



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO

---

---

FACULTAD DE CIENCIAS

DIVERSIDAD Y DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE LA  
ICTIOFAUNA DE LA SIERRA MADRE OCCIDENTAL

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

B I Ó L O G A

P R E S E N T A:

VERÓNICA MENDOZA PORTILLO



DIRECTOR DE TESIS:  
M. en C. HÉCTOR SALVADOR ESPINOSA PÉREZ  
2014



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## Hoja de datos del jurado

### 1. Datos del alumno

Mendoza

Portillo

Verónica

5521535086

Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Ciencias

Biología

306127803

### 2. Datos del tutor

M. en C.

Héctor Salvador

Espinosa

Pérez

### 3. Datos del sinodal 1

Dr.

Enrique

Martínez

Meyer

### 4. Datos del sinodal 2

M. en C.

Patricia

Fuentes

Mata

### 5. Datos del sinodal 3

Dr.

Rogelio

Aguilar

Aguilar

### 6. Datos del sinodal 4

M. en C.

Xavier Gilberto

Valencia

Díaz

### 7. Datos del trabajo escrito

Diversidad y distribución potencial de la ictiofauna de la Sierra Madre Occidental

174 p

2014



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS  
Secretaría General  
División de Estudios Profesionales

Votos Aprobatorios

**DR. ISIDRO ÁVILA MARTÍNEZ**  
**Director General**  
**Dirección General de Administración Escolar**  
**Presente**

Por este medio hacemos de su conocimiento que hemos revisado el trabajo escrito titulado:

**Diversidad y distribución potencial de la ictiofauna de la Sierra Madre Occidental**

realizado por **Mendoza Portillo Verónica** con número de cuenta **3-0612780-3** quien ha decidido titularse mediante la opción de tesis en la licenciatura en **Biología**. Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Propietario Dr. Enrique Martínez Meyer

Propietario M. en C. Patricia Fuentes Mata

Propietario Tutor M. en C. Héctor Salvador Espinosa Pérez

Suplente Dr. Rogelio Aguilar Aguilar

Suplente M. en C. Xavier Gilberto Valencia Díaz

**Atentamente**

**"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU "**

**Ciudad Universitaria, D. F., a 07 de abril de 2014**

**EL JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES**

**ACT. MAURICIO AGUILAR GONZÁLEZ**

Señor sinodal: antes de firmar este documento, solicite al estudiante que le muestre la versión digital de su trabajo y verifique que la misma incluya todas las observaciones y correcciones que usted hizo sobre el mismo.

MAG/mdm

# Agradecimientos

A mi director de Tesis, M. en C. Héctor Espinosa Pérez por la oportunidad de colaborar en la Colección Nacional de Peces, por el conocimiento aportado y apoyo incondicional para la elaboración y seguimiento de este trabajo.

A mis compañeros y amigos de la Colección: Ari, Armando y Montse por su interés, ayuda y aportaciones en todo momento. A los Bióls. Christian, Daniel y Eduardo por todo el conocimiento, aprendizaje y paciencia que me brindaron desde el principio.

A los miembros de mi jurado: Dr. Enrique Martínez Meyer por los datos proporcionados y aportaciones en este trabajo. Al M. en C. Xavier Valencia Díaz por todo su apoyo y buenos momentos en la Colección. A la M. en C. Patricia Fuentes Mata y al Dr. Rogelio Aguilar Aguilar por sus sugerencias para mejorar este escrito.

A mis amigos de la licenciatura con quienes compartí extraordinarios momentos.

*Dedico con todo mi cariño este trabajo a Sergio Mendoza y Mary Portillo, las personas que más han influido en mi vida, por su apoyo y confianza, ¡Papis, los amo!*

*A mis complementos: Ely, Miry y Erika quienes son mi mayor motivación. Por su cariño, apoyo y buenos consejos.*

# Índice

Resumen.....	1
Abstract .....	2
Introducción .....	3
Hipótesis.....	4
Objetivos .....	4
<i>General</i> .....	4
<i>Particulares</i> .....	4
Justificación .....	5
Marco Teórico .....	5
<i>Índices de Diversidad</i> .....	5
<i>Distribución y Modelos de Nicho Ecológico</i> .....	8
Antecedentes .....	13
Área de estudio .....	15
<i>Hidrografía</i> .....	16
Método.....	20
Resultados .....	22
<i>Listado faunístico</i> .....	22
<i>Estatus y Diversidad</i> .....	26
<i>Contribución de las variables ambientales en la Distribución Potencial</i> .....	31
<i>Distribución potencial futura de especies endémicas de la SMOc</i> .....	33
Discusión .....	48
<i>Datos descartados</i> .....	48
<i>Diversidad</i> .....	49
<i>Variables ambientales y distribución potencial</i> .....	50
<i>Cambios en la distribución ante el Cambio Climático</i> .....	51
Conclusión .....	53
Literatura citada.....	55
Anexos.....	65
A1: Siglas de las instituciones de las bases de datos consultadas. ....	65
A2: Resultados que ofrece Maxent. ....	66
A3: Mapas de distribución potencial de las especies de la SMOc e información adicional.....	68

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> Escala espacial de la diversidad y variables que la determinan.....	6
<b>Tabla 2.</b> Variables ambientales utilizadas en Maxent.....	11
<b>Tabla 3.</b> Cuencas hidrográficas .....	19
<b>Tabla 4.</b> Diversidad alfa observada y esperada en cada cuenca hidrográfica. ....	28
<b>Tabla 5.</b> Porcentaje de éxito y significancia de la prueba Jackknife (pValue).....	33

## Índice de figuras

<b>Figura 1.</b> Diagrama BAM. ....	10
<b>Figura 2.</b> Cuencas Hidrográficas y ríos principales en la Sierra Madre Occidental. ....	17
<b>Figura 3.</b> Riqueza específica de cada familia de acuerdo a la región Neártica o Neotropical. ....	26
<b>Figura 4.</b> Porción de la ictiofauna introducida, endémica de México y de la SMOc y especies de amplia distribución.....	27
<b>Figura 5.</b> Categoría de riesgo de acuerdo con la NOM-059-2010.....	27
<b>Figura 6.</b> Cluster de similitud por índice de Jaccard. ....	29
<b>Figura 7.</b> Cluster de similitud por índice de Sørensen-Dice. ....	30
<b>Figura 8.</b> Contribución de las variables ambientales en la distribución por familia. ....	31
<b>Figura 9.</b> Jackknife sin considerar alguna variable en el modelado de la distribución para cada familia.....	32
<b>Figura 10.</b> Jackknife considerando sólo una variable en el modelado de la distribución para cada familia.....	32
<b>Figura 11.</b> Distribución potencial futura de <i>Algansea avia</i> . ....	34
<b>Figura 12.</b> Distribución potencial futura de <i>Cyprinella panarctys</i> . ....	35
<b>Figura 13.</b> Distribución potencial futura de <i>Notropis aulidion</i> . ....	36
<b>Figura 14.</b> Distribución potencial futura de <i>Catostomus leopoldi</i> . ....	37
<b>Figura 15.</b> Distribución potencial futura de <i>Catostomus wigginsi</i> . ....	38
<b>Figura 16.</b> Distribución potencial futura de <i>Moxostoma mascotae</i> . ....	39
<b>Figura 17.</b> Distribución potencial futura de <i>Oncorhynchus chrysogaster</i> . ....	40
<b>Figura 18.</b> Distribución potencial futura de <i>Gobiesox fluviatilis</i> . ....	41
<b>Figura 19.</b> Distribución potencial futura de <i>Characodon audax</i> . ....	42
<b>Figura 20.</b> Distribución potencial futura de <i>Characodon lateralis</i> . ....	43
<b>Figura 21.</b> Distribución potencial futura de <i>Allotoca maculata</i> . ....	44
<b>Figura 22.</b> Distribución potencial futura de <i>Cyprinodon meeki</i> . ....	45
<b>Figura 23.</b> Distribución potencial futura de <i>Cyprinodon nazas</i> . ....	46
<b>Figura 24.</b> Distribución potencial futura de <i>Poeciliopsis latidens</i> . ....	47

## Resumen

Se realizó el inventario de la fauna íctica de la Sierra Madre Occidental (SMOc) con el fin de conocer la diversidad y el estatus en la que se encuentra, además se modeló con Maximum Entropy Modeling (Maxent), la distribución potencial actual y ante escenarios de cambio climático para los años 2020, 2050 y 2080 (para especies endémicas). Hasta ahora la integran 107 especies (15 familias), representando el 21% de peces dulceacuícolas mexicanos. 16 especies son endémicas de la SMOc y 28 han sido introducidas. Del total de las especies, el 27% se encuentran en categoría amenazadas, el 13% en peligro de extinción, el 5% bajo protección especial y el 3% probablemente extinta en el medio silvestre. Se encontró que la diversidad alfa y gamma de la SMOc se encuentra subestimada debido a falta de muestreos en varias cuencas hidrográficas. Se calculó la diversidad beta con los índices de Jaccard y Sørensen-Dice los cuales indican que las cuencas endorreicas Lago Babícora y Lago Bustillos fueron los sistemas que más especies comparten ( $I_j = 0.54545$ ,  $I_s = 0.70588$ ). Finalmente los modelos realizador por Maxent fueron óptimos ya que los valores AUC se encontraron desde 0.892 hasta 0.999 aún para aquellas especies con <10 ocurrencias ya que predijo entre el 50 y el 100% de presencia en las localidades de cada especie. En general se ve afectada la distribución ante las condiciones ambientales futuras, ya que disminuye el área respecto a la modelada para condiciones actuales, en otros casos se nota el desplazamiento hacia las zonas más altas de la SMOc.

**Palabras clave:** Sierra Madre Occidental, ictiofauna, diversidad, distribución potencial, Maxent, Cambio Climático.

## Abstract

Fish fauna inventory of Sierra Madre Occidental (SMOc) was carried out to understand its diversity and status. Current potential distribution and climate change scenarios for the years 2020, 2050 and 2080 (for endemic species) was modeled with Maximum Entropy Modeling (Maxent). The ichthyofauna inventory consists of 107 species (15 families), representing 21% of the Mexican freshwater fishes. Of these, 16 species are endemic to the SMOc and 28 have been introduced. 27% of the total number of species are listed as follows: A (threatened), 13% P (danger of extinction), Pr (under special protection) 5% and 3% and E (probably extinct in the wild). Alpha and gamma diversity of the SMOc are underestimated due to lack of surveys in several watersheds. Beta diversity with Jaccard and Sorensen-Dice was calculated, which indicate that the endorheic basins Lago Babícora and Lago Bustillos were the systems with more shared species in the SMOc ( $IJ = 0.54545$  ,  $IS = 0.70588$  ). Finally, models executed by Maxent were optimal as the AUC values were found between 0.892-0.999 even for species with <10 occurrences insomuch as predicted between 50 and 100% presence in the localities of each species. In general, the distribution is affected by future environmental conditions, decreasing the area compared to the modeled current conditions, in other cases the change to the higher areas of the SMOc is evidenced.

**Keywords:** Sierra Madre Occidental, fish, diversity, potential distribution, Maxent, climate change.

## Introducción

La diversidad íctica del país está representada por 2763 especies, de las cuales alrededor de 500 son dulceacuícolas (Miller, 2005; Espinosa, 2014). La posición geográfica en la que se localiza México y sus variantes altitudinales permiten que se encuentren diferentes hábitats terrestres. Morrone (2005) realizó el esquema biogeográfico para México en el que se incluyen 14 provincias distribuidas en dos regiones (Neártica y Neotropical) y una de transición, la Sierra Madre Occidental (SMOc) pertenece a esta última, aunque casi en su totalidad abarca la región Neártica.

El estudio de la diversidad biológica ha sido tomado con mayor interés en los últimos años para elaborar estrategias de conservación, pues muchas poblaciones se han visto afectadas por perturbaciones en los hábitats por efectos antropogénicos y por eventos de cambio climático (Moreno, 2001; Peterson et al., 2001; Pérez et al., 2009). Por ello se realizó la búsqueda y recopilación de información acerca de colectas de peces en la SMOc provenientes de bases de datos de colecciones biológicas y de literatura que se integró a un listado faunístico, el cual presenta el estado actual de conservación de la fauna íctica con base a la Norma Oficial Mexicana, NOM-ECOL-059-2010 (SEMARNAT), y a partir de ello se estimó la diversidad alfa, beta y gamma.

