, y en 17 parámetros oceanográficos, a saber: salinidad (UPS; promedio), oxígeno (mg/ml; promedio), nitratos, silicatos, fosfatos (micromol; promedio), profundidad (m), temperatura (°C; promedio, valor máximo y mínimo mensual, y rango), concentración de clorofilas (mg/m<sup>3</sup>; promedio, valor máximo y mínimo mensual, y rango), coeficiente de atenuación de la luz (/m; promedio, valor máximo y mínimo mensual, y rango), radiación fotosintéticamente activa (Einstein/m<sup>2</sup>/día; promedio y valor máximo mensual), concentración de calcita (mol/m<sup>3</sup>; promedio, valor máximo y mínimo mensual, y rango), productividad primaria integrada (mg C/m<sup>2</sup>/día; promedio, valor máximo y mínimo mensual, y rango), profundidad de zona eufótica (equivalente al 1% de la radiación fotosintéticamente activa recibida en superficie; m; promedio, valor máximo y mínimo mensual, y rango), alcalinidad del agua (micromol/kg; promedio), pH (promedio), omega de aragonita (sin unidades; promedio) y tipo de costa (rocosa u otra). En total hablamos de 36 variables individuales, representativas de 17 factores oceanográficos; todas son continuas excepto la última (tipo de costa), que es categórica y binomial. Se ha recomendado evitar usar este tipo de variables en los modelos de distribución potencial (Franklin, 2009; Peterson et al., 2011), sin embargo, las especies de interés tienen asociaciones exclusivas con sitios de fondo rocoso (Robertson y Allen, 2008), por lo que este factor es clave en la modelación.

La información sobre los cinco primeros factores se obtuvo del Atlas Mundial de los Océanos (World Ocean Atlas; WOA 2009), los cuales están disponibles a una escala de 1° de arco. Una vez que se obtuvieron los datos de mediciones *in situ* presentes en el WOA, estos se convirtieron a imágenes raster por interpolación empleando el método de variación inversa. Posteriormente, se re-transformaron a formato ASCII, y finalmente se ajustaron en el SIG siguiendo un formato común de 5 minutos de arco. Este procedimiento se realizó con la finalidad de homogeneizar la escala empleada para el resto de las variables ambientales.

Por otro lado, la batimetría (profundidad; m) se obtuvo de la Carta Batimétrica de los Océanos (<http://www.gebco.net/>) a una resolución de 30 segundos de arco; el raster

se incorporó al programa ArcMap (versión 10.1), se convirtió a puntos y se rectificó a formato ASCII ajustándolo a una escala de 5 minutos de arco.

Las demás variables fueron extraídas de diferentes fuentes y vienen de raíz a una escala de 5 minutos de arco. La productividad primaria integrada se tomó de imágenes de satélite del color del océano proporcionadas por el Programa de Productividad Oceánica de la Universidad Estatal de Oregon (OP-OSU; [www.science.oregonstate.edu/ocean.productivity/index.php](http://www.science.oregonstate.edu/ocean.productivity/index.php)), mientras que la radiación fotosintéticamente activa, la concentración de clorofila, la temperatura, y el coeficiente de atenuación de la luz, se obtuvieron del portal Ocean Color Radiometry Online Visualization and Analysis (GIOVANNI; [gdata1.sci.gsfc.nasa.gov/daacbin/G3/gui.cgi?instance\\_id=ocean\\_month](http://gdata1.sci.gsfc.nasa.gov/daacbin/G3/gui.cgi?instance_id=ocean_month)), perteneciente a la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio de los Estados Unidos (NASA por sus siglas en inglés). La profundidad de zona eufótica se calculó a partir de los datos del coeficiente de atenuación de la luz mediante la fórmula de Pickard y Emery (1990). Por otro lado, los valores de alcalinidad se obtuvieron utilizando las formulas publicadas por Lee et al. (2006) para la región subtropical (fórmula 1) y tropical (fórmula 2):

$$1) 305 + 58.66 (\text{SSS}-35) + 2.32 (\text{SSS}-35)^2 - 1.41 (\text{SST}-20) + 0.04 (\text{SST}-20)^2$$

$$2) 2305 + 58.66 (\text{SSS}-35) + 2.32 (\text{SSS}-35)^2 - 1.41 (\text{SST}-20) + 0.040 (\text{SST}-20)^2$$

Donde: SSS= salinidad (UPS) y SST= temperatura (°C).

El omega de aragonita, la calcita y el pH se estimaron a partir de los valores de salinidad, temperatura, fosfatos y nitratos, con el programa CO2SYS (<http://carboocean.iopan.gda.pl/co2sys.htm>). Finalmente, tipo de sustrato en la zona costera se generó con base en los trabajos de Moreno Casasola et al. (1998) y Riginos y Nachman (2001). Esta última variable además, se depuró y corroboró con la ayuda del programa Google Earth (versión 6.2), revisando visualmente todo el margen continental en la región de estudio.

Referente a la justificación del número de variables y factores, puede decirse que aunque la literatura indica que varios de ellos tienen efectos directos sobre la ocurrencia de los peces (e.g., la temperatura, la transparencia del agua y el tipo de costa; Sale,

2006), y varios otros ejercen influencias indirectas (en especial los nutrientes, la profundidad y la clorofila), no hay trabajos fisiológicos o ecológicos que definan los marcos de tolerancia de ninguna de las especies de interés. Por este motivo consideramos que quizá sería peor excluir factores de análisis bajo la suposición de que no presentan efectos, que tomarlos en cuenta y aprovechar las opciones que MaxEnt ofrece para definir de manera independiente el peso relativo de cada variable sobre la distribución de los taxa (Elith et al., 2010). Además, Warren y Seifert (2011) indican que aunque modelos de entropía máxima con números demasiado altos o bajos de variables ambientales tienden a ser imprecisos, en el caso de duda es preferible emplear los primeros ya que MaxEnt genera la respuesta con base en las variables que más aportan al resultado, las cuales normalmente no exceden 15.

Con la finalidad de evitar la autocorrelación de las variables oceanográficas y cerrar la puerta a problemas tanto en la simulación como en la interpretación de los resultados (Elith et al., 2010), se empleó un análisis de componentes principales (ACP), que ayudó a definir el número de variables a usar en los modelos. Para esto, la información se estandarizó (media = 0, desviación típica = 1) y fue procesada en una rutina del software “R” para definir mediante el ACP el número de componentes que cubrían al menos el 95% de la varianza explicada. Luego, por correlación entre el valor propio del componente y el de la variable estandarizada (llamado el “nivel de carga” de cada componente; Ellison, 2001), se definieron las variables de mayor peso para caracterizar el ambiente en los puntos de muestreo, las cuales por definición no están relacionadas pues el ACP selecciona variables independientes entre sí en cada eje (Clarke y Warwick, 2001). Una vez localizadas las variables relevantes para caracterizar el ambiente y que no estaban correlacionadas, se tomaron para aplicarse en los análisis posteriores. Cabe señalar que por recomendación otorgada durante el curso impartido en CONABIO a principios de 2012, se buscó no incluir más allá de 10 a 15 variables en las pruebas de cada especie.

Por último, por acuerdo en el convenio del proyecto, se realizaron histogramas describiendo los niveles de variación de las variables seleccionadas con el ACP para toda el área analizada del Pacífico oriental, así como de los datos correspondientes a los sitios de presencia de cada especie (ver siguiente apartado).



## **Modelación**

La parte nodal del estudio corresponde a la generación de los modelos de nicho ecológico de las ocho especies de serránidos de interés. En la actualidad existen numerosas técnicas para modelar la distribución potencial de las especies, algunos métodos consideran únicamente datos de presencia de las especies y otros incluyen además datos de ausencia.

Los registros de colecciones y los datos de campo son muy útiles para especificar dónde han sido observadas o recolectadas las especies. Sin embargo, en el caso de organismos marinos y para el presente estudio en particular, la falta de muestreos sistemáticos impide definir si los sitios donde la especie no ha sido vista representan verdaderas ausencias o simplemente la falta de muestreos en la localidad. Por esta razón, se escogió el método de máxima entropía (ejemplificado en el programa MaxEnt; Phillips et al., 2006) para modelar la distribución de las especies. Éste tiene un buen nivel de eficiencia (Peterson et al., 2008) y sus salidas permiten saber además de la distribución potencial de las especies, cuáles son los factores ambientales que están influyendo su ocurrencia; es decir, ofrece información extra que puede ser interpretada ecológicamente. Además, este procedimiento es adecuado cuando se tienen relativamente muchos datos (en este caso más de 100 para la mayoría de las especies en la región de estudio; Franklin, 2009).

El primer detalle que se consideró para aplicar el modelo final es que los datos oceanográficos pasaron por un procedimiento preliminar (descrito anteriormente) con el fin de minimizar la ocurrencia de valores correlacionados que pueden arrojar resultados espurios en los modelos. El siguiente paso consistió en elegir la forma de presentación de los resultados en el mapa, pues el programa MaxEnt ofrece dos opciones: la salida “cruda” y la salida logística. La salida “cruda” representa la similitud del ambiente presente en cada pixel, en relación con la de los pixeles donde la especie realmente ocurre (la cual sumada en toda el área de análisis es igual a 1.0). Para el problema que se quiere abordar en esta investigación se seleccionó la salida logística, la cual a partir de un tratamiento numérico y la aplicación de ciertas suposiciones, transforma los valores anteriores en un estimador de la probabilidad de ocurrencia de la especie en un pixel dado (Phillips y Dudik, 2008). Esta salida presenta valores de 0 a 1, equivalentes a

probabilidades de ocurrencia de la especie. Cabe mencionar que para evaluar la riqueza estimada de las especies de cabrillas en cada pixel (5' x 5' lat/long) para el Pacífico Mexicano, se eligió el límite de probabilidad de ocurrencia 0.5 para considerar que el taxón efectivamente está presente, de forma que valores iguales o superiores al mismo denotan presencia, y los demás implican ausencia (Franklin, 2009).

Una vez que se obtuvieron los mapas finales de la distribución potencial se realizó la verificación de la calidad de los resultados, es decir, del desempeño del análisis. Para confirmar la precisión de las estimaciones, el programa selecciona valores aleatoriamente como variables de prueba y usa el resto de la información como variables de entrenamiento (Elith et al., 2010). En el caso del presente estudio, el 75% de los datos fueron asignados como valores de entrenamiento y el 25% como valores de prueba, los cuales se determinaron con base al número de variables oceanográficas que se utilizaron para realizar los mapas finales de la distribución potencial siguiendo las sugerencias de Franklin (2009). Luego, la evaluación estadística de la eficiencia de los modelos se hizo con base en un análisis de características operativas (ROC; Phillips et al., 2006), que es un tipo de rutina independiente de umbrales pre-establecidos (Franklin, 2009). El ROC se conduce como un análisis de sensibilidad donde se grafica la proporción de presencias correctamente predichas, con la que ocurriría en el caso de una distribución aleatoria de la especie. El parámetro de comparación es el área bajo la curva (AUC por sus siglas en inglés), la cual mide la habilidad de las predicciones para discriminar la presencia de la ausencia, o de la distribución aleatoria de los datos (Elith et al., 2010). Este resultado, dado automáticamente en el programa, puede presentar problemas en el caso que haya una sobre representación de pseudoausencias (Peterson et al., 2008), de manera que debe hacerse una corrección restringiendo el AUC a una proporción pequeña (< 80%) del área predicha de presencias, llamada el "ROC parcial" el cual se basa en la determinación de un parámetro E (medida del error tolerable de omisión) que define la proporción de corte de la curva. En este caso, el valor de E se definió como 5% (tomando en cuenta las recomendaciones en Peterson et al., 2008), y para calcular el ROC parcial se aplicó el algoritmo del programa ROCWOG (Narayani, 2008), proporcionado durante el curso impartido por CONABIO.

Por último, se seleccionó en el programa MaxEnt la opción de “crear el jackknife para medir la importancia de las variables”. Esta arroja una tabla en donde se muestra el porcentaje de contribución que tiene cada variable oceanográfica para construir el modelo de cada especie. Con esta información se seleccionaron las cuatro variables de mayor peso para delinear el nicho real de cada uno de los serránidos analizados, y utilizando el programa ArcMap versión 10.1 se extrajo la información de cada una de esas variables en los puntos de ocurrencia del taxón. Posteriormente, se realizaron histogramas utilizando estos datos con la finalidad de describir el ámbito de condiciones donde las especies de interés están habitando.

## **Resultados**

A continuación se muestran los resultados obtenidos con base al número de registros y la información oceanográfica seleccionada mediante el ACP para las ocho especies consideradas en el presente trabajo.