El desarrollo de modelos de nicho ecológico ha permitido la realización de predicciones de la distribución más probable a partir de datos de presencia e información ambiental en las que se ha encontrado la especie. Maxent es uno de los modelos más empleados por su efectividad, por lo que en el presente trabajo se utilizó para modelar la distribución potencial de peces dulceacuícolas presentes en la SMOc y la realización de posibles escenarios futuros para condiciones de cambio climático.

Tomando en cuenta lo anterior, surgieron las preguntas de investigación ¿Qué fauna íctica existe en la Sierra Madre Occidental, cuál es su distribución actual y potencial y en qué estado de conservación se encuentra? Al resolver dichas preguntas, se podrán

hacer inferencias sobre la distribución futura de dichas especies ante diferentes escenarios, para lo cual se plantearon las siguientes:

## **Hipótesis**

**H<sub>0</sub>:** La diversidad íctica de la SMOc es baja en comparación a la que se ha reportado para México y se espera que esté bien conservada.

**H<sub>1</sub>:** La diversidad íctica es alta en la SMOc comparación a la que se ha reportado para México y sí se encuentra bajo alguna categoría de riesgo.

**H<sub>0</sub>:** La capacidad predictiva del modelo de nicho ecológico no recomendable para realizar la distribución potencial.

**H<sub>1</sub>:** La capacidad predictiva del modelo de nicho ecológico es óptima para realizar la distribución potencial.

Al cumplirse alguna de las hipótesis será posible plantear escenarios a futuro para especies de mayor importancia en la SMOc.

## **Objetivos**

### **General**

Documentar la diversidad y situación de la ictiofauna presente en la Sierra Madre Occidental, así como estimar y modelar su distribución potencial actual. Además se pretende predecir la distribución de las especies endémicas ante escenarios de cambio climático.

### **Particulares**

- Documentar la diversidad íctica de las cuencas hidrográficas de la SMOc.
- Comparar la riqueza y diversidad de cada cuenca de la SMOc.
- Identificar las variables ambientales más importantes que definen la distribución potencial actual de las especies.

- Determinar las zonas que representen mayor riqueza de la diversidad ictiofaunística en la SMOc y sean viables para su conservación.
- Detectar áreas dentro de la SMOc que representen la distribución potencial actual y futura de las especies endémicas.

## **Justificación**

Debido a la poca exploración e integración de información de la diversidad en la Sierra Madre Occidental, es importante saber cuáles son las especies de peces que habitan en la región, y a partir de ello conocer su estatus y distribución actual, así como los factores ambientales que la determinan, además cómo los cambios de las variables a través del tiempo pudieran afectar dicha distribución. Este trabajo pretende abordar un panorama general biogeográfico de la región, así como establecer zonas clave de conservación con base en la diversidad íctica de la SMOc.

## **Marco Teórico**

### *Índices de Diversidad*

Es necesario contar con información de la diversidad biológica en las comunidades para monitorear el efecto de los cambios en el ambiente, por ello la diversidad, involucra las diferentes escalas en la cuales se está midiendo, ya sea a escala local, paisaje o regional (Tabla 1), pues en biogeografía se estudia la variación de la riqueza de especies entre unidades biogeográficas y los procesos históricos que explican dicha variación (Whittaker, 1972; Whittaker *et al.*, 2001; Rodríguez y Vázquez, 2003).

Las comunidades ecológicas no están aisladas en un entorno neutro pues en cada unidad geográfica, se encuentra a su vez un número variable de comunidades y condiciones ambientales que la definen, por lo tanto para comprender los cambios de la biodiversidad con relación a la estructura del paisaje se emplea la separación de los componentes alfa ( $\alpha$ ), beta ( $\beta$ ) y gamma ( $\gamma$ ) (Whittaker, 1972).

**Tabla 1. Escala espacial de la diversidad y variables que la determinan.**

<b>Escala Espacial</b>	<b>Escala de riqueza de especies</b>	<b>Fenómeno</b>	<b>Variables ambientales responsables</b>	<b>Escala temporal</b>
<b>Local</b>	Alfa	Riqueza de especies dentro de las comunidades/ parches del hábitat	Microambientes, Interacciones bióticas y abióticas	Entre 1-100 años
<b>Paisaje</b>	Beta	Riqueza de especies entre las comunidades	Topografía, efectos cadena, disturbancia de suelo, etc.	Entre 1-1000 años
<b>Regional</b>	Gama	Riqueza de especies de grandes áreas dentro de los continentes, solapamiento diferencial de las especies, intervalos	Dinámica hídrica, modificaciones fisiográficas y climáticas	Últimos 10,000 años (finales de la última glaciación)
<b>Inter-regional/ Continental</b>		Diferencias en los linajes de las especies, en los continentes	Ciclos glacial-interglacial, formación de montañas	Últimos 1-10 millones de años
<b>Global</b>		Diferencias en los linajes de especies reflejadas como regiones biogeográficas	Movimientos tectónicos	Últimos 10-100 millones de años

### **Diversidad alfa**

La diversidad alfa se entiende como el resultado del proceso evolutivo que se manifiesta en la existencia de diferentes especies dentro de las comunidades, en este caso una cuenca hidrográfica (escala local) y la forma más fácil de medirla es mediante la riqueza específica ( $S$ ), ya que se basa sólo en el número de especies presentes, sin considerar la importancia de éstas.

La diversidad alfa puede ser estimada para datos no-paramétricos, es decir, aquellos que se basan en presencia-ausencia de las especies en las localidades, la prueba de  $Chao_2$  corresponde a la aproximación de la distribución de las especies, la cual se basa en incidencias, dando importancia a las especies raras ya que estima el número de especies esperadas considerando a las especies únicas y las muestras duplicadas, de acuerdo con Colwell y Coddington (1994) es el estimador adecuado en estos casos, ya que se ha encontrado que provee menor sesgo en muestras pequeñas. Matemáticamente se representa:

$$\text{Chao}_2 = S + \frac{L^2}{2M}$$

Dónde: **S** refiere a la riqueza específica (número especies observadas), **L** es el número de especies que ocurren solamente en una muestra (especies “únicas”) y **M** corresponde al número de especies que ocurren en exactamente dos muestras.

### **Diversidad beta**

La diversidad beta es una medida basada en el grado de reemplazamiento de especies o cambio biótico a través de gradientes ambientales ya sea en proporciones o diferencias entre las comunidades. Dado a que las cuencas hidrográficas no corresponden a sistemas continuos a través de la SMOc, la diversidad beta puede ser evaluada mediante coeficientes e índices de similitud, disimilitud o de distancia entre las localidades a partir de datos cualitativos (presencia-ausencia) o cuantitativos (por ejemplo número de individuos).

Los índices de similitud-disimilitud representan el grado de semejanza entre las comunidades, inversa de la diversidad beta, sin embargo puede obtenerse a partir de la disimilitud:

$$\text{Disimilitud} = 1 - \text{similitud}.$$

Existe una variedad de índices utilizados para calcular la diversidad beta entre las diferentes comunidades que integran el paisaje, sin embargo los más empleados son los índices de Jaccard y Sörensen-Dice-Czekanovski para datos cualitativos (Moreno, 2001).

El coeficiente de similitud de Jaccard incluye y da el mismo peso a las especies sin considerar abundancia, especies raras o poco comunes, éste explica la composición de las especies a partir de las presencias (1) y ausencias (0), se expresa:

$$I_J = \frac{c}{(a + b + c)}$$

Mientras que el de Sørensen-Dice-Czekanovski relaciona el número de especies en común con la media aritmética de las especies entre dos sitios, es representado como:

$$I_s = \frac{2c}{a + b}$$

Para ambos índices, **a** corresponde al número de especies presentes en el sitio A, **b** es el número de especies presentes en el sitio B y **c** refiere al número de especies presentes en ambos sitios A y B. El intervalo de valores para estos índices va de 0 cuando no hay especies compartidas entre ambos sitios, hasta 1 cuando los dos sitios tienen la misma composición de especies (Moreno, 2001).

### **Diversidad gamma**

Whittaker (1972) define la diversidad gamma como la riqueza en especies de un grupo de hábitats (un paisaje, un área geográfica, una isla) que resulta como consecuencia de la diversidad alfa de las comunidades individuales y del grado de diferenciación entre ellas (diversidad beta).

De acuerdo con Sosa-Escalante (1997), la diversidad gamma se calcula:

$$\gamma = \alpha * \beta * N;$$

donde **α** es la riqueza específica promedio, **β** es la diversidad beta medida como el inverso del número promedio de hábitats ocupado por una especie, es decir,  $\beta = \left[ \frac{\sum ni}{n} \right]^{-1}$ , donde **ni** es el número de especies en cada cuenca y **n** el número de especies totales; y **N** es el número de hábitats.

### *Distribución y Modelos de Nicho Ecológico*

Se pueden distinguir tres aspectos entre la relación especies y su ambiente, en primer lugar está el *área*, la cual refiere al espacio geográfico que ocupa la especie (distribución) y que se puede representar en mapas. El *hábitat* corresponde al tipo de ambiente en el cual se encuentran las especies, es decir, aquellas condiciones físicas y químicas que describen

el área geográfica, además de su posición geo-espacial, por ejemplo la elevación y la posición topográfica. Finalmente el *nicho*, el cual se considera como el grado de especialización de una población de especies dentro de una comunidad, algunas de sus características incluye la relación de las especies en el espacio y el tiempo (estaciones del año) (Whittaker, 1972).

### *Concepto Distribución*

Las especies se encuentran repartidas de manera irregular en el espacio geográfico, pues bajo condiciones climáticas y geográficas favorables, los organismos pueden expandir su distribución geográfica de acuerdo con su capacidad de dispersión (vagilidad) hasta llegar a estabilizarse (Morrone, 2009). Bajo esta premisa se han desarrollado programas computacionales que relacionan los factores causales de la distribución geográfica para generar la distribución potencial, la cual se considera como el espacio geográfico que presenta las condiciones ambientales y biológicas idóneas con probabilidad de ser ocupado por las especies (Martínez, 2010).

### *Concepto de nicho ecológico*

Las primeras concepciones del nicho ecológico inician con Joseph Grinnell en 1924, quien lo define como aquella unidad de distribución final, en la que cada especie se encuentra condicionada por sus limitaciones instintivas y estructurales, es decir, aquellas áreas definidas con intervalos de variables ambientales que las especies ocupan de acuerdo a sus características fisiológicas, morfológicas y etológicas (Grinnell, 1924 y Martínez, 2010). Posteriormente, se define al nicho como la suma de los factores que actúan en el organismo; así el nicho se define como un hiper-espacio n-dimensional, cuyas variables pueden ser de tipo física o biológica. Entonces, el hiper-espacio es una forma de concebir la relación de uno con otros en la comunidad, la cual funciona como un sistema interactivo (Hutchinson 1957).

Soberón y Nakamura (2009) representan la distribución de especies en un diagrama conocido como BAM (Fig. 1), el cual considera las interacciones bióticas (B), abióticas (A) y la capacidad de movimiento o vagilidad de las especies (M) durante un intervalo de

tiempo en el espacio geográfico (G). Dichos conceptos permiten definir dos regiones: el área que ha sido ocupada por las especies, ya que cuenta con condiciones ambientales y bióticas favorables y que ha estado accesible a la especie ( $G_0$ ) y el área potencial que es la zona con condiciones ambientales y bióticas favorables, pero no ha sido accesible para la especie ( $G_1$ ).

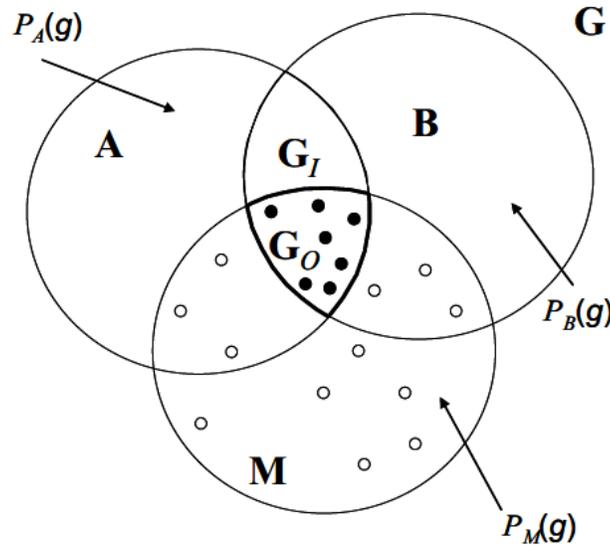


Figura 1. Diagrama BAM, tomado de Soberón y Nakamura, 2009.

### *Modelos de Nicho Ecológico*

En la última década se ha incrementado el empleo de modelos que predicen la distribución potencial de los organismos. Estos modelos tienen una alta capacidad de predicción que ha sido probada bajo diferentes aplicaciones en conservación y planeamiento de reservas, ecología, evolución, epidemiología, manejo de especies invasoras y otros campos (Guisan, 2000; Araujo, *et al.*, 2005; Peterson y Shaw, 2003; Domínguez *et al.*, 2006; Papeş y Gaubert 2007; Castillo, 2011; Jones, 2012). La modelación se vale principalmente de sistemas de información geográfica (SIG) en dos vías: la primera refiere a los datos de presencia conocidos de la especie (datos referenciados geográficamente, obtenidos principalmente de bases de datos) y la segunda entrada de

datos corresponden a las capas de cartografía temática (Tabla 2) que recopila la información ambiental a diferentes escalas de una región (coberturas digitales de información ambiental). Para análisis biogeográficos se han desarrollado técnicas que caracterizan las distribuciones geográficas relacionando los datos ambientales de las localidades de las ocurrencias observadas.

**Tabla 2. Variables ambientales utilizadas en Maxent.**

<b>Variable</b>	<b>Descripción</b>
Bio 1	Temperatura media anual
Bio 2	Oscilación media de la temperatura
Bio 3	Isoterma
Bio 4	Estacional de la temperatura
Bio 5	Temperatura máxima del periodo más cálido
Bio 6	Temperatura mínima del periodo más frío
Bio 7	Rango de temperatura anual Bio5-Bio6)
Bio 8	Temperatura media del trimestre más húmedo
Bio 9	Temperatura media del trimestre más seco
Bio 10	Temperatura media del trimestre más cálido
Bio 11	Temperatura media del trimestre más frío
Bio 12	Precipitación anual
Bio 13	Precipitación del mes más húmedo
Bio 14	Precipitación del mes más seco
Bio 15	Estacionalidad de la precipitación
Bio 16	Precipitación del trimestre más húmedo
Bio 17	Precipitación del trimestre más seco
Bio 18	Precipitación del trimestre más cálido
Bio 19	Precipitación del trimestre más frío
h_aspect	Aspecto del terreno
h_dem	Elevación del terreno
h_slope	Pendiente del terreno
h_topind	Índice topográfico (concauidad o convexidad del terreno)

Existen dos tipos de errores en las predicciones de los modelos, el error de comisión y el error de omisión. El error de comisión refiere a la sobrepredicción (falso positivo), es decir, sitios donde la especie no se encuentra y el modelo predice presencia, mientras que el error de omisión se refiere a localidades donde la especie sí se encuentra y el modelo predice ausencia (falso negativo o subpredicción) (Martínez, 2010 y Peterson *et al.*, 2011).

## Maxent

Maxent (Maximum Entropy Modeling) es un modelo que predice los sitios más probables en los que se pudieran encontrar las especies, basándose en las condiciones ambientales más parecidas a los sitios de ocurrencia, y sólo se emplean los datos de muestreo, es decir, las presencias conocidas. El modelo utiliza el método estadístico de máxima entropía (Phillips *et al.*, 2006), que consiste en buscar la distribución uniforme más probable.

El modelo representa la distribución de una especie mediante una función de probabilidad  $\mathbf{P}$  sobre un conjunto  $\mathbf{X}$  de lugares en el área de estudio, donde  $\mathbf{P}$  asigna un valor positivo a todo lugar  $\mathbf{x}$  de forma que la suma de  $\mathbf{P}(\mathbf{x})$  es la unidad. Dicho modelo se construye a través de un conjunto de condiciones derivadas empíricamente de los datos de ocurrencia, esto da lugar a funciones simples de las variables ambientales conocidas expresadas como  $\mathbf{f}(\mathbf{v})$ . Maxent obliga que la media de la función de cada variable se aproxime a la media real de la variable en el área de presencia, por lo que cada predicción debe ser muy parecida con las condiciones reales observadas (presencia de la especie). De todas las posibles combinaciones de funciones, se realiza una selección óptima de variables y funciones por su significancia y se eliminan las que no aportan condiciones significativas al modelo, de esta manera se utiliza aquella que minimiza la función de entropía.

La función de probabilidad para  $i$  variables ambientales:

$$\mathbf{P}(\mathbf{x}) = \frac{e^{\lambda \mathbf{f}(\mathbf{x})}}{\mathbf{Z}\lambda}$$

Donde  $\lambda$  corresponde al vector de coeficientes de ponderación,  $\mathbf{f}$  es el vector correspondiente de las funciones y  $\mathbf{Z}$  es una constante de normalización que se utiliza para asegurar que  $\mathbf{P}(\mathbf{x})$  sea la unidad.

Maxent ha tenido mayor poder de predictibilidad respecto a otros modelos y por ello es de los más usados, además incluye análisis de la contribución de las diferentes variables ambientales en cada predicción (Phillips et al. 2006; Phillips & Dudík, 2008 y Martínez, 2010).

## **Antecedentes**

La investigación empírica de la fauna íctica se remonta desde tiempos prehispánicos, posteriormente se intensifica con las exploraciones europeas hacia el nuevo mundo, sin embargo, fue hasta el siglo XIX cuando empieza a formalizarse el estudio de los peces con investigaciones de Charles F. Girard entre los años 1851-1854, quien colaboró en la Comisión Internacional de Límites (USA-México) describiendo alrededor de 50 especies para el norte del país; más tarde (1859-1868) Albert Günther realizó una revisión taxonómica de la ictiofauna del mundo (depositada en el Museo Británico) en la cual se incluyeron alrededor de 30 especies de México. A principios del siglo XX, se realizaron grandes colectas en México para caracterizar su fauna, fue así que Seth Eugene Meek (1904) describió 25 taxones nuevos y en su obra *“The Freshwater Fishes of Mexico North of the Isthmus of Tehuantepec”* se incluyeron 277 especies. Otras aportaciones favorecieron el inventario íctico de México tales como los de Carl L. Hubbs del noroeste y noreste de México (1935) y el estudio de Goodeidos en la Mesa Central (1939), Wendell L. Minckley quien descubrió especies endémicas de la cuenca de Cuatro Ciénegas, Coahuila a finales de 1980 y principios de los 90's. Importantes contribuciones fueron realizadas por José Álvarez del Villar en 1948 con el *“Catálogo de Peces de las Aguas Continentales Mexicanas”* (tesis de licenciatura) y publicación de claves taxonómicas, la última recopilación de la ictiofauna dulceacuícola fue realizada por Miller *et al.* (2005) en su obra *“Freshwater fishes of México”*.

La recopilación de información ha servido para regionalizar la ictiofauna en México, y se han establecido regiones biogeográficas con base a la distribución de las especies (Minckley *et al.*, 2005; Morrone, 2005; Miller *et al.*, 2005). Se han llevado a cabo inventarios mediante la actualización de listados faunísticos para estados (Castillo, 2011;

Lambarri, 2012), cuencas (Espinosa *et al.*, 1993; Hendrickson *et al.*, 1980) y regiones biogeográficas (Espinosa *et al.*, 1993 a y b; Espinosa *et al.*, 2004; Espinosa y Huidobro, 2005). Particularmente el estudio de la fauna íctica y su estatus en la Sierra Madre Occidental ha sido escaso, pues sólo se ha tomado parte de esta zona para estudios a nivel estatal en Sonora (Varela y Hendrickson, 2010), Durango (Lambarri, 2012); a nivel de cuenca como lo reporta Hendrickson *et al.* (1980) para el Río Yaqui, Stefferud y Propst (1996) para el Río Bavícora; por distribución de determinados taxones como ciprínidos (Propst y Stefferud, 1994, Schönhuth *et al.*, 2011) y salmónidos principalmente revisiones hechas por Hendrickson *et al.* (2002), Xu y Mayden (2013) y Mayden *et al.* (2013).

También se ha estudiado por regionalización de fauna, de acuerdo con Mayden (1992) que distingue 15 provincias en Norte América con base a la presencia de peces dulceacuícolas, de las cuales la provincia Sonora-Sinaloa (15 familias, 45 especies) y Río Grande (21 familias y 134 especies) forman parte de la SMOc; pero hasta ahora no se ha integrado ni actualizado la diversidad de la fauna íctica en esta región biogeográfica.

A mediados del siglo pasado emergen tendencias sobre el estudio de la diversidad, trabajos como los de Hutchinson y MacArthur (1959) ofrecen una nueva visión de la ecología, mediante un sistema ordenado y formal de las relaciones matemáticas, mediante el cual, la diversidad y la relaciones importancia-valor de las especies son predecibles (Whittaker, 1972). En los últimos años se han realizado estudios de distribución potencial en diversos grupos, aun siendo pocos los estudios en peces (Castillo, 2011 y Domínguez-Domínguez *et al.* 2006), se ha empleado este método para indagar en el espacio geográfico posible donde pudieran situarse las especies respecto a las condiciones ambientales, y se puede aplicar para especies de importancia pesquera (Jones *et al.*, 2012), o para modelar la distribución de especies exóticas, e incluso para predecir cambio de la distribución a través del tiempo (Peterson *et al.*, 2001; Peterson y Shaw, 2003).

Esta herramienta se ha empleado para indagar y comprender más sobre la biogeografía de diferentes taxa, es por ello que en el presente trabajo se utiliza para realizar predicciones espaciales de distribución ya que es un medio importante e informativo de buscar relaciones entre grupos de variables ambientales y presencias de especies.

## **Área de estudio**

La SMOc se extiende de manera casi continua, desde la frontera México-Estados Unidos de América hasta la Faja Volcánica Transmexicana, incluye parte de los estados de Sonora, Chihuahua, Sinaloa, Durango, Nayarit, Zacatecas y Jalisco, se ubica por encima de 1000 m de altitud (3,340 m.s.n.m su altura máxima en Cerro Gordo, Durango), con orientación noroeste-sureste abarcando poco más de 1,200 km de distancia, 190 km de anchura y alrededor de 289,000 km<sup>2</sup> de superficie del territorio nacional, siendo el sistema montañoso más largo y continuo de México.

La fluctuación altitudinal es amplia, lo cual tiene un efecto significativo sobre el clima, pues en las partes bajas se presentan diferencias temporales: verano cálido e invierno seco (Cwa), mientras que en las zonas altas carecen de la estación seca (Cfb) (Ferrusquía-Villafranca, 1998). Debido a su formación geológica presenta una orografía accidentada y brinda características únicas en los sistemas hídricos que favorecen la diversidad de hábitats (Tamayo, 1949 y Aranda-Gómez *et al.*, 2000).