### *Variables ambientales*

Como se indicó en secciones previas, efectuamos un análisis de componentes principales para detectar posibles grupos de variables que estuvieran correlacionadas, y que pudieran ser recortadas para no sobreestimar los resultados del análisis de máxima entropía. En la Figura 6 se aprecia el resultado de dicha prueba, la cual incluyó las 36 variables pertenecientes a 17 parámetros oceanográficos. Se observan siete agrupaciones básicas (círculos rojos), además de tres factores que se comportaron de forma individual (tipo de costa, concentración promedio de fosfatos, y promedio de oxígeno disuelto). A partir de estos grupos se eligieron 13 variables para realizar los modelos finales de distribución potencial de las ocho especies, tomando en cuenta los tres factores individuales, uno de cada grupo (aquel con mayor valor de correlación con los ejes 1 y 2 del ACP), y otros tres que aportaron un buen porcentaje de la varianza explicada por detrás de los citados. En resumen, las variables seleccionadas fueron: tipo de costa (rocosa u otra), concentración promedio de fosfatos ( $\mu\text{m}$ ), promedio de oxígeno disuelto (mg/ml), profundidad (m), concentración promedio de nitratos ( $\mu\text{m}$ ),

promedio de radiación fotosintéticamente activa (Einstein/m<sup>2</sup>/día), pH (promedio), promedio de productividad primaria integrada (mg C/m<sup>2</sup>/día), profundidad de zona eufótica (promedio), promedio de salinidad (UPS), concentración promedio de silicatos (µm) y temperatura (°C; promedio y rango). Para una comprensión más clara, a continuación se presenta una breve justificación biológica de las 13 variables seleccionadas (ver Sale, 2006).

La salinidad representa la cantidad de sólidos disueltos (especialmente sodio y cloro) en un kilogramo de agua de mar, y ésta posee implicaciones fisiológicas sobre el balance osmótico en los organismos que habitan los océanos, y por ende en su distribución geográfica. La temperatura, por su parte, se considera un factor controlador clave ya que determina los requerimientos metabólicos en los peces y por ello su distribución a escala regional y batimétrica. El oxígeno disuelto es importante para los peces, ya que se requiere para realizar los procesos que les permiten la obtención de energía a partir del alimento; sus bajas concentraciones pueden causar efectos negativos en el crecimiento, la eficiencia alimentaria, promover un aumento de enfermedades e incluso llevar a la muerte. Por otro lado, los nutrientes (nitratos, silicatos y fosfatos) son compuestos fundamentales para el desarrollo del fitoplancton y el crecimiento de algas, determinando entonces la producción primaria en los océanos, y la cantidad de energía necesaria para mantener la actividad de la cadena trófica. La radiación fotosintéticamente activa es otro elemento clave para la productividad ya que marca el rango del espectro electromagnético que es utilizable por el fitoplancton y las algas para realizar el proceso de fotosíntesis y fijar carbono.

Por otro lado, la acidez, cuantificada por medio del pH, influye en el entorno bioquímico de los peces y por ello en su metabolismo, crecimiento y reproducción, de tal modo que valores extremos (fuera del rango adecuado de 8.2 a 8.4) pueden llegar a causar daños. La profundidad (o batimetría) es importante para los peces porque determina la presión a la cual están expuestos en sus zonas de residencia, y puede usarse como un factor de defensa contra carnívoros mayores, especialmente para especies de la columna de agua. Finalmente, las características del tipo de costa resultan de gran importancia dado que las especies de peces estudiadas se distribuyen

en zonas arrecifales rocosas, donde encuentran los recursos y el refugio necesario contra sus competidores o depredadores.

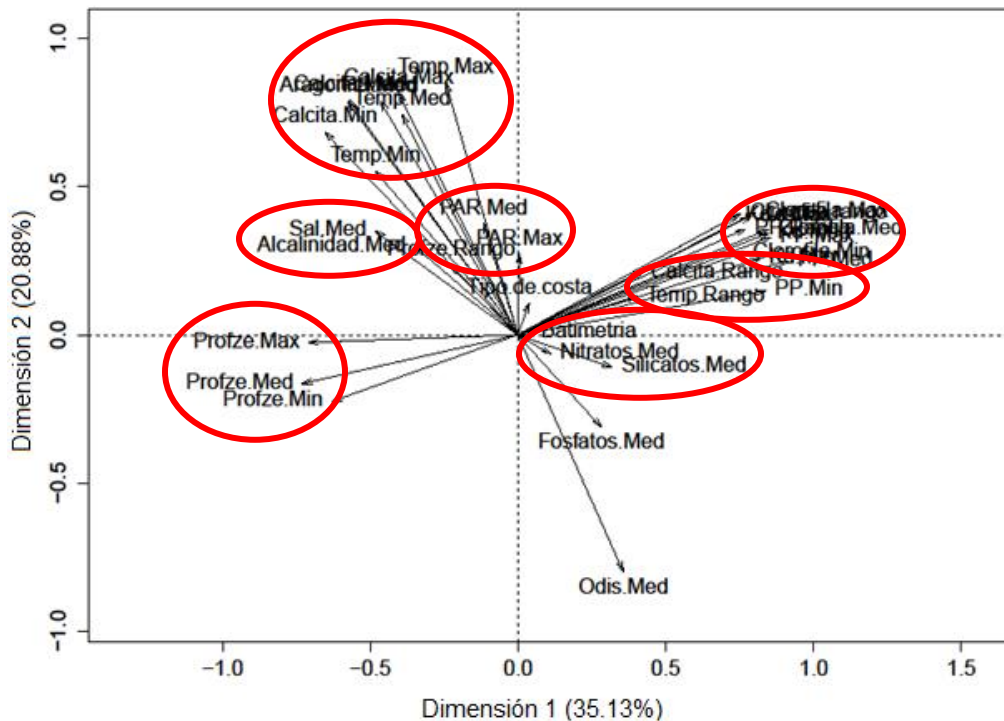


Figura 6. Gráfico del análisis de componentes principales (ACP) donde se incluyen las 36 variables consideradas en el presente trabajo. Los círculos rojos representan los siete grupos que se formaron.

En la figura 7 se muestran mapas con los valores de algunas de las variables usadas en los análisis de distribución potencial; se presenta la información del Atlántico con motivos ilustrativos, ya que las especies de interés sólo habitan el oeste del país. Es clara la diferencia en condiciones entre océanos, y en el Pacífico se observa que la alcalinidad, la concentración de nutrientes (fosfatos, silicatos y nitratos) y el oxígeno disuelto aumentan con la latitud, mientras que el pH y la temperatura disminuyen en áreas norteñas. La salinidad es más elevada en el Golfo de California por ser una cuenca de evaporación y disminuye en América Central por el efecto de ríos. Finalmente, se puede ver el efecto de las zonas de surgencia ecuatorial y del afloramiento de invierno-primavera en los valores de nitratos, fosfatos, el oxígeno disuelto y la temperatura en los golfos de Tehuantepec y Papagayo.

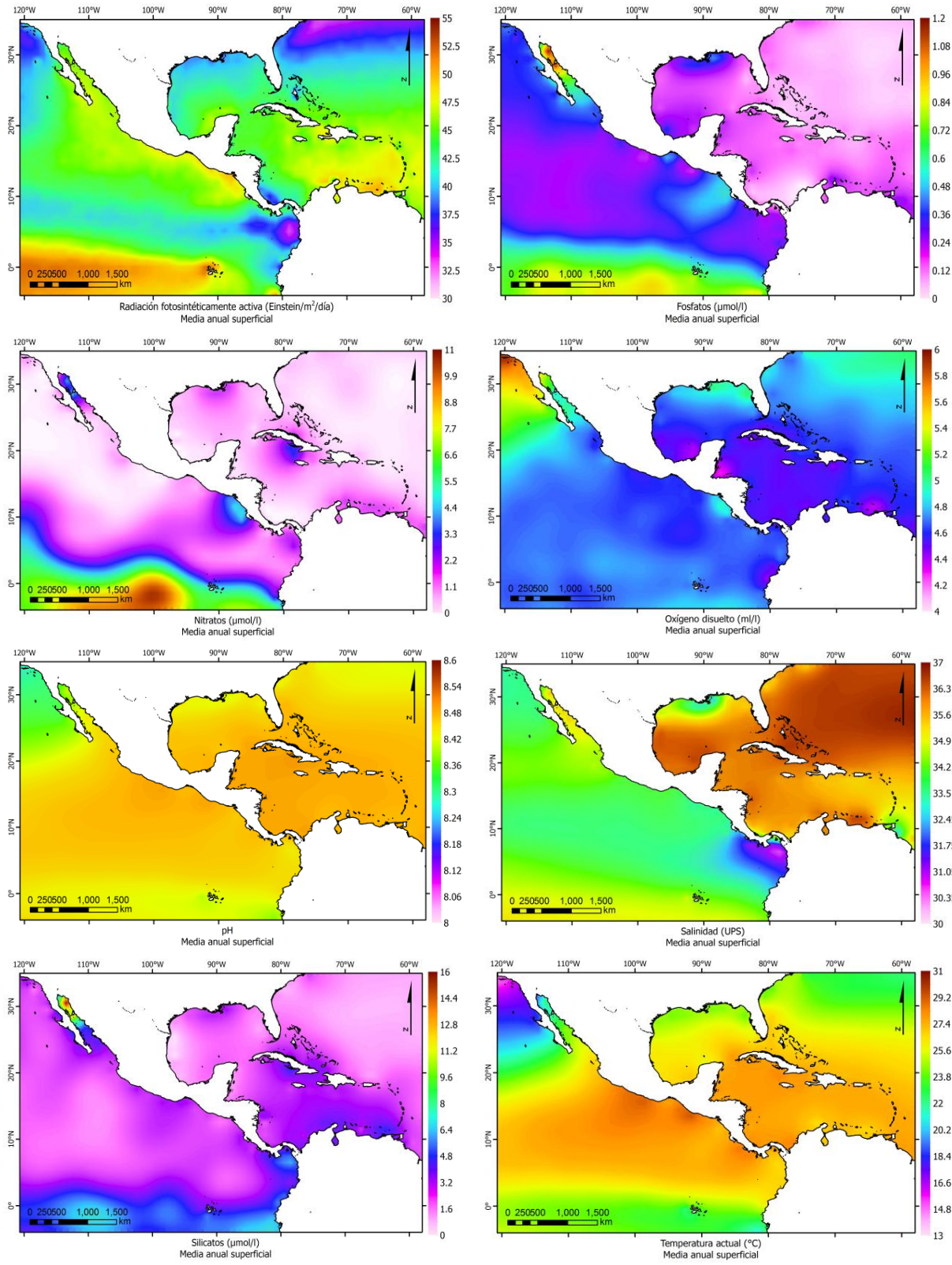
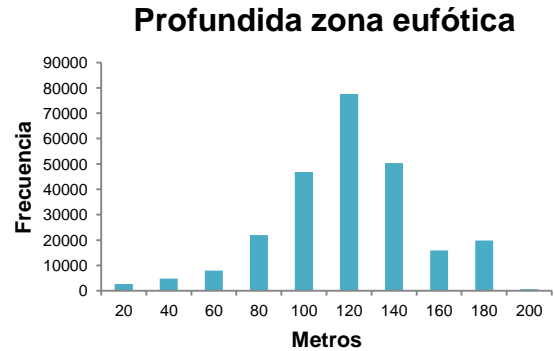
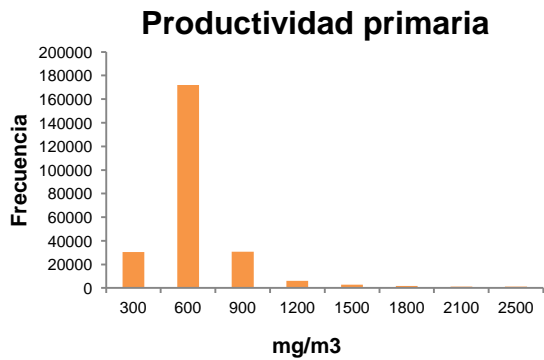
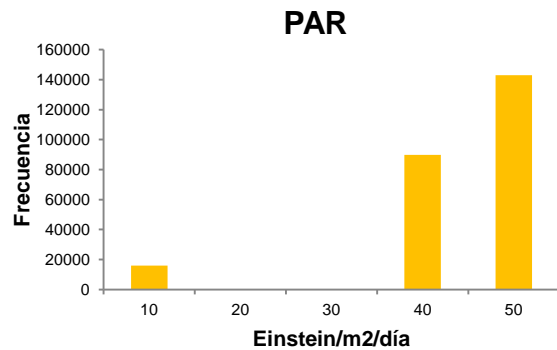
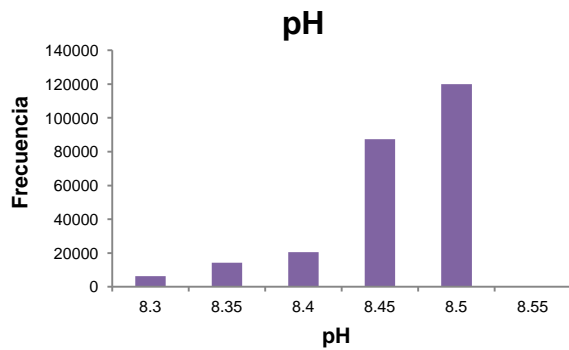
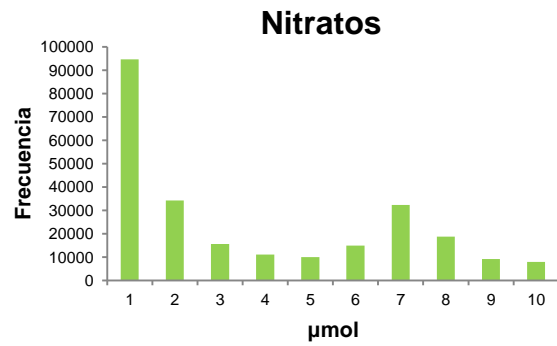
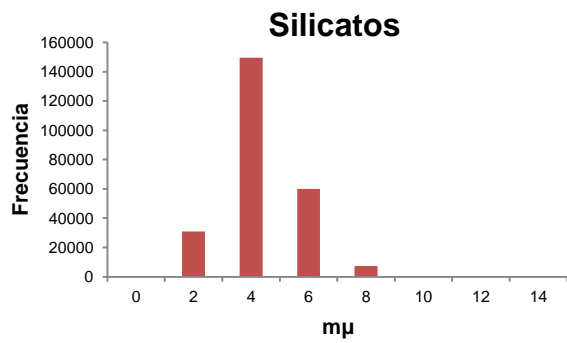
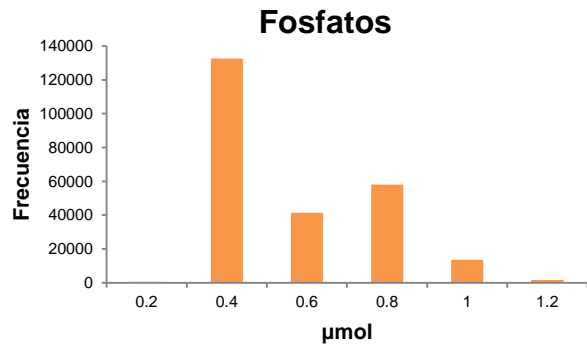
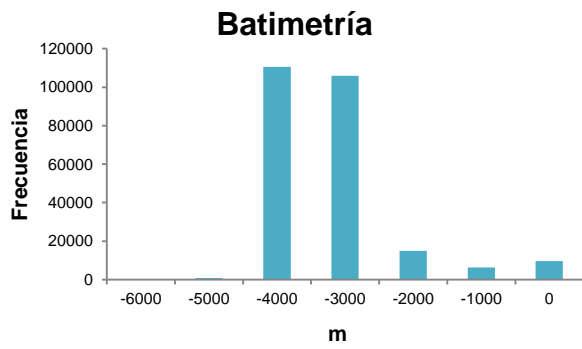


Figura 7. Mapas de los valores de algunas de las variables utilizadas para modelar la distribución de las especies en las costas este y oeste de las Américas.

En la Tabla I se muestran los valores de media, rango, desviación estándar y nivel de variación de todos los pixeles de la región de estudio para las 13 variables utilizadas para modelar especies de Serranidae en el Pacífico oriental tropical y subtropical, y en la Figura 8 están los histogramas que describen la información. Puede verse que el oxígeno disuelto, el pH y la salinidad son bastante estables, mientras que los nutrientes en general (y especialmente la concentración de nitratos), la productividad primaria y la temperatura (rango) cambian considerablemente.

Tabla I. Parámetros estadísticos de las 13 variables oceanográficas usadas para modelar la distribución de las especies de serránidos en el Pacífico oriental tropical y subtropical.

<b>Variable</b>	<b>Media</b>	<b>Rango</b>	<b>Desviación típica</b>	<b>Coficiente de variación</b>
Oxígeno	4.8437	4.51 a 6.99	0.2862	0.0591
Batimetría	3684.26	0 a -6301	961.58	0.2609
Fosfatos	0.4715	0.11 a 1.99	0.2182	0.4627
Nitratos	3.2791	0.11 a 9.99	2.9711	0.9060
Productividad	501.78	235.7 a 5078.3	359.06	0.7155
PAR	39.81	3.11 a 49.99	10.29	0.2585
pH	8.4351	8.26 a 8.49	0.0451	0.0053
Silicatos	3.2484	1.44 a 14.15	1.3022	0.4009
Zona eufótica	109.72	2.74 a 187.08	32.08	0.2923
Salinidad	34.23	29.38 a 35.65	0.7483	0.0218
Temperatura (rango)	4.58	1.01 a 16.29	1.90	0.4159
Temperatura (media)	24.70	11.40 a 31.40	3.42	0.1386





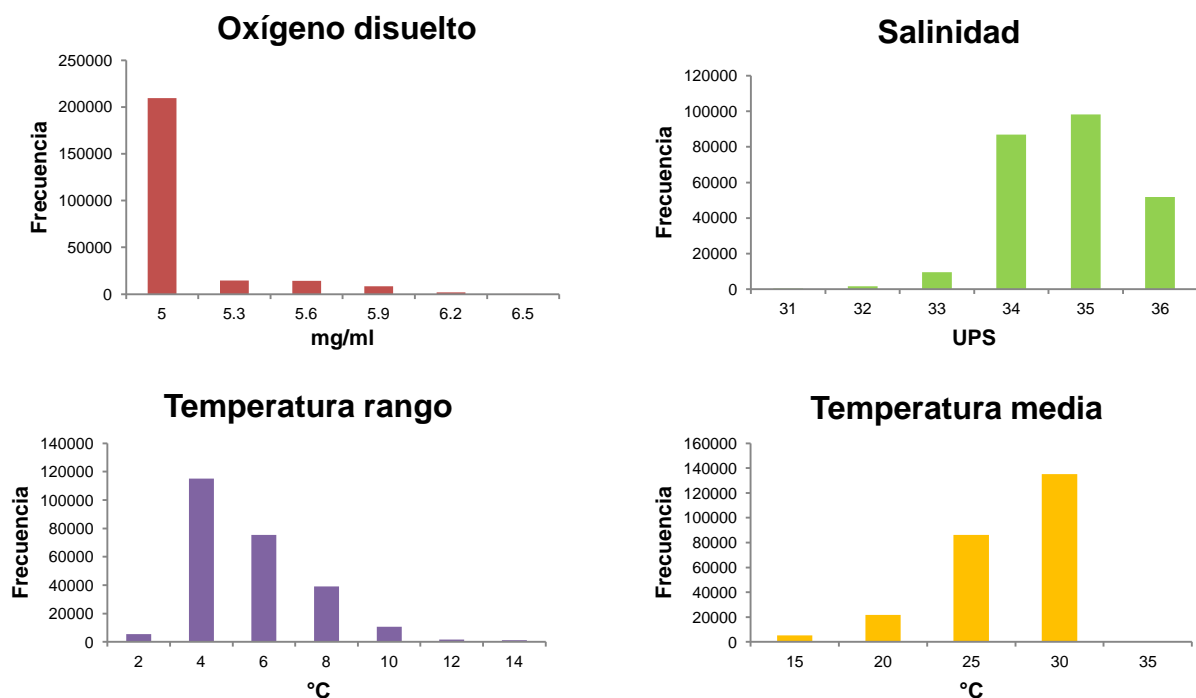


Figura 8. Histogramas de las 13 variables utilizadas para realizar los modelos finales de distribución potencial para las ocho especies de serránidos.

### Datos biológicos

Tomando en cuenta todas las fuentes de información, el número total de registros obtenidos para las 8 especies de interés en toda el área considerada fue de 8,780. En las Tablas II y III se muestran los datos arreglados por especie, y especificando la fuente de información, y se puede observar que la especie que cuenta con la mayor cantidad de información disponible es *Epinephelus labriformis*, y la menos documentada fue *Mycteroperca jordani*. También se denotó que OBIS y Fishbase fueron las fuentes con el mayor número de registros de aquellas consultadas.

Tabla II. Número de registros totales obtenidos en toda el área de estudio para cada una de las especies.

<b>Especie</b>	<b>Número de registros</b>
<i>Epinephelus labriformis</i>	3,206
<i>Epinephelus quinquefasciatus</i>	2,537
<i>Hyporthodus acanthistius</i>	337
<i>Mycteroperca jordani</i>	141
<i>Mycteroperca rosacea</i>	720
<i>Mycteroperca xenarcha</i>	199
<i>Paralabrax nebulifer</i>	436
<i>Paranthias colonus</i>	1,204
<b>TOTAL</b>	<b>8,780</b>

Tabla III. Número de registros totales para el Pacífico oriental tropical y subtropical, para cada una de las especies en las diferentes bases de datos utilizadas. Clave: (1) SNIB, (2) Fishbase, (3) Fishnet 2, (4) GBIF, (5) OBIS, (6) SFTEP y (7) Datos de campo.

<b>Especie</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
<i>Epinephelus labriformis</i>	198	719	277	605	931	356	120
<i>Epinephelus quinquefasciatus</i>	9	843	11	788	848	18	20
<i>Hyporthodus acanthistius</i>	47	14	17	61	139	59	0
<i>Mycteroperca jordani</i>	23	26	5	20	39	23	5
<i>Mycteroperca rosacea</i>	66	127	79	137	148	87	76
<i>Mycteroperca xenarcha</i>	23	35	7	23	69	38	4
<i>Paralabrax nebulifer</i>	112	101	47	76	68	32	0
<i>Paranthias colonus</i>	67	150	92	172	440	206	77
<b>TOTAL</b>	<b>545</b>	<b>2,015</b>	<b>535</b>	<b>1,882</b>	<b>2,682</b>	<b>819</b>	<b>302</b>

En la Tabla IV se muestra el número total de registros que fueron elegidos para correr los modelos finales una vez realizadas las depuraciones y el control de calidad

de los datos indicados en la metodología de este reporte, y el porcentaje que esta cifra representa del valor original (presentado en la Tabla II). De nuevo, la especie con mayor cantidad de datos fue *E. labriiformis*, pero esta vez seguida por *P. colonus*. En general, el porcentaje de datos corregidos en relación a los obtenidos originalmente varía entre 42% y 59%, pero hay una notable excepción en el caso de *E. quinquefasciatus*. En este caso el problema surgió porque durante casi dos siglos se consideró a la especie como sinónimo de *E. itajara* (taxón de distribución supuestamente anfiamericana), y por ello en las bases de datos existe una gran cantidad de registros con ese nombre para el Océano Atlántico. La confusión taxonómica fue solucionada hace menos de un lustro (Craig et al., 2009) y se determinó que las especies del Pacífico y el Atlántico son distintas. A partir de este criterio, la cantidad de información disponible sobre la especie *E. quinquefasciatus* (restringida al Océano Pacífico) disminuyó notablemente.

Tabla IV. Número de registros por especie para el Pacífico oriental tropical y subtropical, después de haber realizado el control de calidad de los datos. También se presenta el porcentaje remanente, respecto a los datos originales (Tabla II).

<b>Especie</b>	<b>No. de registros finales</b>	<b>Porcentaje respecto a las cifras de la Tabla II</b>
<i>Epinephelus labriiformis</i>	1539	48.0
<i>Epinephelus quinquefasciatus</i>	55	2.2
<i>Hyporthodus acanthistius</i>	159	47.1
<i>Mycteroperca jordani</i>	60	42.5
<i>Mycteroperca rosacea</i>	374	51.9
<i>Mycteroperca xenarcha</i>	92	46.2
<i>Paralabrax nebulifer</i>	186	42.7
<i>Paranthias colonus</i>	719	59.7
<b>TOTAL</b>	<b>3,184</b>	<b>36.3</b>

Por otra parte, en la Tabla V se muestra la información depurada, pero arreglada por base de datos consultada. Puede verse que las bases más informativas fueron OBIS y SFTEP, mientras que el SNIB arrojó relativamente poca información ya que ésta se concentra en datos de la República Mexicana. Además, los registros de campo generados por el equipo de trabajo aportaron aproximadamente el 10 por ciento del total de la información obtenida.

Tabla V. Número de registros totales para el Pacífico oriental tropical y subtropical, por especie y en cada una de las bases utilizadas, después de haber realizado el control de calidad de datos. Clave: (1) SNIB, (2) Fishbase, (3) Fishnet 2, (4) GBIF, (5) OBIS, (6) SFTEP y (7) Datos de campo.