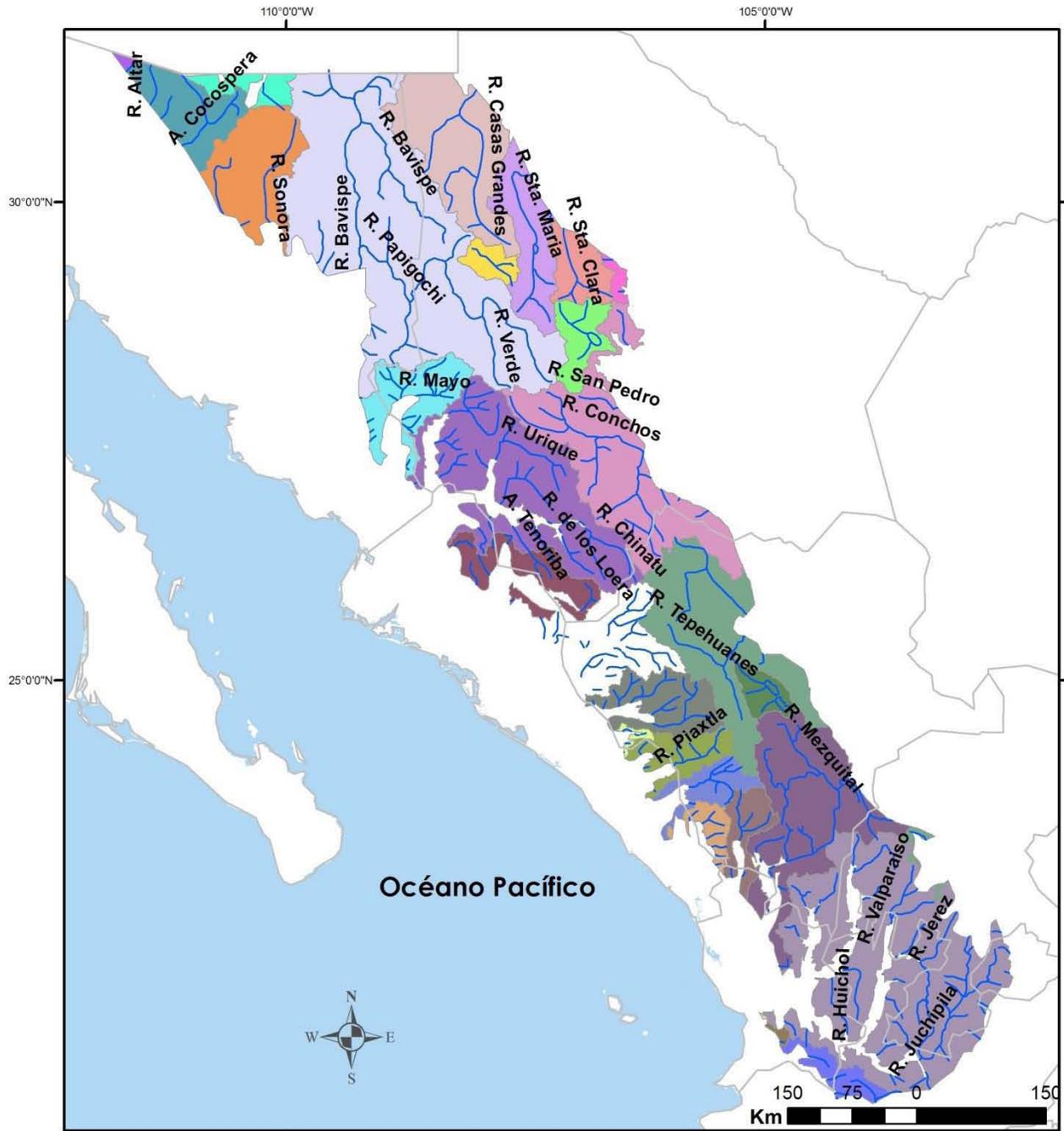
Por ser un sistema montañoso complejo, a través del tiempo se le ha asignado diferente regionalización, basados en estudios con vertebrados (Smith, 1941; Marshall y Liebherr, 2000; Kobelkowsky, 2013), plantas (Cabrera y Willink, 1973; Rzedowski, 1978; Arriaga *et al.*, 1997) y entomofauna (Halffer, 1987; Morrone y Márquez, 2001), por otro lado, Morrone (2004) hace una recopilación acerca de dichos estudios y reconoce a la Sierra Madre Occidental como parte de la Zona de Transición Mexicana.

De acuerdo con la regionalización propuesta por Morrone (2005), México contiene 14 provincias agrupadas en dos regiones (Neártica y Neotropical) y una zona de transición. Esta última, en un sentido restringido (Morrone, 2004), contiene a su vez cinco provincias: Eje Volcánico Transmexicano (EVT), Sierra Madre Occidental (SMOc), Sierra Madre Oriental (SMOr), Sierra Madre del Sur (SMS) y Cuenca del Balsas (CB).

### *Hidrografía*

La SMOc cuenta con 34 Cuencas Hidrográficas (Fig. 2) pertenecientes a diez regiones hidrográficas (Tabla 3) las cuales son del tipo exorreicas (confluyen en el océano) o endorreicas (sistemas de drenaje interno que no desembocan al océano) (INEGI-INECONAGUA, 2007).

Gran parte de las cuencas drenan a la vertiente del Pacífico, sólo la cuenca del Río Bravo desemboca a la vertiente del Atlántico, mientras las cuencas de los ríos Casas Grandes, Santa Clara, Santa María, Nazas y los lagos Encinillas, Babícora, Bustillos y de Santiaguillo fluyen al interior. Numerosos ríos y arroyos irrigan a través de la SMOc, sin embargo se mencionan los más importantes.



**Cuencas hidrográficas**

Lago Babicora	Río Baluarte	Río Huicicila	Río Santa Clara
Lago Bustillos	Río Bravo	Río Mayo	Río Santa María
Lago Encinillas	Río Casas Grandes	Río Nazas	Río Santiago
Lago de Santiaguillo	Río Colorado	Río Piaxtla	Río Sinaloa
Río Acaponeta	Río El Naranjo	Río Presidio	Río Sonora
Río Ameca	Río Elota	Río San Lorenzo	Río Sonoyta
Río Asunción	Río Fuerte	Río San Pedro	Río Yaqui

Figura 2. Cuencas Hidrográficas y ríos principales en la Sierra Madre Occidental.

El sistema del Río Bravo, se ubica en la frontera de México con Estados Unidos, incluye numerosos tributarios y lagos independientes en el este de la SMOc (Chihuahua y Durango), que se ven afectados en temporadas de seca, pues varios disminuyen su cauce y algunos lagos llegan a secarse, exceptuando los arroyos provenientes de montañas. El Río Conchos es uno de los tributarios más importantes de éste sistema (Meek, 1904). También el Río Nazas forma parte de este sistema, nace en la SMOc y fluye hasta la Laguna de Mayrán, sin embargo hacia finales de la temporada de secas éste carece de agua en su cauce. La construcción de las presas “Lázaro Cárdenas” y “Francisco Zarco” ha frenado el drenaje natural del río. El sistema del Río Mezquital (cuenca del Río San Pedro) nace en Durango y se eleva hacia el este de la SMOc hasta drenar cerca de la boca del Río Grande de Santiago.

El Río Casas Grandes es un pequeño arroyo de montaña en el norte de Chihuahua, el cual fluye hacia el Lago de Guzmán, se ve afectado hacia el final de la temporada de secas, pues su nivel de agua disminuye casi hasta secarse. Paralelo a este sistema se encuentra el Río Santa María que fluye hacia el Lago de Santa María, cerca del Lago Guzmán. Entre los tributarios del Río Bravo y el Río Yaqui se encuentra el Lago de Castillos el cual a finales de junio comienza a secarse.

El río Yaqui nace de la confluencia de los ríos Bavispe y Papigochi en el este de la SMOc y desemboca hasta en el valle del Yaqui cerca del poblado de San Ignacio en el golfo de California. La presencia de las presas hidroeléctricas “Plutarco Elías Calles”, “Lázaro Cárdenas” y “Álvaro Obregón” interrumpen su flujo. En el noroeste se encuentra el Río Sonora el cual nace por la confluencia de los ríos Bacamuchi y Bacoachi, y que sólo en épocas de lluvias desemboca al océano Pacífico (Meek, 1904, INEGI-INE-CONAGUA, 2007).

Tabla 3. Cuencas hidrográficas endorreicas (En) y exorreicas (Ex) que comprenden la SMOc. Vertiente del Pacífico (P) o del Atlántico (A).

Región Hidrológica	Cuenca	Registro de especies	Tipo de Cuenca	Estados	Vertiente	Área (km <sup>2</sup> )	Altura máxima (m.s.n.m)
<b>Sonora Norte</b>	Río Sonoyta		Ex	Son.	P	4208.4	1330
	Río Asunción	X	Ex	Son.	P	25807.4	2510
	Río Colorado	X	Ex	Son.	P	113.9	1700
<b>Sonora Sur</b>	Río Yaqui	X	Ex	Son., Chih.	P	74289.2	3060
	Río Sonora	X	Ex	Son.	P	21227.3	2620
	Río Mayo	X	Ex	Chih., Son.	P	15112.4	2814
<b>Cuencas Centrales del Norte</b>	Lago Los Moscos		En	Chih.	-	1334.9	2299
	Río Casas Grandes Oeste	X	En	Chih., Son.	-	16655.2	2910
	Río Santa Clara	X	En	Chih.	-	15101.5	2907
	Arroyo rincón de Chihuahua		En	Chih.	-	1885.6	2400
	Río Santa María	X	En	Chih.	-	11889.8	3012
	Lago Encinillas	X	En	Chih.	-	2883.3	2800
	Lago Babicora	X	En	Chih.	-	1921.4	3040
	Lago Bustillos	X	En	Chih.	-	3978.5	2835
<b>Bravo-Conchos</b>	Río Bravo	X	Ex	Dgo. Chih. Coah. N.L. Tamps.	A	222189.6	3702
<b>Sinaloa</b>	Río Fuerte	X	Ex	Chih., Dgo., Sin., Son.	P	36123.6	3198
	Río Sinaloa	X	Ex	Chih., Dgo., Sin.	P	13152.1	3267
	Río Culiacán		Ex	Chih., Dgo., Sin.	P	18820.5	3207
	Río San Lorenzo		Ex	Dgo., Sin.	P	9982.5	3150
	Río Elota		Ex	Dgo., Sin.	P	2323.8	2919
	Río Piaxtla		Ex	Dgo., Sin.	P	6887.6	3206
	Arroyo Puente de Fierro	X	Ex	Sin.	P	1135.0	1441
<b>Nazas-Aguanaval</b>	Río Nazas	X	En	Coah., Dgo., Zac.	-	90862.7	3276
<b>Presidio-San Pedro</b>	Lago de Santiaguillo	X	En	Dgo.	-	2454.8	3230
	Río San Pedro	X	Ex	Dgo., Nay., Zac.	P	27414.8	3350
	Río Presidio	X	Ex	Dgo., Sin.	P	6478.9	3028
	Río Acaponeta		Ex	Dgo., Nay., Sin.	P	8674.7	2926
	Río Baluarte	X	Ex	Dgo., Nay., Sin.	P	5359.3	2923
<b>Río Huicicila</b>	Río El Palillo		Ex	Nay.	P	512.0	1426
	Río El Naranjo		Ex	Nay.	P	171.3	2117
	Río Ixtapan		Ex	Nay.	P	179.9	2221
	Río Huicicila		Ex	Nay.	P	663.4	2175
<b>Río Ameca</b>	Río Ameca	X	Ex	Nay., Jal.	P	12631.3	2906
<b>Lerma-Santiago</b>	Río Santiago	X	Ex	Ags. Dgo. Gto. Jal. Nay. S.L.P. Zac.	P	76274.2	3130

## **Método**

### *Delimitación de la Sierra Madre Occidental*

Se delimitó la Sierra Madre Occidental (SMOc) mediante la modificación de dos polígonos: Sierras Templadas, tomado del mapa “Ecorregiones terrestres de México” (INEGI, CONABIO e INE, 2008) y Sierra Madre Occidental del mapa “Provincias biogeográficas de México” (CONABIO, 1997) con el fin de conjuntar información y considerar a la SMOc por arriba de los 1000 m.s.n.m.

### *Recopilación, depuración y creación de base de datos*

Se recopilaron registros de peces dulceacuícolas dentro de los estados Sonora, Chihuahua, Sinaloa, Durango, Nayarit, Zacatecas y Jalisco, provenientes de colecciones biológicas nacionales e internacionales (Anexo A1), los datos fueron depurados de acuerdo con el Manual de Procedimientos (CONABIO, 2008), excluyéndose aquellos que no contaban con localidad, o que la descripción de esta fuera ambigua (Álvarez, 2004).

La base de datos fue complementada con información referente a coordenadas geográficas, para ello se empleó la descripción de las localidades y se llevó a cabo la asignación de coordenadas geográficas (en un diámetro menor a 10 metros) mediante el uso de los programas Google Earth 6.0 (Google Inc., 2013) y GEOLocate Web Application Versión 2 (Tulane University, 2013). Por otra parte, se verificó y se corrigió la nomenclatura taxonómica de las especies mediante la consulta del catálogo de peces de California Academy of Sciences (CAS) (Eschmeyer y Fricke, 2013), y del sitio web Fishbase (Froese y Pauly, 2013).

Para la realización del análisis de diversidad, a cada registro se le asignó la cuenca hidrológica a la que pertenece, con base al mapa Cuencas Hidrográficas de México (INEGI-INE-CONAGUA, 2007) y se elaboró una matriz de datos basados en presencia (1) ausencia (0) de las especies en las diferentes cuencas. Se utilizó el software PAST versión 2.17c (Hammer, 2001) para calcular la diversidad alfa con el estimador Chao<sub>2</sub> y la diversidad

beta mediante los índices de similitud Jaccard y Sørensen-Dice-Czekanovski, los cuales son lo más usados por su efectividad.

### *Análisis de Nicho Ecológico y Distribución potencial*

Se empleó el modelo basado en Máxima Entropía (Maxent) versión 3.3.3k (Phillips, 2006), en el cual se incluyeron 24 capas de variables ambientales para época actual (1950-2000) para todas las especies, y para los años 2020, 2050 y 2080 para las predicciones de las especies endémicas. Las variables están relacionadas con tres principales características: temperatura, precipitación y topografía (tabla 2), con una resolución de 1 km<sup>2</sup> (proporcionadas por el Dr. Enrique Martínez Meyer, Instituto de Biología, UNAM). Los datos con los que se corrió el modelo fueron los predeterminados por el programa, con un máximo de 500 iteraciones y el 25% de los datos mayores a 11 ocurrencias para pruebas de entrenamiento.

Para los datos con ocurrencias menores a diez se utilizó el método de Jackknife (pValue) descrito en Pearson *et al.* (2007) el cual se emplea para la validación de la capacidad predictiva para los datos con pocas de presencias. Este procedimiento deja un dato afuera del grupo de datos y se construye un modelo con las localidades restantes (n-1), entonces se generaron **n** modelos por separado para una especie con **n** observaciones, y si el modelo predecía presencia en la localidad excluida se consideraba éxito y, a partir de ello, se calculó el valor **P** mediante el programa ejecutable anexo en el trabajo de Pearson (2007) y medir la efectividad de Maxent. Siguiendo el procedimiento de Castillo (2011), se eligieron diez especies con ocurrencias <10 para evaluar la capacidad predictiva de Maxent.

Los mapas (archivos .asc) generados por Maxent se convirtieron a formato *raster* para su manipulación en ArcMap. Además se analizaron los datos que arroja Maxent para la contribución de variables (porcentaje y Jackknife) así como las gráficas AUC (Anexo A2).

# Resultados

## *Listado faunístico*

Se obtuvo un total de 2,242 registros (depurados) de peces reportados en la base de datos. En esta base se incluyen 107 especies, 48 géneros y 15 familias pertenecientes a 9 ordenes (Fig. 3), agrupando el 21% de la ictiofauna dulceacuícola reportada para México (Espinosa, 1993 y Miller 2005).

Las categorías taxonómicas se ordenaron de acuerdo con la clasificación filogenética de Nelson (2006), cuyo trabajo se encuentra jerarquizado desde phylum hasta familia, conservando el género y especie en orden alfabético. A continuación se presenta el listado ictiofaunístico de la Sierra Madre Occidental:

### Phylum Vertebrata

#### Clase Actinopterygii

#### Orden 1 Cypriniformes

#### Familia 1 Cyprinidae

*Agosia chrysogaster* Girard, 1856  
*Algansea avia* Barbour & Miller, 1978  
*Algansea monticola* Barbour & Contreras-Balderas, 1968  
*Algansea tincella* (Valenciennes 1844)  
*Campostoma ornatum* Girard, 1856  
*Carassius auratus* (Linnaeus 1758)  
*Codoma ornata* Girard 1856  
*Ctenopharyngodon idella* (Valenciennes 1844)  
*Cyprinella formosa* (Girard 1856)  
*Cyprinella garmani* (Jordan 1885)  
*Cyprinella lutrensis* (Baird & Girard 1853)  
*Cyprinella panarcys* (Hubbs & Miller 1978)  
*Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758  
*Dionda diaboli* Hubbs & Brown 1957  
*Dionda episcopa* Girard, 1856  
*Gila brevicauda* Norris, Fischer & Minckley 2003  
*Gila conspersa* Garman 1881  
*Gila ditaenia* Miller 1945

*Gila eremica* DeMarais 1991  
*Gila intermedia* (Girard 1856)  
*Gila nigrescens* (Girard 1856)  
*Gila pulchra* (Girard 1856)  
*Gila purpurea* (Girard 1856)  
*Gila robusta* Baird & Girard 1853  
*Notropis aulidion* Chernoff & Miller 1986  
*Notropis braytoni* Jordan & Evermann 1896  
*Notropis chihuahua* Woolman 1892  
*Notropis jemezianus* (Cope 1875)  
*Notropis nazas* Meek 1904  
*Pimephales promelas* Rafinesque 1820  
*Rhinichthys cataractae* (Valenciennes 1842)  
*Rhinichthys cobitis* (Girard 1856)  
*Rhinichthys osculus* (Girard 1856)  
*Yuriria alta* (Jordan 1880)

Familia 2 Catostomidae

*Carpiodes carpio* (Rafinesque, 1820)  
*Catostomus bernardini* Girard, 1856  
*Catostomus cahita* Siebert & Minckley, 1986  
*Catostomus insignis* Baird & Girard, 1854  
*Catostomus leopoldi* Siebert & Minckley, 1986  
*Catostomus wigginsi* Herre & Brock, 1936  
*Moxostoma austrinum* Bean 1880  
*Moxostoma mascotae* Regan 1907  
*Pantosteus clarkii* (Baird & Girard, 1854)  
*Pantosteus nebuliferus* (Garman, 1881)  
*Pantosteus plebeius* (Baird & Girard 1854)

Orden 2 Characiformes

Familia 3 Characidae

*Astyanax mexicanus* (De Filippi 1853)

Orden 3 Siluriformes

Familia 4 Ictaluridae

*Ameiurus melas* (Rafinesque, 1820)  
*Ictalurus dugesii* (Bean 1880)  
*Ictalurus furcatus* (Valenciennes 1840)  
*Ictalurus lupus* (Girard 1858)  
*Ictalurus pricei* (Rutter 1896)

- Ictalurus punctatus* (Rafinesque 1818)  
*Pylodictis olivaris* (Rafinesque 1818)
- Orden 4 Salmoniformes  
Familia 5 Salmonidae  
*Oncorhynchus chrysogaster* (Needham & Gard 1964)  
*Oncorhynchus mykiss* (Walbaum 1792)
- Orden 5 Mugiliformes  
Familia 6 Mugilidae  
*Agonostomus monticola* (Bancroft, 1834)
- Orden 6 Gobiesociformes  
Familia 7 Gobiesocidae  
*Gobiesox fluviatilis* Briggs & Miller 1960
- Orden 7 Atheriniformes  
Familia 8 Atherinopsidae  
*Atherinella crystallina* (Jordan & Culver, 1895)  
*Chirostoma arge* (Jordan & Snyder 1899)  
*Chirostoma jordani* Woolman, 1894  
*Chirostoma mezquital* Meek, 1904
- Orden 8 Cyprinodontiformes  
Familia 9 Goodeidae  
*Allotoca dugesii* (Bean, 1887)  
*Allotoca maculata* Smith & Miller 1980  
*Ameca splendens* Miller & Fitzsimons 1971  
*Characodon audax* Smith & Miller, 1986  
*Characodon garmani* Jordan & Evermann, 1898  
*Characodon lateralis* Günther, 1866  
*Goodea atripinnis* Jordan 1880  
*Ilyodon furcidens* (Jordan & Gilbert 1882)  
*Xenotoca eiseni* (Rutter 1896)  
*Xenotoca melanosoma* Fitzsimons 1972  
*Xenotoca variata* (Bean 1887)  
*Zoogoneticus quitzeoensis* (Bean 1898)
- Familia 10 Cyprinodontidae  
*Cyprinodon albivelis* Minckley & Miller 2002  
*Cyprinodon eximius* Girard 1859  
*Cyprinodon macularius* Baird & Girard 1853  
*Cyprinodon meeki* Miller 1976  
*Cyprinodon nazas* Miller 1976

*Cyprinodon pachycephalus* Minckley & Minckley 1986

*Cyprinodon pisteri* Miller & Minckley 2002

Familia 11 Poeciliidae

*Gambusia affinis* (Baird & Girard 1853)

*Gambusia senilis* Girard 1859

*Poecilia butleri* Jordan 1889

*Poeciliopsis infans* (Woolman 1894)

*Poeciliopsis latidens* (Garman 1895)

*Poeciliopsis lucida* Miller 1960

*Poeciliopsis monacha* Miller 1960

*Poeciliopsis occidentalis* (Baird & Girard 1853)

*Poeciliopsis presidionis* (Jordan & Culver 1895)

*Poeciliopsis sonoriensis* (Girard 1859)

*Poeciliopsis viriosa* Miller 1960

*Xiphophorus hellerii* Heckel 1848

Orden 9 Perciformes

Familia 12 Centrarchidae

*Ambloplites rupestris* (Rafinesque, 1817)

*Lepomis cyanellus* Rafinesque 1819

*Lepomis gulosus* (Cuvier 1829)

*Lepomis macrochirus* Rafinesque 1819

*Lepomis megalotis* (Rafinesque 1820)

*Lepomis microlophus* (Günther 1859)

*Micropterus salmoides* (Lacepède 1802)

*Pomoxis annularis* Rafinesque 1818

Familia 13 Percidae

*Etheostoma australe* Jordan 1889

*Etheostoma pottsii* (Girard 1859)

Familia 14 Cichlidae

*Cichlasoma beani* (Jordan, 1889)

*Oreochromis aureus* (Steindachner 1864)

*Oreochromis niloticus* (Linnaeus 1758)

*Parachromis managuensis* (Günther 1867)

Familia 15 Gobiidae

*Awaous banana* (Valenciennes, 1837)

### *Estatus y Diversidad*

En la SMOc se encuentran 34 cuencas hidrográficas (Fig. 2), de las cuales, sólo 22 contaron con al menos un registro de peces (Tabla 3). Entre los representantes de la diversidad de la fauna íctica destaca la familia Cyprinidae con 34 especies, seguida por Poeciliidae y Goodeidae, ambas con 12 especies (Fig. 3), 53 especies resultaron ser endémicas (com. pers. H. Espinosa y F. del Moral, IB-UNAM), de las cuales 16 son exclusivas de la SMOc, y 28 de las especies son introducidas (Ramírez y Espinosa 2012; CONABIO, 2013; Mendoza, R. y P. Koleff, 2014) (Fig.4).

Del total de las especies reconocidas en la SMOc, el 48.6% se encuentran bajo alguna categoría de riesgo de acuerdo con la NOM-059-2010, ya que 29 especies se encuentran amenazadas (A), 14 en peligro de extinción (P), 6 bajo protección especial (Pr) y 3 probablemente extintas en el medio silvestre (E) (Fig. 5).

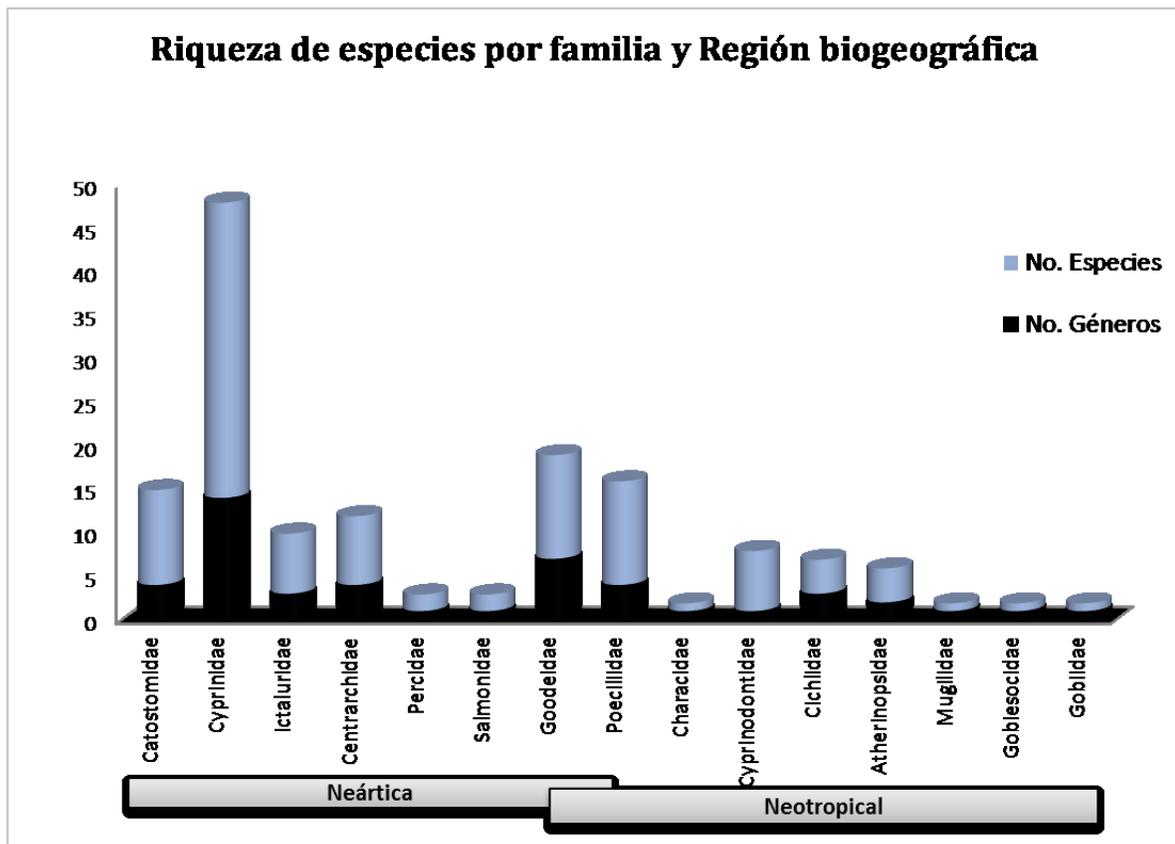


Figura 3. Riqueza específica de cada familia, porción de géneros con los que cuenta (negro) y el número de especies (azul). Las familias se encuentran ordenadas de acuerdo a la región biogeográfica en la que predominan, Neártica o Neotropical.