<b>Especie</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
<i>Epinephelus labriformis</i>	44	133	204	320	376	344	118
<i>Epinephelus quinquefasciatus</i>	2	1	2	3	9	18	20
<i>Hyporthodus acanthistius</i>	14	5	12	34	40	54	0
<i>Mycteroperca jordani</i>	6	3	2	12	12	21	4
<i>Mycteroperca rosacea</i>	22	21	70	45	63	84	69
<i>Mycteroperca xenarcha</i>	8	10	5	12	18	36	3
<i>Paralabrax nebulifer</i>	62	9	38	28	17	32	0
<i>Paranthias colonus</i>	9	30	80	74	250	200	76
<b>TOTAL</b>	<b>167</b>	<b>212</b>	<b>413</b>	<b>528</b>	<b>785</b>	<b>789</b>	<b>290</b>

Finalmente, al enfocar el conteo solo al Pacífico mexicano, se obtuvo un total de 1,813 registros para las ocho especies, los cuales se detallan en las Tablas VI (cantidad total) y VII (registros por fuente de información). De nuevo, la cabrilla piedrera (*E. labriformis*) es la que cuenta con mayor cantidad de datos, y es seguida por la cabrilla sardinera, *M. rosacea* y por el cadernal, *P. colonus*. Es notable ver que para el mero gigante (*E. quinquefasciatus*), la cherna (*M. xenarcha*) y la baya (*M. jordani*), el número de reportes georeferenciados en México no supera los 60, probablemente porque todas ellas tienen poblaciones muy bajas como resultado de la sobrepesca (Aburto et al., 2008). Otro detalle relevante de la Tabla VII es que los registros originales de campo

representan el 16% de toda la información actual sobre estas ocho especies en México, y son particularmente relevantes en el caso de *E. quinquefasciatus*, ya que suman casi la mitad de la información total disponible sobre esta especie.

Tabla VI. Registros obtenidos en el Pacífico Mexicano para las especies consideradas.

<b>Especie</b>	<b>Número de registros</b>
<i>Epinephelus labriformis</i>	745
<i>Epinephelus quinquefasciatus</i>	41
<i>Hyporthodus acanthistius</i>	92
<i>Mycteroperca jordani</i>	60
<i>Mycteroperca rosacea</i>	373
<i>Mycteroperca xenarcha</i>	50
<i>Paralabrax nebulifer</i>	163
<i>Paranthias colonus</i>	289
<b>TOTAL</b>	<b>1,813</b>

Tabla VII. Registros obtenidos en el Pacífico Mexicano para cada una de las especies y en las diferentes bases de datos. Clave: (1) SNIB, (2) Fishbase, (3) Fishnet 2, (4) GBIF, (5) OBIS, (6) SFTEP y (7) Datos de campo.

<b>Especie</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
<i>Epinephelus labriformis</i>	44	81	123	110	64	205	118
<i>Epinephelus quinquefasciatus</i>	2	1	1	3	6	8	20
<i>Hyporthodus acanthistius</i>	14	5	9	24	12	28	0
<i>Mycteroperca jordani</i>	6	3	2	12	12	21	4
<i>Mycteroperca rosacea</i>	22	21	70	45	63	83	69
<i>Mycteroperca xenarcha</i>	8	5	4	6	5	19	3
<i>Paralabrax nebulifer</i>	62	6	24	22	17	32	0
<i>Paranthias colonus</i>	9	19	33	61	18	73	76
<b>TOTAL</b>	<b>167</b>	<b>141</b>	<b>266</b>	<b>283</b>	<b>197</b>	<b>469</b>	<b>290</b>

### *Modelos de distribución potencial*

Para realizar los mapas de la distribución potencial de las ocho especies de serránidos, se analizaron todas las especies empleando las 13 variables seleccionadas con el ACP, en conjunto con los datos georeferenciados de ocurrencia que pasaron el control de calidad. En la figura 9 se muestra un ejemplo detallado de los resultados de la distribución potencial de *E. labriformis*. En la primera imagen (A) se observan los puntos donde la especie está presente considerando el cuadrante geográfico completo donde este pez se distribuye en las Américas, mientras que en la segunda (B) solo se observan los puntos georeferenciados en México. Finalmente la tercera imagen (C) muestra el modelo de distribución potencial en el Pacífico Mexicano generado para esta especie, en donde los valores de probabilidad de ocurrencia van de 0 a 1.

Puede verse que los datos de presencia obtenidos de las diferentes fuentes se relacionan muy cercanamente con el modelo de distribución obtenido, y además el área bajo la curva (ROC) obtenida por el análisis fue de 0.976, indicando una alta confiabilidad de los resultados. El mapa de distribución potencial indica que este pez habita en todo el Pacífico mexicano, pero las condiciones para su ocurrencia son mejores en el sur de la Península de Baja California (lado oeste y este), así como en la costa continental del Golfo de California (Sinaloa, Nayarit y Jalisco) y en las Islas Revillagigedo.

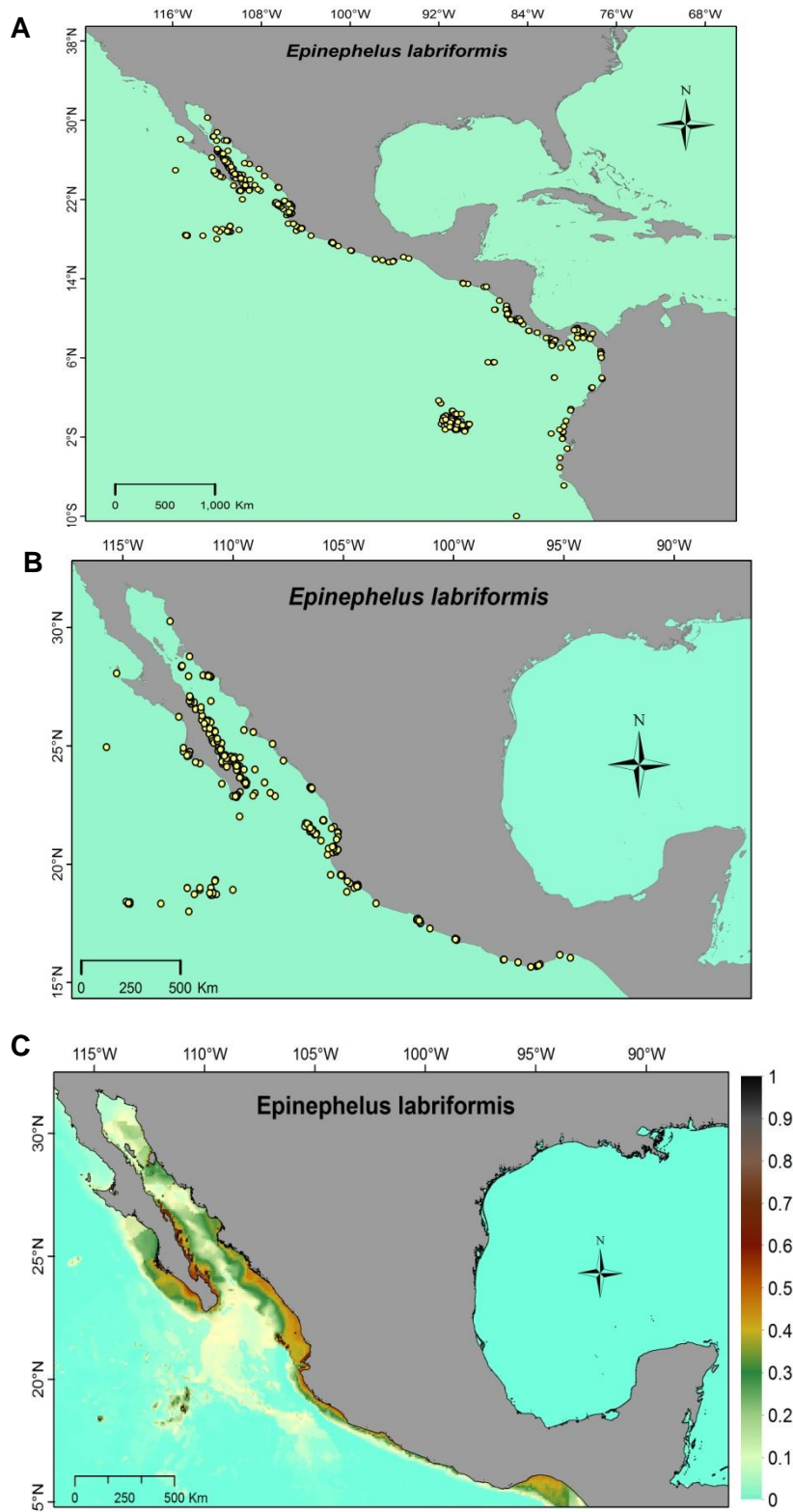


Figura 9. Ejemplo de los mapas que representan la distribución de la especie *E. labriformis*. A) Mapa con los puntos de presencia obtenidos de las diferentes fuentes en toda el área geográfica considerada para el presente trabajo, B) Mapa con los puntos de presencia de la especie en México, C) Mapa de la distribución potencial de la especie en México.

En la figura 10 se muestran los mapas obtenidos en el Pacífico Mexicano con el modelo de distribución potencial para las ocho especies de serránidos. El AUC (área bajo la curva; referente a los datos de entrenamiento), y el AUC obtenido mediante el ROC parcial mostraron una precisión muy buena para las diferentes especies (Tabla VIII). Es decir, los modelos realizados tienen muy alta precisión y soporte estadístico.

Tabla VIII. Valores del área bajo la curva (AUC) obtenidos para las ocho especies de serránidos con el programa MaxEnt y el ROC parcial.

Especie	Valor de AUC obtenido con MaxEnt	Valor de AUC obtenido con ROC parcial	Valor esperado según ROC parcial	Tasa
<i>M. jordani</i>	0.997	0.962	0.9615	0.9945
<i>P. nebulifer</i>	0.994	0.985	0.9846	0.9826
<i>E. quinquefasciatus</i>	0.993	0.918	0.9263	1.0231
<i>M. xenarcha</i>	0.993	0.982	0.9817	0.9841
<i>H. acanthistius</i>	0.992	0.975	0.9746	0.9877
<i>M. rosacea</i>	0.991	0.975	0.9743	0.9879
<i>P. colonus</i>	0.986	0.948	0.9484	1.0017
<i>E. labriformis</i>	0.976	0.950	0.9496	1.0010

Los mapas muestran la preferencia de las especies bajo estudio a distribuirse en zonas norteñas del país, aunque la baqueta (*H. acanthistius*) y el mero gigante (*E. quinquefasciatus*) tienen valores altos de probabilidad de ocurrencia en la zona del Golfo de Tehuantepec. Si bien los modelos empleados no predicen la abundancia de las especies, es interesante denotar que según la Carta Nacional Pesquera (2010; ([http://conapesca.sagarpa.gob.mx/wb/cona/cona\\_carta\\_nacional\\_pesquera\\_](http://conapesca.sagarpa.gob.mx/wb/cona/cona_carta_nacional_pesquera_)), la captura de todos los taxa bajo análisis, así como la de todas las especies de serránidos de relevancia para la pesca comercial en el occidente de México, se lleva a cabo fundamentalmente en el Golfo de California y aguas adyacentes de la Península de Baja California (dichos sitios suman un 90% de la biomasa extraída). En resumen, los resultados de los modelos fueron estadísticamente muy aceptables, y reflejan incluso aspectos pesqueros de las poblaciones, lo cual remarca su robustez.



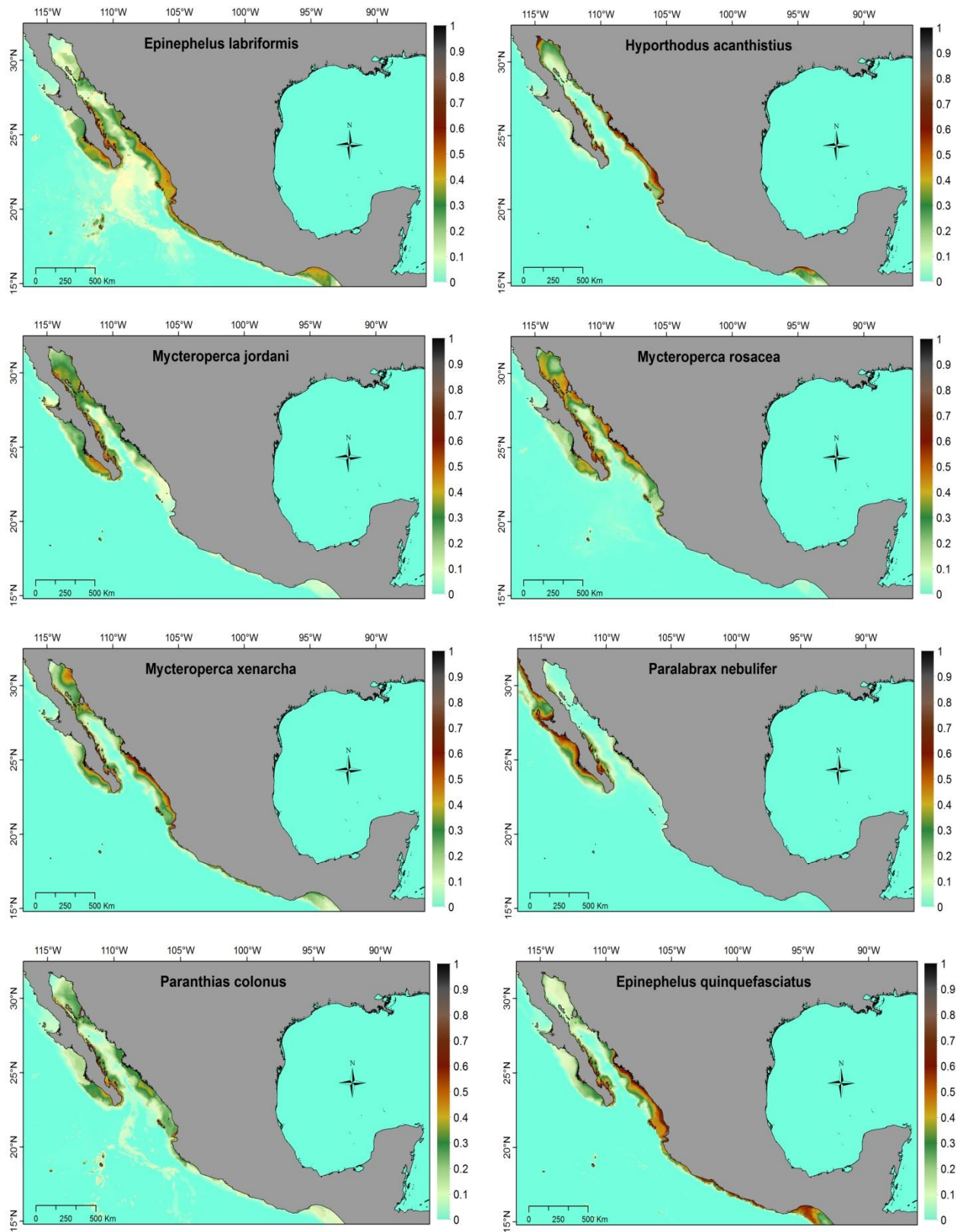


Figura 10. Mapas finales de la distribución potencial de las ocho especies de serránidos consideradas en el presente trabajo.

Analizando el nicho de las especies, en la tabla IX se muestran los porcentajes de contribución de las principales 11 variables ambientales que se utilizaron para realizar los modelos de distribución de las ocho especies de serránidos en cuestión; los fosfatos no se incluyen porque tuvieron efectos individuales muy bajos en general, y el tipo de sustrato se omitió por tener valores binomiales (0 o 1). Se observa que la variable que presentó el mayor porcentaje de contribución fue la batimetría, representando más del 50% de la varianza del modelo en todos los casos. Además, la concentración de nitratos y la profundidad de zona eufótica tuvieron un porcentaje de contribución mayor al 10% para la mayoría de las especies. Finalmente, la temperatura media presentó más de 20% de contribución para *E. quinquefasciatus*, *H. acanthistius* y *P. colonus*.

Tabla IX. Porcentaje de contribución de las 11 variables ambientales más importantes utilizadas para modelar la distribución potencial de las especies de serránidos. Los valores remarcados indican las variables que presentaron mayor porcentaje de contribución. Clave: (I) Batimetría, (II) Oxígeno disuelto, (III) Nitratos, (IV) Profundidad de zona eufótica, (V) Radiación fotosintéticamente activa, (VI) Temperatura media, (VII) Salinidad, (VIII) Silicatos, (X) Temperatura rango, (XI) Productividad primaria.

Especie	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
<i>E. labriformis</i>	<b>70.0</b>	<b>3.1</b>	<b>2.5</b>	<b>2.5</b>	1.2	1.2	0.8	0.7	0.5	0.4	0.1
<i>E. quinquefasciatus</i>	<b>79.7</b>	0.1	<b>6.4</b>	<b>2.1</b>	0.1	<b>8.0</b>	0.2	0.1	0.0	0.2	0.0
<i>H. acanthistius</i>	<b>86.7</b>	0.0	0.2	<b>1.7</b>	0.3	<b>6.3</b>	0.1	<b>1.3</b>	0.3	0.6	0.1
<i>M. jordani</i>	<b>65.1</b>	0.0	<b>3.4</b>	1.6	<b>4.4</b>	2.1	0.1	0.0	<b>7.9</b>	0.5	0.0
<i>M. rosacea</i>	<b>59.1</b>	0.7	<b>4.3</b>	0.2	<b>4.6</b>	1.5	2.7	0.5	<b>17.3</b>	0.1	0.7
<i>M. xenarcha</i>	<b>81.2</b>	0.3	<b>1.7</b>	<b>1.7</b>	0.1	0.7	0.1	0.3	0.3	<b>3.0</b>	1.4
<i>P. nebulifer</i>	<b>62.4</b>	0.4	<b>16.0</b>	2.3	0.4	0.1	0.3	0.0	0.2	<b>8.2</b>	<b>8.5</b>
<i>P. colonus</i>	<b>60.7</b>	<b>3.3</b>	0.3	0.3	0.3	<b>2.2</b>	<b>2.9</b>	0.3	0.1	0.9	0.0

En las siguientes figuras (11, 12, 13, 14, 15, 16, 17 y 18) se muestra para cada especie el comportamiento de las cuatro variables ambientales que presentaron mayor

porcentaje de contribución para realizar su modelo de distribución potencial. Tomando en cuenta los factores oceanográficos que se repiten, las gráficas indican que en general las especies se encuentran en profundidades menores a los 500 metros, en concentraciones de nitratos que oscilan entre 1-5  $\mu$ , en sitios donde la profundidad de zona eufótica va de los 12 a los 100 metros y donde la temperatura media oscila entre 22-31°C.

*Epinephelus labriformis*

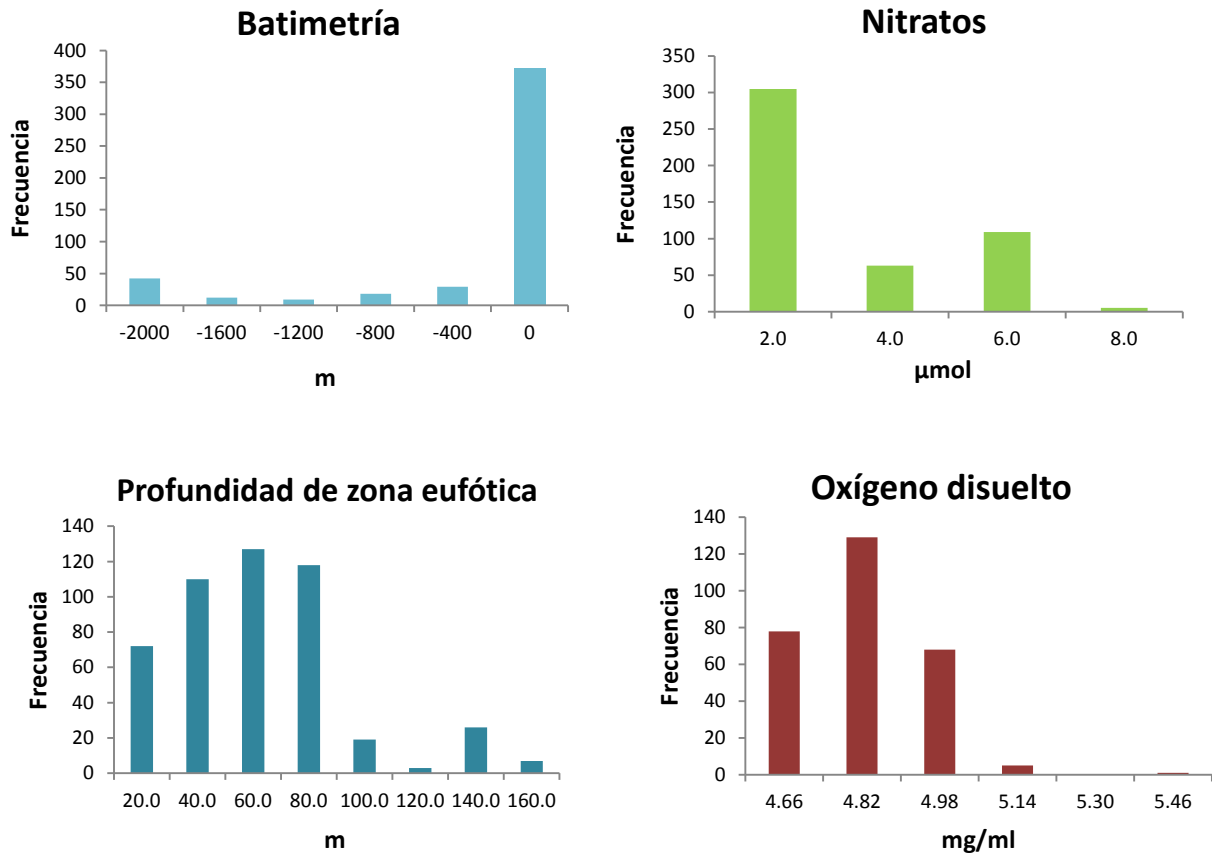


Figura 11. Histogramas de las cuatro variables ambientales que tuvieron mayor porcentaje de contribución en la distribución de *E. labriformis*, mostrando los valores que se presentan en sus sitios de ocurrencia.

*Epinephelus quinquefasciatus*

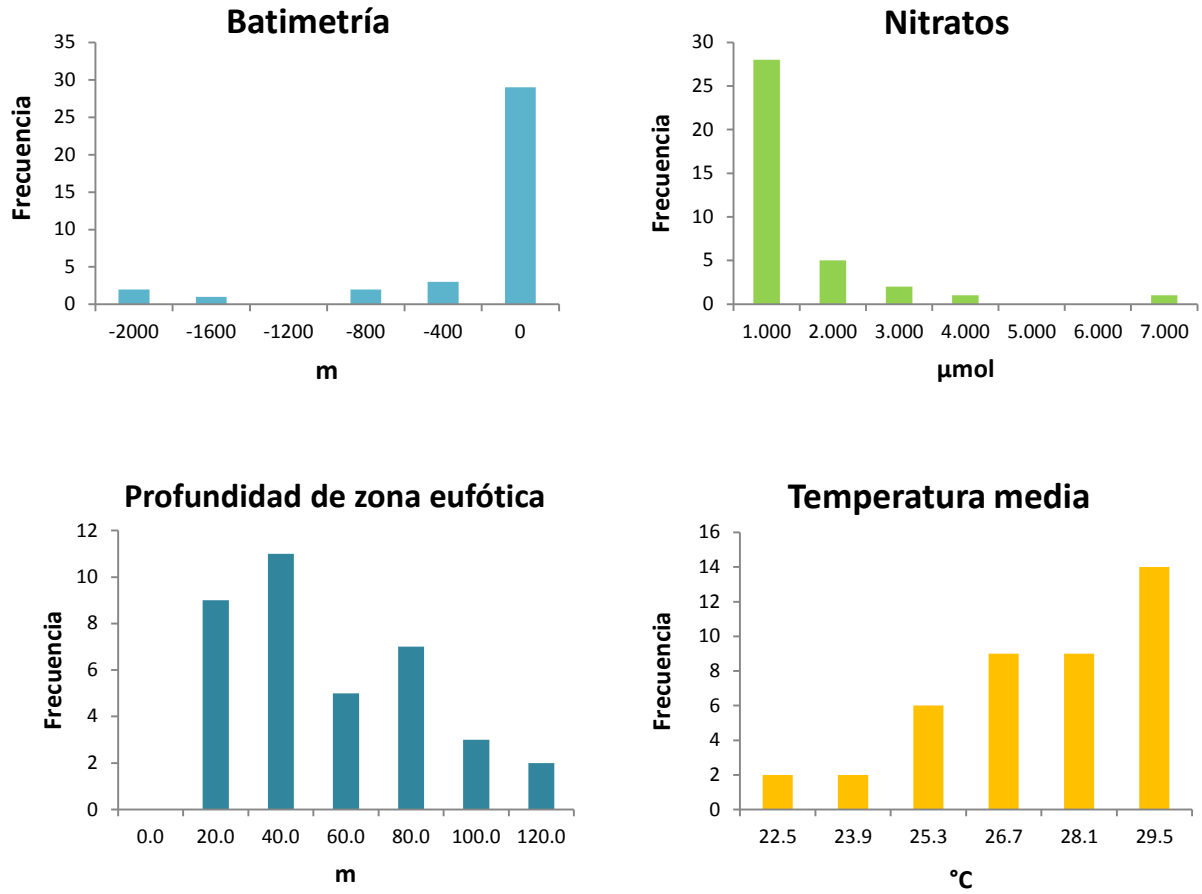


Figura 12. Histogramas de las cuatro variables ambientales que tuvieron mayor porcentaje de contribución en la distribución de *E. quinquefasciatus*, mostrando los valores que se presentan en sus sitios de ocurrencia.