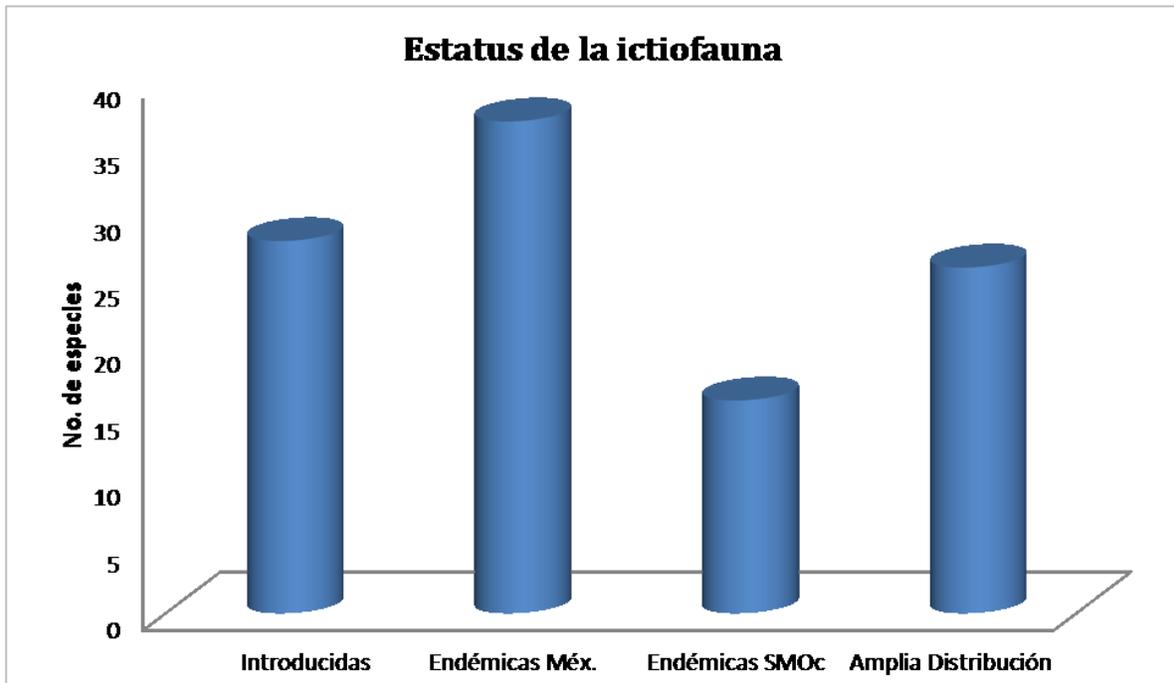


Figura 4. Porción de la ictiofauna que ha sido introducida, endémica de México y de la SMOc y las especies de amplia distribución.

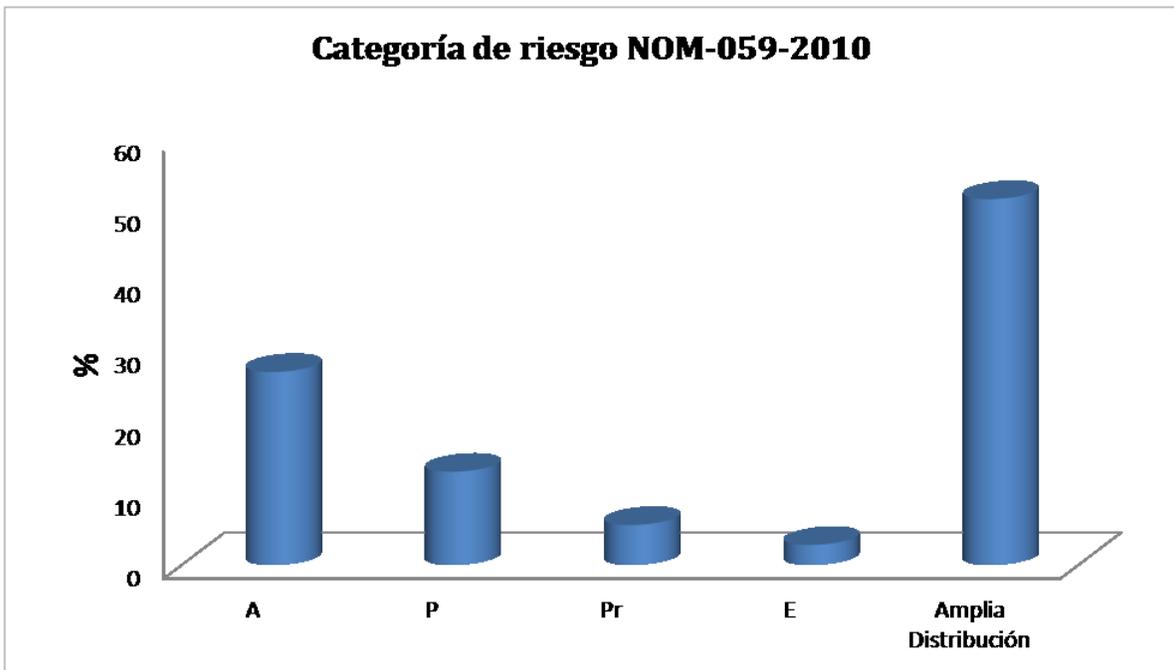


Figura 5. Porcentaje de especies que presentan alguna categoría de riesgo de acuerdo con la NOM-059-2010, amenazada (A), peligro (P), protección especial (Pr) y probablemente extinto (E).

De acuerdo a los análisis de diversidad alfa, se encontró que las cuencas con mayor riqueza específica fueron Río Santiago, Río San Pedro, Río Yaqui y Río Bravo, con más de 30 especies, mientras que las cuencas con menor diversidad fueron el Río Sinaloa, Río Santa Clara, Río Piaxtla, Río Baluarte y Lago Encinillas con menor a cinco especies. Se nota también que la diversidad alfa estimada es mucho mayor a la observada (Tabla 4).

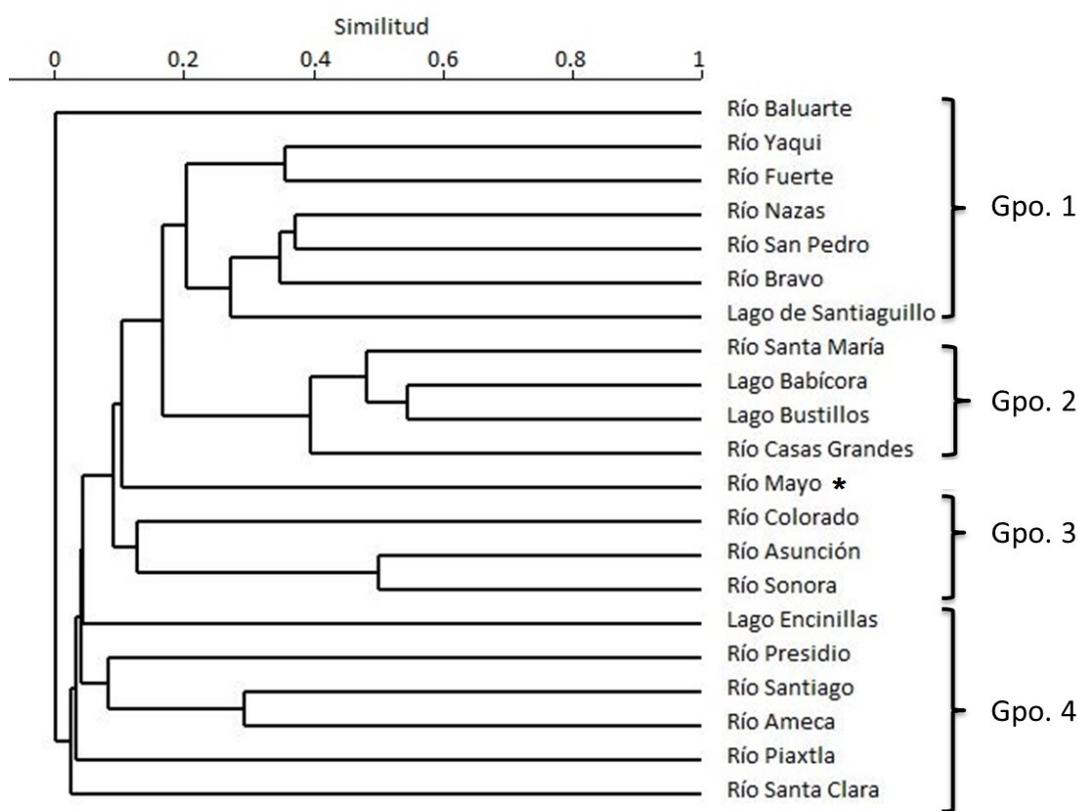
**Tabla 4. Diversidad alfa observada (riqueza específica) y esperada ( $Chao_2$ ) en cada cuenca hidrográfica.**

<b>Cuenca</b>	<b>Especies observadas</b>	<b>Especies estimadas</b>
Río Bravo	31	49
Río Casas Grandes	15	33
Río Asunción	10	28
Río Santa Clara	1	19
Río Yaqui	34	52
Río Colorado	12	30
Río Santa María	13	31
Río Sonora	11	29
Lago Encinillas	2	20
Lago Babícora	7	25
Lago Bustillos	10	28
Río Mayo	11	29
Río Fuerte	27	45
Río Nazas	25	43
Lago de Santiaguillo	12	30
Río San Pedro	34	52
Río Piaxtla	1	19
Río Presidio	4	22
Río Baluarte	1	19
Río Santiago	36	54
Río Ameca	17	35