*Hyporthodus acanthistius*

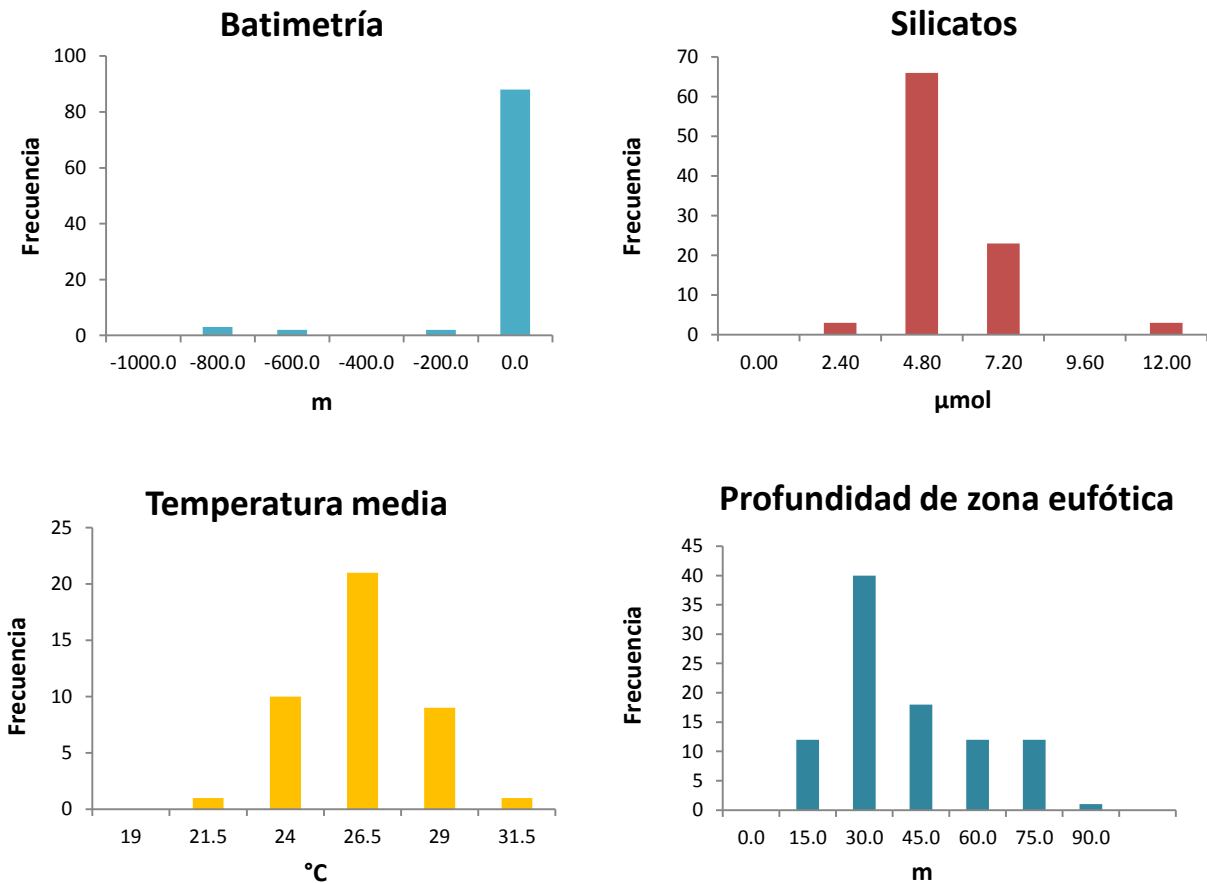


Figura 13. Histogramas de las cuatro variables ambientales que tuvieron mayor porcentaje de contribución en la distribución de *H. acanthistius*, mostrando los valores que se presentan en sus sitios de ocurrencia.

*Mycteroperca jordani*

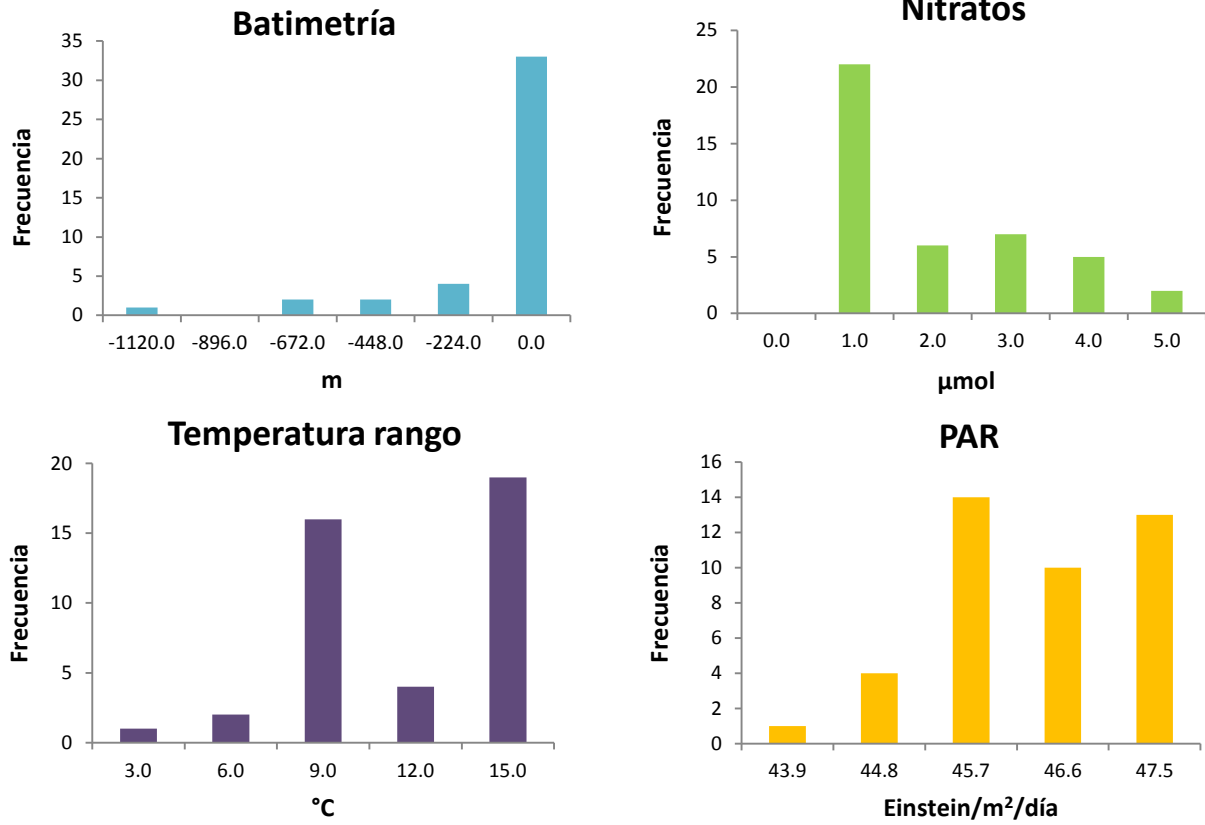


Figura 14. Histogramas de las cuatro variables ambientales que tuvieron mayor porcentaje de contribución en la distribución de *M. jordani*, mostrando los valores que se presentan en sus sitios de ocurrencia.

*Mycteroperca rosacea*

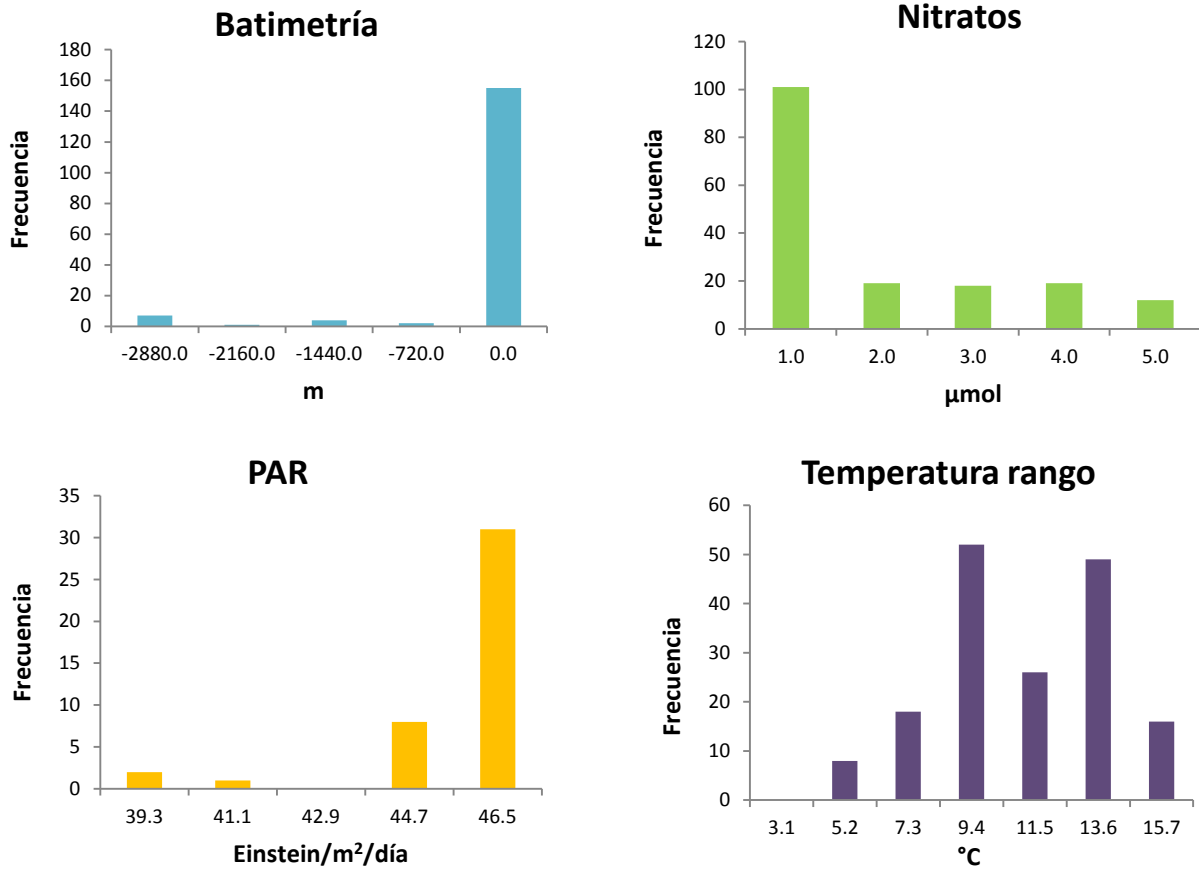


Figura 15. Histogramas de las cuatro variables ambientales que tuvieron mayor porcentaje de contribución en la distribución de *M. rosacea*, mostrando los valores que se presentan en sus sitios de ocurrencia.



*Mycteroperca xenarcha*

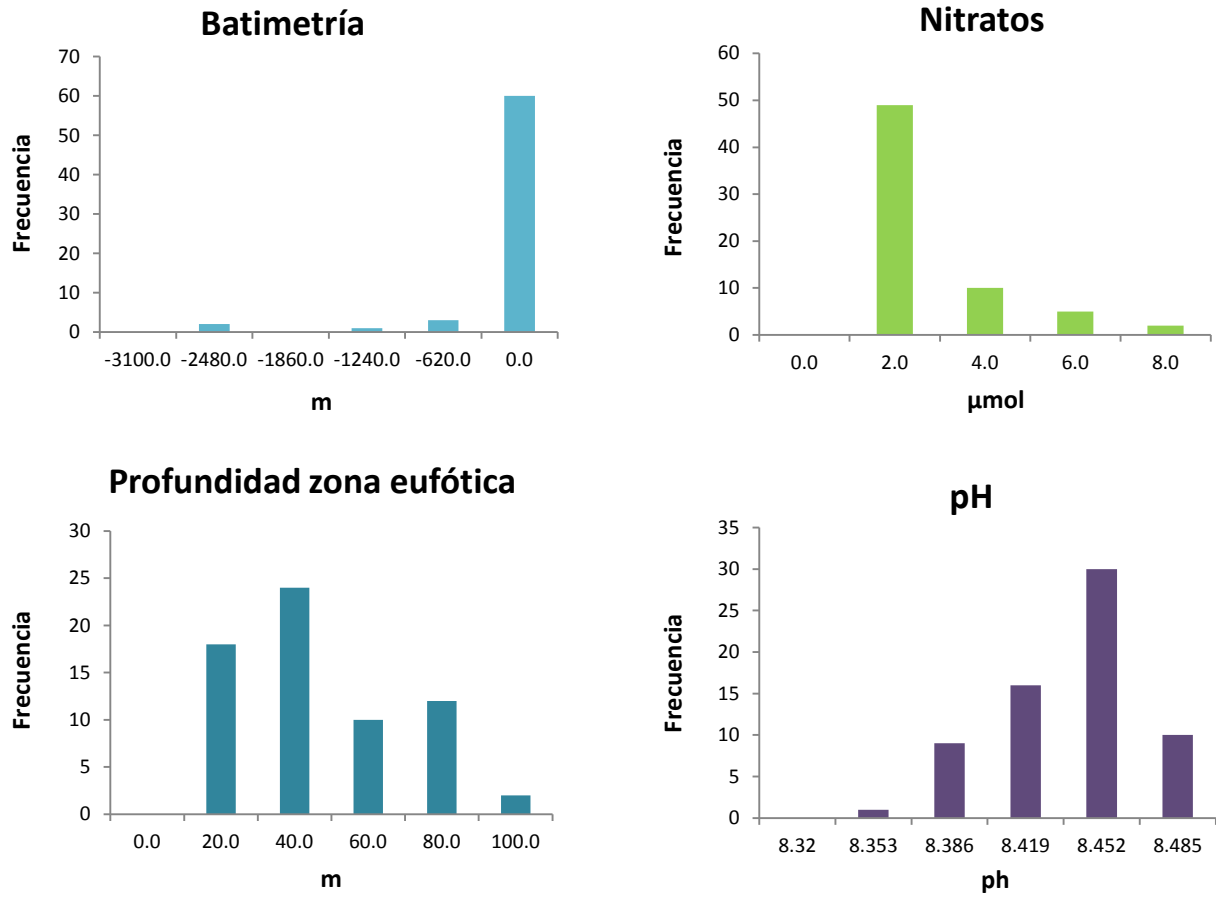


Figura 16. Histogramas de las cuatro variables ambientales que tuvieron mayor porcentaje de contribución en la distribución de *M. xenarcha*, mostrando los valores que se presentan en sus sitios de ocurrencia.