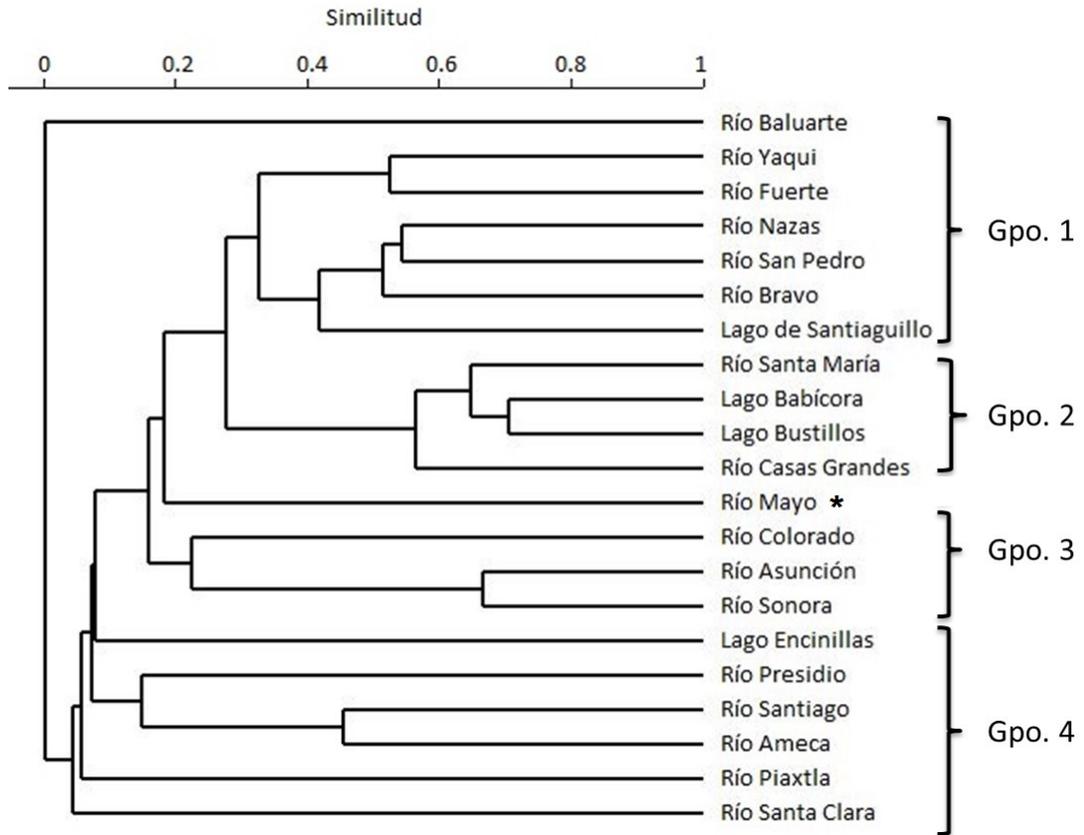
En cuanto a la diversidad beta (figuras 6 y 7) los clusters fueron realizados mediante los índices de Jaccard y Sörensen-Dice, los cuales miden el grado de similitud entre las cuencas hidrográficas. En ambos análisis se distinguen cuatro grupos. El primer grupo lo representa la cuenca del Río Yaqui, Río Fuerte, Río Nazas, Río San Pedro, Río Bravo y Lago de Santiaguillo; el segundo lo conforman el Río Santa María, Lago Babícora,

Lago Bustillos y Río Casas Grandes; el tercero se encuentran relacionados el Río Colorado, Río Asunción y Río Sonora; finalmente el cuarto grupo lo integra el Río Presidio, Río Santiago y Río Ameca. El Río Mayo (\*) está poco relacionado en cuanto a las especies que contiene con los grupos 1 y 2, no obstante por ubicación geográfica es más parecido con el grupo 1.

En ambos análisis el Lago Babícora y Lago Bustillos son los más parecidos en cuanto a la presencia de especies, siendo similares en 0.54545 (Jaccard) y 0.70588 (Sörensen-Dice), seguidos del Río Asunción y Río Sonora, pues obtuvieron el 0.5 y 0.66667 de similitud respectivamente.



**Figura 6. Cluster de similitud por índice de Jaccard. Lago Babícora, Lago Bustillos Río Santa María representan los sitios más parecidos, con el 0.54 de similitud, seguidos del Río Asunción-Río Sonora con el 0.5.**



**Figura 7. Cluster de similitud por índice de Sørensen-Dice. Lago Babícora, Lago Bustillos Río Santa María representan los sitios más parecidos, con el 0.7 de similitud.**

Finalmente la diversidad gamma estimada fue mayor a la observada, ya que se estimaron 136 especies más (243 esperadas) respecto a las 107 que se tienen reportadas en las 34 cuencas de la SMOc.

### Contribución de las variables ambientales en la Distribución Potencial

En general, se encontró que tres variables son las que más contribuyen para la distribución de las especies, con el 50.2% aporta la estacionalidad de la precipitación (Bio 15), resultó ser la de mayor porcentaje, en segundo lugar se encuentra la elevación del terreno (h\_dem) con el 35.1%, y finalmente la temperatura mínima del periodo más frío (Bio 6) que contribuye con el 25.3% (Fig. 8).

Los resultados antes mencionados se corroboran con el análisis de Jackknife (Figs. 9 y 10), en el cual se nota que la estacionalidad de la precipitación es de importancia para todas las familias de peces, respecto a las demás variables, no obstante, para la familia Poeciliidae tiene mayor relevancia la precipitación del trimestre más seco (Bio 17), y la familia Atherinopsidae muestra que la oscilación media de temperatura (Bio 2) es la variable que afecta más su distribución. Cuando el modelo tomó en cuenta solo una variable (prueba de Jackknife), la oscilación de las variables fue diferente para cada familia, sin embargo se vuelve a repetir el patrón en las variables Bio 15, Bio 6 y h\_dem.

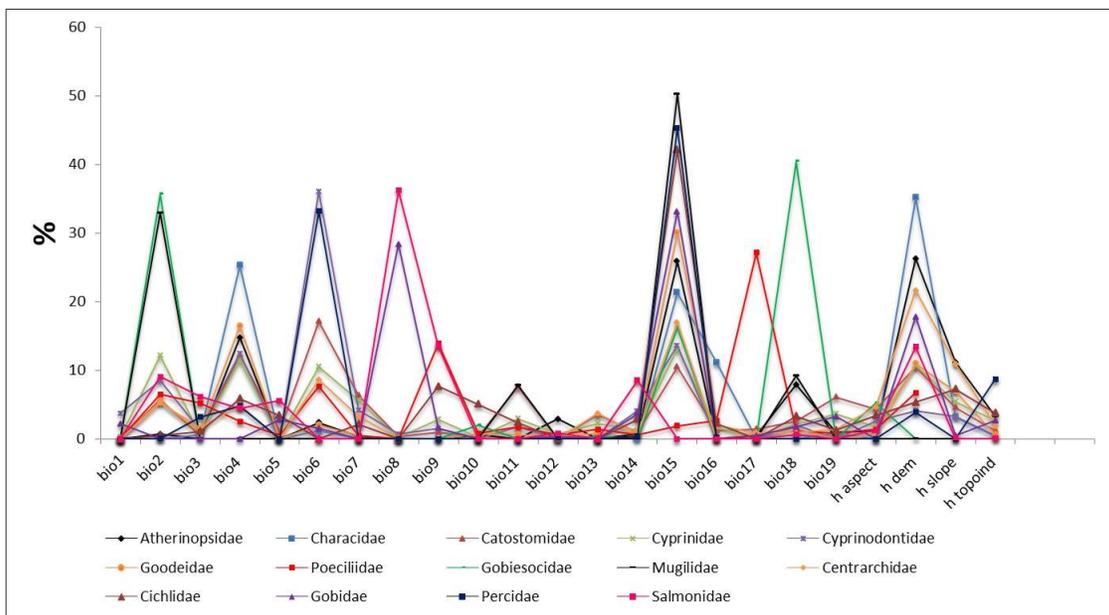
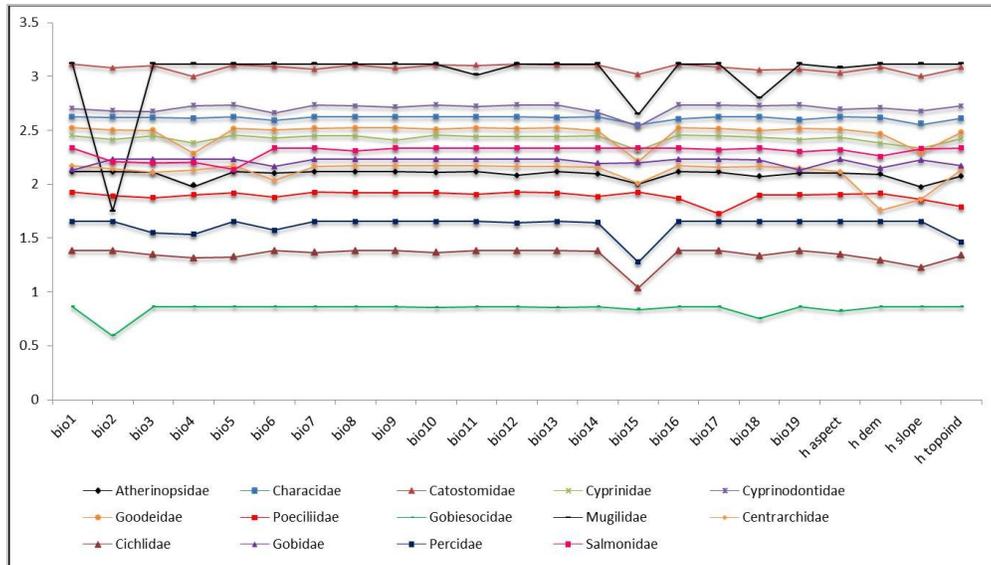
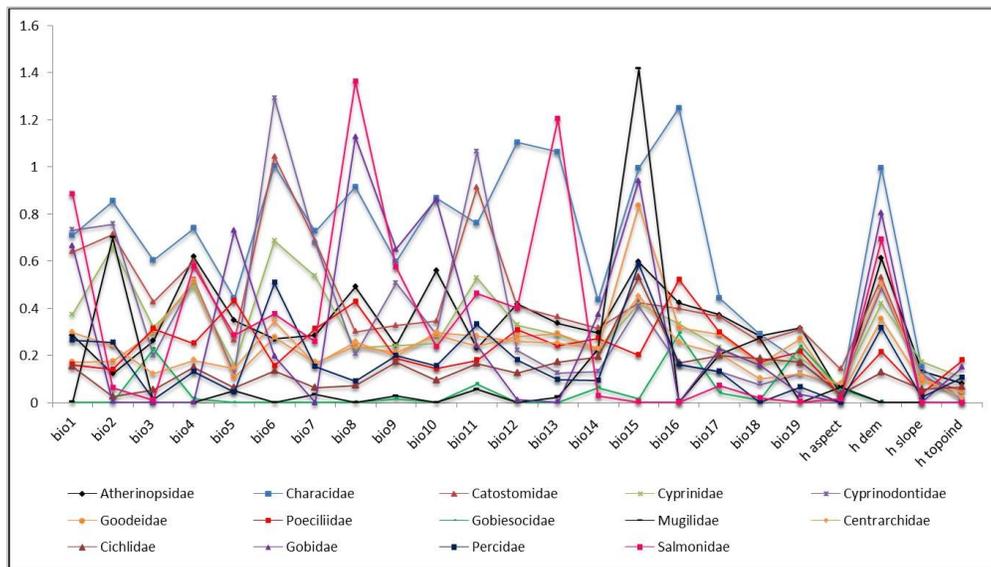


Figura 8. Porcentaje de la contribución de las variables ambientales en la distribución por familia.



**Figura 9. Jackknife sin considerar alguna variable en el modelado de la distribución para cada familia.**



**Figura 10. Jackknife considerando sólo una variable en el modelado de la distribución para cada familia.**

Los valores AUC se encontraron en un intervalo de 0.892-0.999. En cuanto a la validación de datos descrita por Pearson *et al.* (2007) la prueba de Jackknife (pValue) muestra que Maxent cumple con un nivel de predicción significativamente confiable, ya que predice entre el 50 y el 100% de los sitios donde se ha registrado la especie (Tabla 5).

**Tabla 5. Porcentaje de éxito y significancia de la prueba Jackknife (pValue).**

<b>Especie</b>	<b>Ocurrencias</b>	<b>% Éxito</b>	<b>pValue</b>
<i>Catostomus nebuliferus</i>	9	77	0.00
<i>Cyprinella lutrensis</i>	5	100	0.000001
<i>Cyprinodon meeki</i>	10	90	0.00
<i>Cyprinodon nazas</i>	5	80	0.00
<i>Etheostoma australe</i>	8	100	0.00001
<i>Gila purpurea</i>	8	87	0.00
<i>Ictalurus dugesii</i>	4	50	0.00001
<i>Lepomis megalotis</i>	10	100	0.00
<i>Lepomis microlophus</i>	9	66	0.00
<i>Notropis nazas</i>	10	80	0.00

*Distribución potencial futura de especies endémicas de la SMOc*

Se realizaron predicciones en los años 2020, 2050 y 2080 para cada especie endémica, exceptuando a *Gila breviceauda* y *Ameca splendens*, pues en los registros no se contaron datos suficientes para poder generar la modelación en Maxent. Un caso especial fue para *Notropis aulidion*, especie extinta, la cual se modeló para indagar como podrían favorecerle las condiciones ambientales futuras en su distribución.