*Paralabrax nebulifer*

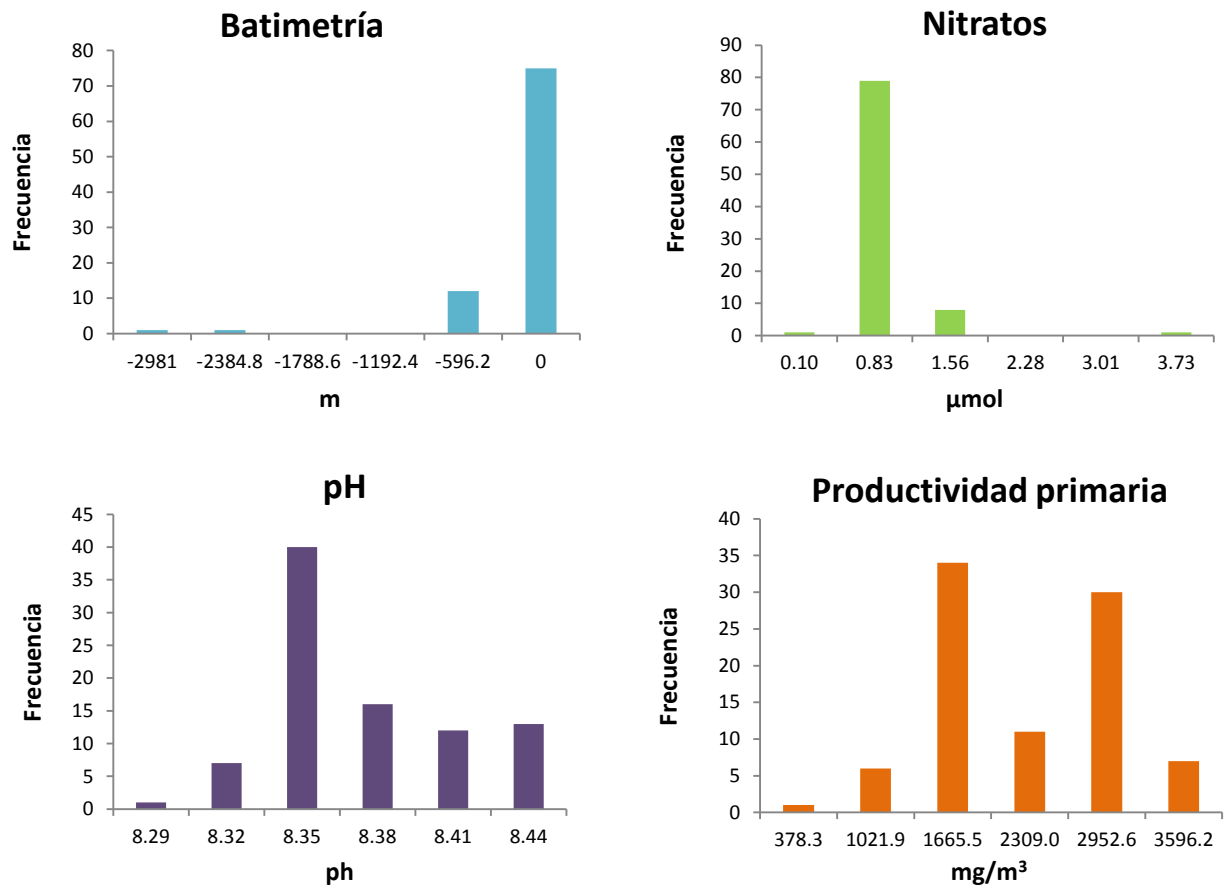


Figura 17. Histogramas de las cuatro variables ambientales que tuvieron mayor porcentaje de contribución en la distribución de *P. nebulifer*, mostrando los valores que se presentan en sus sitios de ocurrencia.

## *Paranthias colonus*

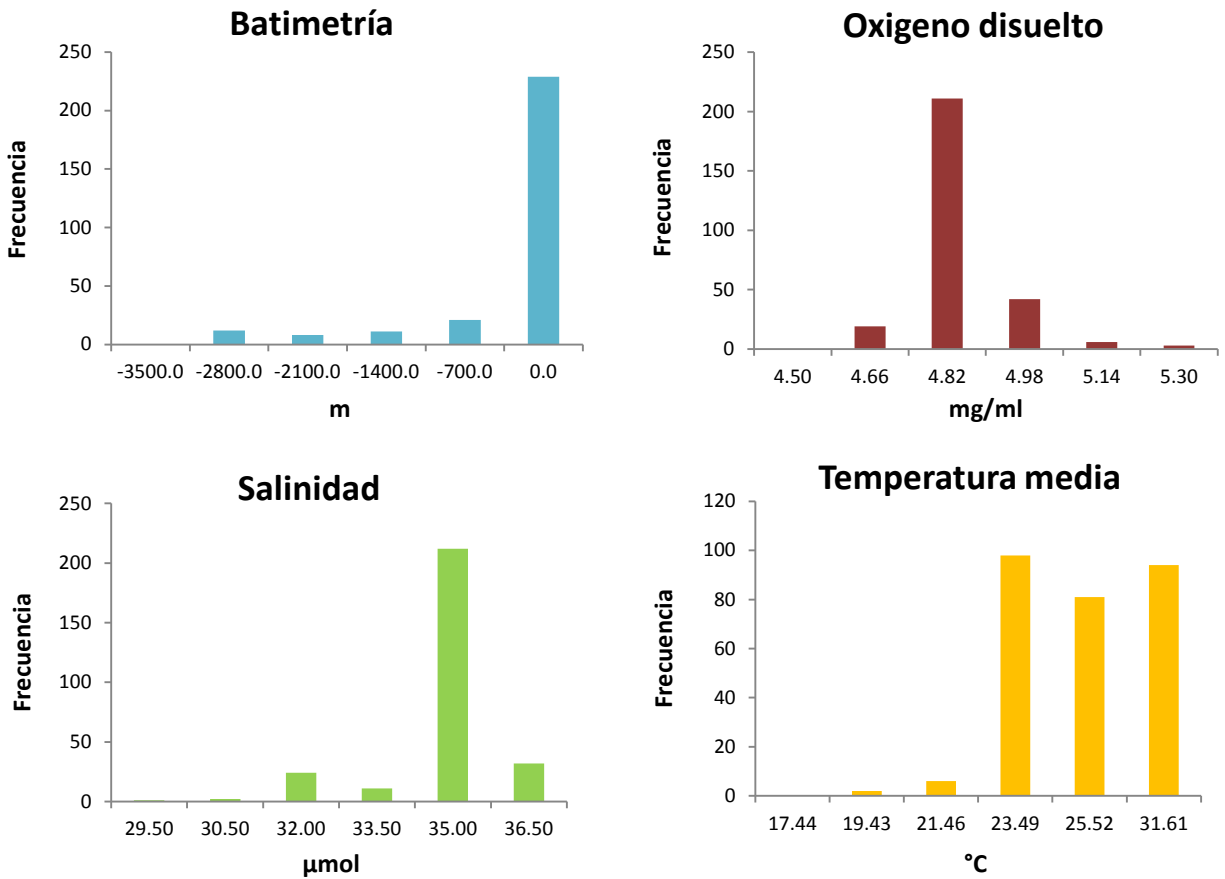


Figura 18. Histogramas de las cuatro variables ambientales que tuvieron mayor porcentaje de contribución en la distribución de *P. colonus*, mostrando los valores en sus sitios de ocurrencia.

Finalmente, la figura 19 muestra el número de especies de cabrillas presentes en cada pixel de análisis, considerando las ocho analizadas en el presente trabajo. Se observa que los mayores valores de riqueza se encuentran en la costa suroriental de Baja California, principalmente cerca de Loreto y La Paz, posiblemente debido a que la mayoría de las especies consideradas en este estudio se distribuyen en el Golfo de California y algunas son endémicas de la región. Por otro lado, los valores más bajos de riqueza esperados se presentaron en la costa occidental de la Península de Baja California, y en el Pacífico tropical mexicano de las costas de Jalisco hasta Chiapas.

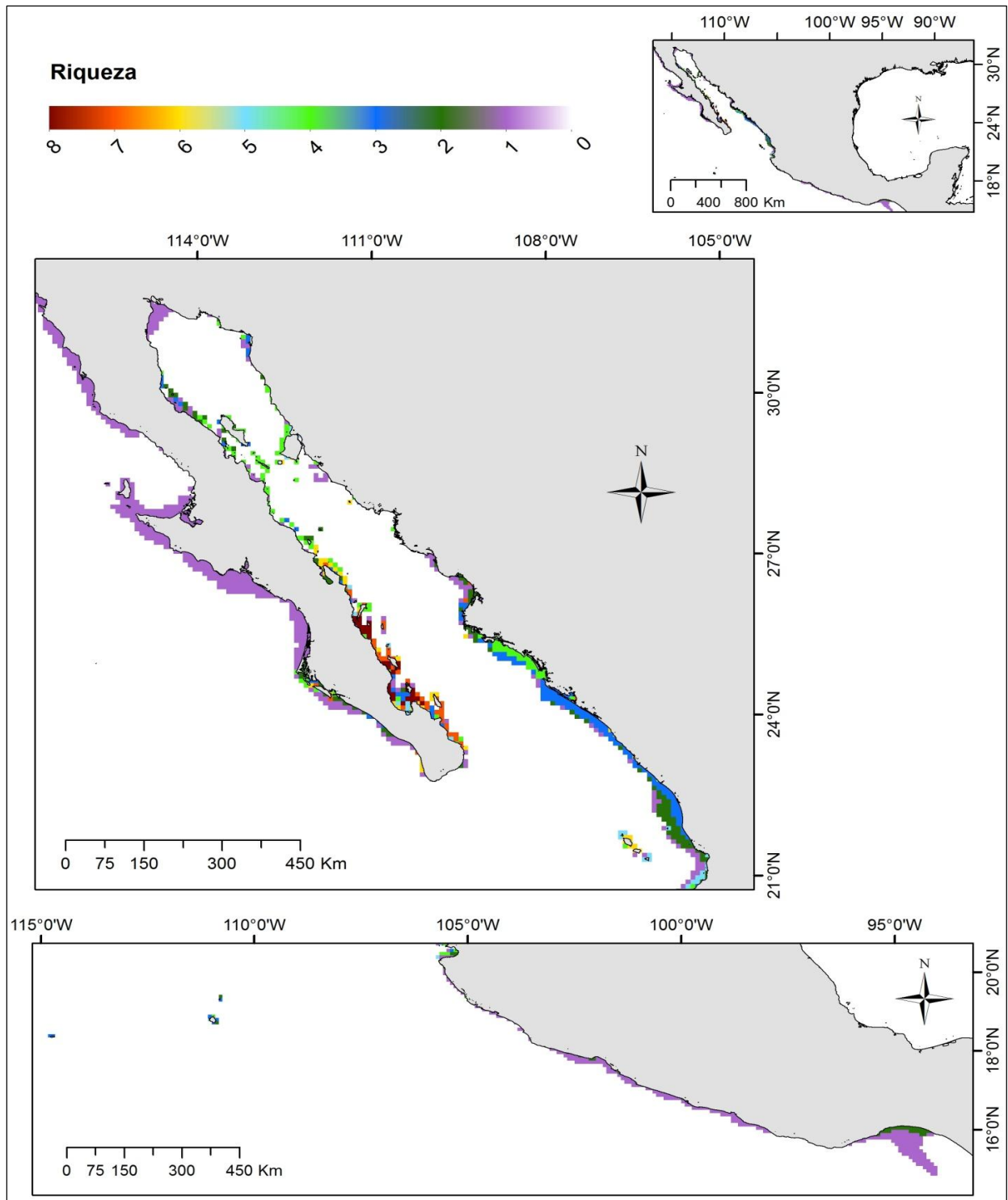


Figura 19. Mapa representando la riqueza de las ocho especies de cabillos incluidas en el presente trabajo.

## **Productos entregados**

Como se observa en el texto del informe, el proyecto se desarrolló de forma adecuada y no sufrió retrasos en tiempo, de manera que a este respecto no hay observaciones particulares. Se alcanzaron todas las metas planteadas, incluyendo la extracción de la información oceanográfica, la obtención de los datos georeferenciados de las especies a partir de las bases internacionales de acceso libre y los datos de campo generados entre 2009 y 2010, su selección a partir de criterios de calidad, y la creación de los mapas de distribución potencial de las especies y riqueza acumulada.

Toda la información sobre la distribución de las especies se envía por separado en dos archivos de formato Excel, grabados dentro del disco anexo. Ambos presentan las 32 columnas establecidas en el *Instructivo para la conformación de Bases de Datos Compatibles con el Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB) para modelar la distribución geográfica de las especies (versión 2011)*. Los datos provenientes de las bases de acceso libre incluyen 2,894 líneas (548 Kb) y los datos de campo alcanzan 290 líneas (60 Kb). Cabe mencionar que en el archivo donde se encuentran los datos provenientes de campo, en la columna “catalognumber” se colocó la abreviación NA (no aplica) debido a que los registros fueron tomados in situ por los colaboradores del presente trabajo. Adicionalmente, se entrega un archivo en formato Excel de 166 líneas (266 Kb) con datos provenientes del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB), en donde se incluyen los puntos que caen en tierra. Finalmente, se entregan los ocho mapas de distribución potencial de las especies y uno adicional que representa la riqueza acumulada en formato .JPG a una resolución de 300 dpi, para que los revisores puedan observar mejor los resultados obtenidos.

## **Conclusiones y recomendaciones**

Las conclusiones principales del presente estudio son las siguientes:

- Se hizo el acopio de un total de 8,780 registros georeferenciados de las ocho especies de cabrillas de interés en el Pacífico americano. De ellos, el control de calidad y la restricción geográfica dejaron la cantidad de 1,813 registros para la costa de México. La especie con mayor información fue la cabrilla piedrera

(*Epinephelus labriformis*; 745 registros), y la que tuvo menos datos fue el mero gigante (*Epinephelus quinquefasciatus*; 41 registros). La base de datos mas informativa fue SFTEP, seguida de la información generada en campo por el grupo de trabajo, y luego OBIS.

- Análisis estadísticos mostraron que varios factores ambientales mostraban fuerte autocorrelación, y de los 36 probados inicialmente, con el empleo de solo 13 de ellos los modelos fueron adecuados (tipo de costa, concentración promedio de fosfatos, promedio de oxígeno disuelto, profundidad, concentración promedio de nitratos, promedio de radiación fotosintéticamente activa, pH promedio, promedio de productividad primaria integrada, profundidad media de zona eufótica, promedio de salinidad, concentración promedio de silicatos) y temperatura promedio y rango).. En todos los casos, los valores de AUC superaron el 0.976 en el cálculo directo de MaxEnt, y 0.918 para el AUC parcial.
- Los mapas de distribución potencial de las especies mostraron que las especies de interés se distribuyen básicamente en la zona norte del Pacífico mexicano (dentro del Golfo de California), aunque un par (*Hyporthodus acanthistius* y *E. quinquefasciatus*) prefieren el Golfo de Tehuantepec.
- Considerando las ocho especies analizadas, el factor ambiental clave para determinar su abundancia fue la batimetría, seguida por la temperatura promedio, la concentración de nitratos y la profundidad de zona eufótica (estos últimos dos, indicadores de productividad primaria).
- Los modelos de distribución potencial señalan que la riqueza máxima se presenta en la zona de Loreto a La Paz (25°N a 24°N), y la mas baja en la costa oeste de la Península de Baja California y las costas de Jalisco hasta Chiapas.

Por otra parte, con la experiencia adquirida durante el estudio se tienen algunas recomendaciones importantes para los interesados en realizar análisis similares en especies de peces marinos.

- El control de calidad de los datos es fundamental. Se encontró variedad de errores e imprecisiones en las distintas bases de datos de uso libre e incluso en las certificadas por el SNIB de CONABIO, lo cual remarca que aún luego de una

depuración previa realizada por las instituciones que los resguardan, es importante comprobar la calidad relativa de la información.

- La aplicación del ROC parcial puede tener una firme base científica y aumenta la precisión de las evaluaciones, sin embargo las diferencias encontradas entre los valores originales arrojados por Maxent y los corregidos son mínimas. Es posible que este sea un patrón general y explique por qué en la literatura prácticamente no se emplea el ROC parcial en conjunto con el método usado en este proyecto.

## **Agradecimientos**

A Sara Melo Merino, David Petatán Ramírez, Cecilia Mozqueda Torres, Alejandra Irasema Campos y Ollin González Cuellar, quienes apoyaron en diversas fases del estudio, desde la obtención de datos hasta su procesamiento inicial.

## **Referencias**

- Aburto Oropeza O., B. Erisman, V. Valdez Ornelas, G. Danemann, E. Torreblanca Ramírez, J. Silva Ramírez, y G. Ortuño Manzanares. 2008. Serránidos de importancia comercial del Golfo de California: ecología, pesquerías y conservación. *Cienc. Conserv.* 1: 1-23.
- Barve, N., V. Barve, A. Jiménez Valverde, A. Lira Noriega, S.P. Maher, A.T. Peterson, J. Soberón y F. Villalobos. 2011. The crucial role of the accessible area in ecological niche modelling and species distribution modeling *Ecol. Model.* 322: 1810-1819.
- Briggs, J.C. y B.W. Bowen. 2012. A realignment of marine biogeographic provinces with particular reference to fish distributions. *J. Biog.* 39: 12-30.
- Bryan TL y A Metaxas. 2007. Predicting suitable habitat for deep water gorgonian corals on the Atlantic and Pacific continental margins of North America. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 330: 113-126.
- Cheung W.W.L., V.W.Y. Lam, J.L. Sarmiento, K. Kearney, R. Watson y D. Pauly. 2009. Projecting global marine biodiversity impacts under climate change scenarios. *Fish Fisher.* 6: 1-17.

- Cheung, W.W.L., R. Watson, T. Morato, T.J. Pitcher y D. Pauly. 2007. Intrinsic vulnerability in the global fish catch. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 333: 1-12.
- Clarke, K.R. y R.M. Warwick. 2001. Change in marine communities: An approach to statistical analysis and interpretation. 2nd edition: PRIMER-E, Plymouth. 72 p.
- Craig, M.T., R.T. Graham, R.A. Torres, J.R. Hyde, M.O. Freitas, B.P. Ferreira, M. Hostim-Silva, L.C. Gerhardinger, A.A. Bertocini y D. R. Robertson. 2009. How many species of the goliath grouper are there? Cryptic genetic divergence in a threatened marine fish and the resurrection of a geopolitical species. *Endang. Spec. Res.* 7: 167-174.
- Elith, J. S.J. Phillips, T. Hastie, M. Dudik, Y.E. Chee y C.J. Yates. 2010. A statistical explanation of MaxEnt for ecologists. *Div. Distrib.* 17: 43-57.
- Elith, J. y 28 coautores. 2006. Novel methods improve prediction of species-distributions from occurrence data. *Ecography* 29: 129-151.
- Elith, J., M. Kearney y S. Phillips. 2010. The art of modelling range-shifting species. *Meth. Ecol. Evol.* 1: 330-342.
- Ellison, A.E. 2001. Exploratory data analysis and graphic display. pp. 37-62, In: J. Gurevitch y S.M. Scheiner (eds.). *Design and analysis of ecological experiments.* Oxford University Press. 415 p.
- Eschmeyer, W.N. y R. Fricke (eds.). 2012 *California Academy of Sciences Catalog of fishes.* Consultada el 05 de Enero de 2012.
- Espino Barr, E., M. Cruz Romero y A. García Boa. 2003. Peces marinos con valor comercial de la costa de Colima, México. CONABIO-INP-CRIP Manzanillo. 106 p.
- Franklin, J. 2009. *Mapping species distributions.* Cambridge University Press, Cambridge. 320 p
- Froese, R. y D. Pauly (eds.). 2012. *FishBase.* www.fishbase.org. Consultada el 13 de Enero de 2012.
- Huang, Z., B. Brooke y J. Lee. 2011. Performance of predictive models in marine benthic environments based on predictions of sponge distribution on the Australian continental shelf. *Ecol. Infor.* 6: 2005-2016.



- Kaschner, K., R. Watson, A.W. Trites y D. Pauly. 2006. Mapping world wide distributions of marine mammal species using a relative environmental suitability model. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 316: 285-310.
- Lee, K., L.T. Tong, F.J. Millero, C.L. Sabine, A.G. Dickson, C. Goyet, G.H. Park, R. Wannan, R.A. Feely y R.M. Key. 2006. Global relationship of total alkalinity with salinity and temperature in surface waters of the world's oceans. *J. Geophys. Res.* 33:L19605, 1-5.
- Love, M.S., C.W. Mecklenburg, T.A. Mecklenburg y L.K. Thorsteinson. 2005. A checklist of North Pacific and Arctic Ocean species from Baja California to the Alaska–Yukon Border. U. S. Geological Survey, Biological Resources Division, Seattle. 276 p.
- Moreno Casasola, P., I. Espejel, S. Castillo, G. Castillo Campos, R. Durán, J.J. Pérez Navarro, J. L. León, I. Olmsted y J. Trejo Torres. 1998. Flora de los ambientes arenosos y rocosos de las costas de México. pp. 177-258, En: G. Halffter (Comp.). La diversidad biológica de Iberoamérica, Vol. II. *Acta Zoológica Mexicana, Nueva Serie. Volumen Especial 1998.* Instituto de Ecología, A.C., Xalapa.
- Narayani B. 2008. Tool for Partial-ROC. Biodiversity Institute, Lawrence KS. Versión 1.0
- O'Connor, M., J.F. Bruno, S.D. Gaines, B.S. Halpern, S.E. Lester, B.P. Kinlan y J.M. Weiss. 2007. Temperature control of larval dispersal and the implications for marine ecology, evolution and conservation. *Proc. Nat. Acad. Sci. USA* 104: 1266-1271.
- Peterson, A.T., J. Soberón, R.G. Pearson, R. Anderson, E. Martínez-Meyer, M. Nakamura y M. Araújo. 2011. *Ecological niches and geographic distributions.* Princeton University Press, Princeton. 328 p.
- Peterson, A.T., M.A. Ortega Huerta, J. Bartley, V. Sánchez Cordero, J. Soberón, R.W. Buddemeier, y D.R.B. Stockwell. 2002. Future projections for Mexican faunas under global climate change scenarios. *Nature* 416: 626-629
- Peterson, A.T., M. Papes y J. Soberón. 2008. Rethinking receiver operating characteristic analysis applications in ecological niche modeling. *Ecol. Model.* 213: 63-72.

- Phillips, S.J., R.P. Anderson y R.E. Schapire. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecol. Model.* 190: 231-259.
- Phillips, S.J. y M. Dudik. 2008. Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography* 31, 161–175.
- Pickard G.L. y W.J. Emery. 1990. Descriptive physical oceanography – An introduction. Pergamon Press. Gran Bretaña. 321 p.
- Riginos, C. y M.W. Nachman. 2001. Population subdivision in marine environments: the contributions of biogeography, geographical distance and discontinuous habitat to genetic differentiation in a blennioid fish, *Axoclinus nigricaudus*. *Mol. Ecol.* 10: 1439-1453.
- Robertson, D.R. y G.M. Allen. 2008. Coastal fishes of the tropical eastern Pacific. Smithsonian Tropical Research Institute, Panamá. CD-ROM.
- Robertson, D.R. & K.L. Cramer. 2009. Shore fishes and biogeographic subdivisions of the Tropical Eastern Pacific. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 380: 1-17.
- Sale, P.F. 2006. Coral reef fishes. Academic Press, San Diego. 576 p.
- Soberón, J. y M. Nakamura. 2009. Niches and distributional areas: concepts, methods and assumptions. *Proc. Nat. Acad.Sci. USA* 106: 19644-19650.
- Spalding, M.D. y 15 coautores. 2007. Marine ecoregions of the world: a bioregionalization of coastal and shelf areas. *Bioscience* 57: 573-583.
- Verbruggen, H., L. Tyberghein, K. Pauly, C. Vlaeminck, K. Van Nieuwenhuyze, W.H.C.F. Kooistra, F. Leliaert y O. De Clerck. 2009. Macroecology meets macroevolution: evolutionary niche dynamics in the seaweed *Halimeda*. *Global Ecol. Biog.* 18: 393-405.
- Warren, D.L. y S.N. Seifert. 2011. Ecological niche modelling in MaxEnt; the importance of model complexity and the performance of model selection criteria. *Ecol. Appl.* 21: 335-342.