En seguida se muestran los mapas de la distribución potencial actual de las especies endémicas de la SMOc que se modelaron para los años 2020, 2050 y 2080, en un gradiente de color cuyos tonos más oscuros representan las zonas con mayor probabilidad de que se presente la especie, tomando en cuenta las condiciones ambientales similares dónde se han registrado las especies.

# Algansea avia Barbour & Miller, 1978

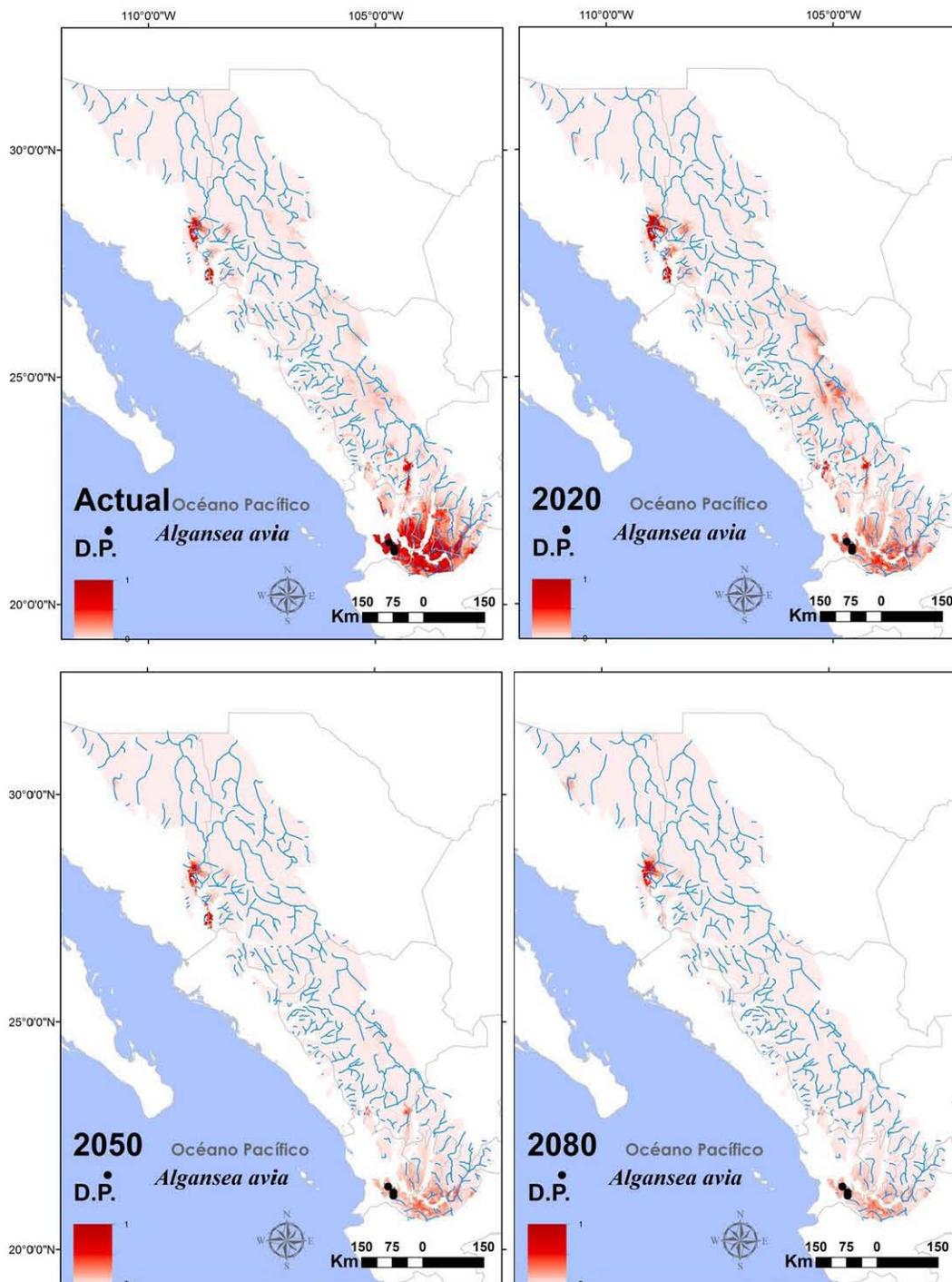


Figura 11. Distribución potencial futura de *Algansea avia*.

*Cyprinella panarcys* (Hubbs & Miller 1978)

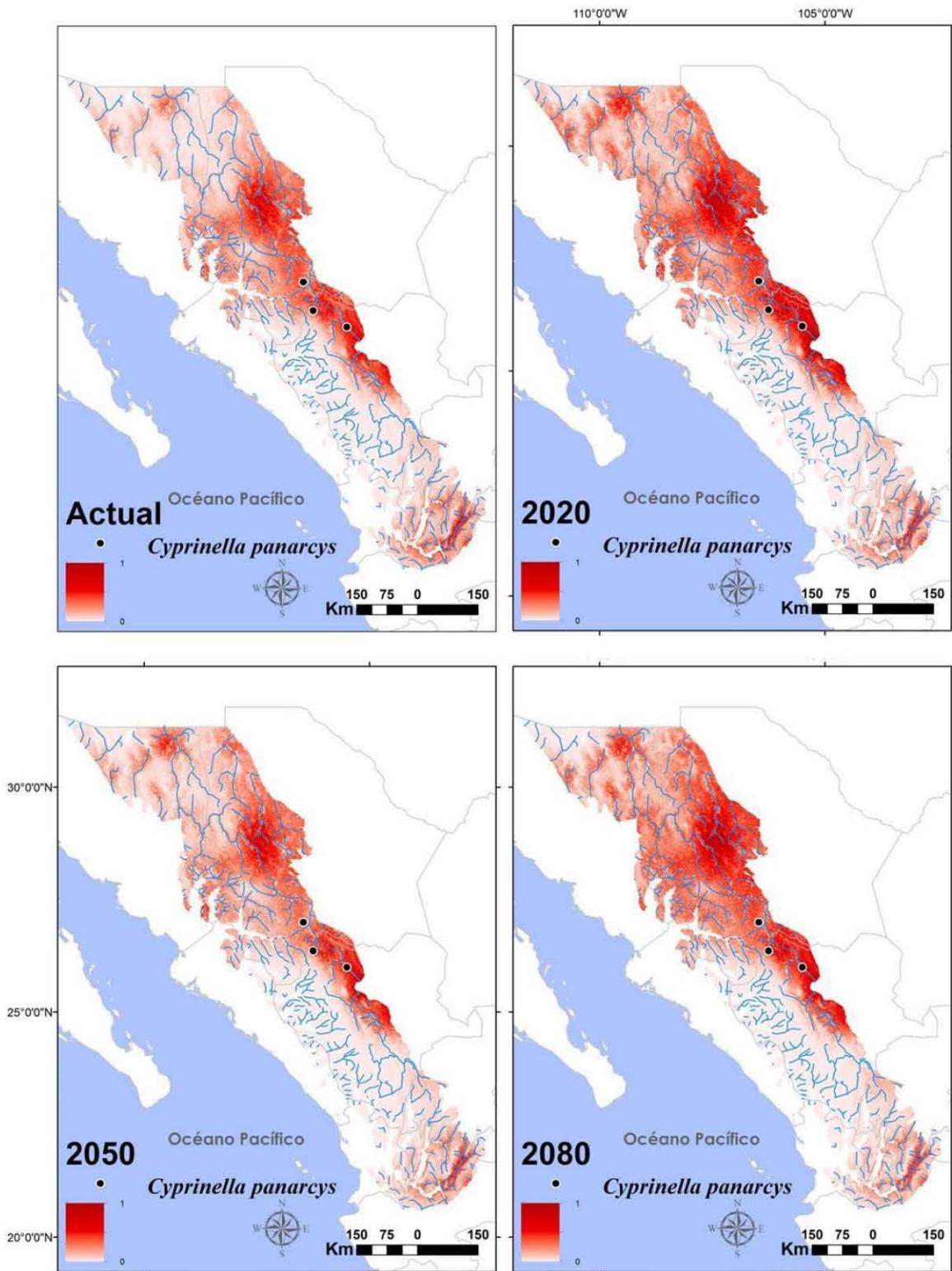


Figura 12. Distribución potencial futura de *Cyprinella panarcys*.

*Notropis aulidion* Chernoff & Miller 1986

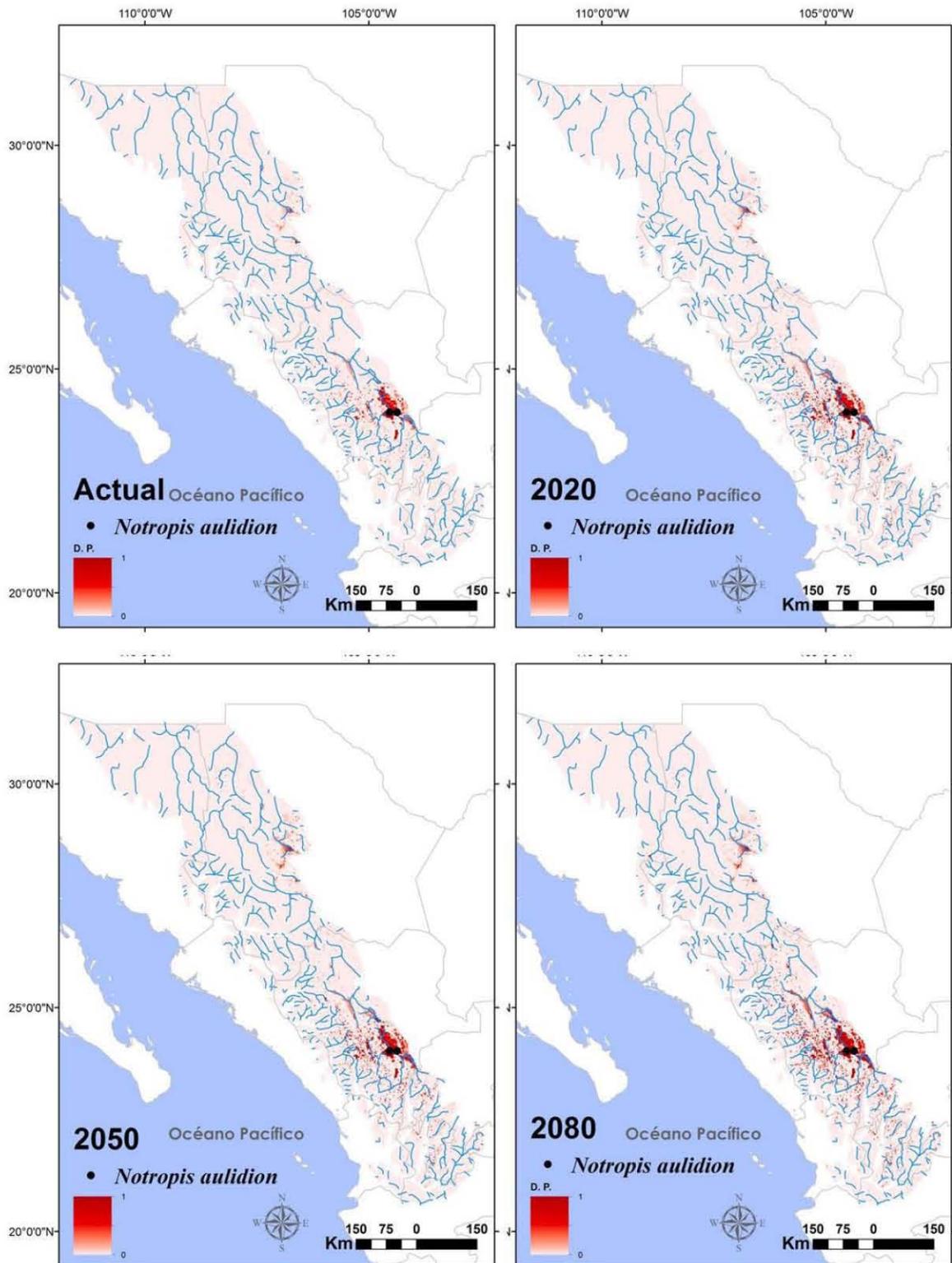


Figura 13. Distribución potencial futura de *Notropis aulidion*.

*Catostomus leopoldi* Siebert & Minckley, 1986

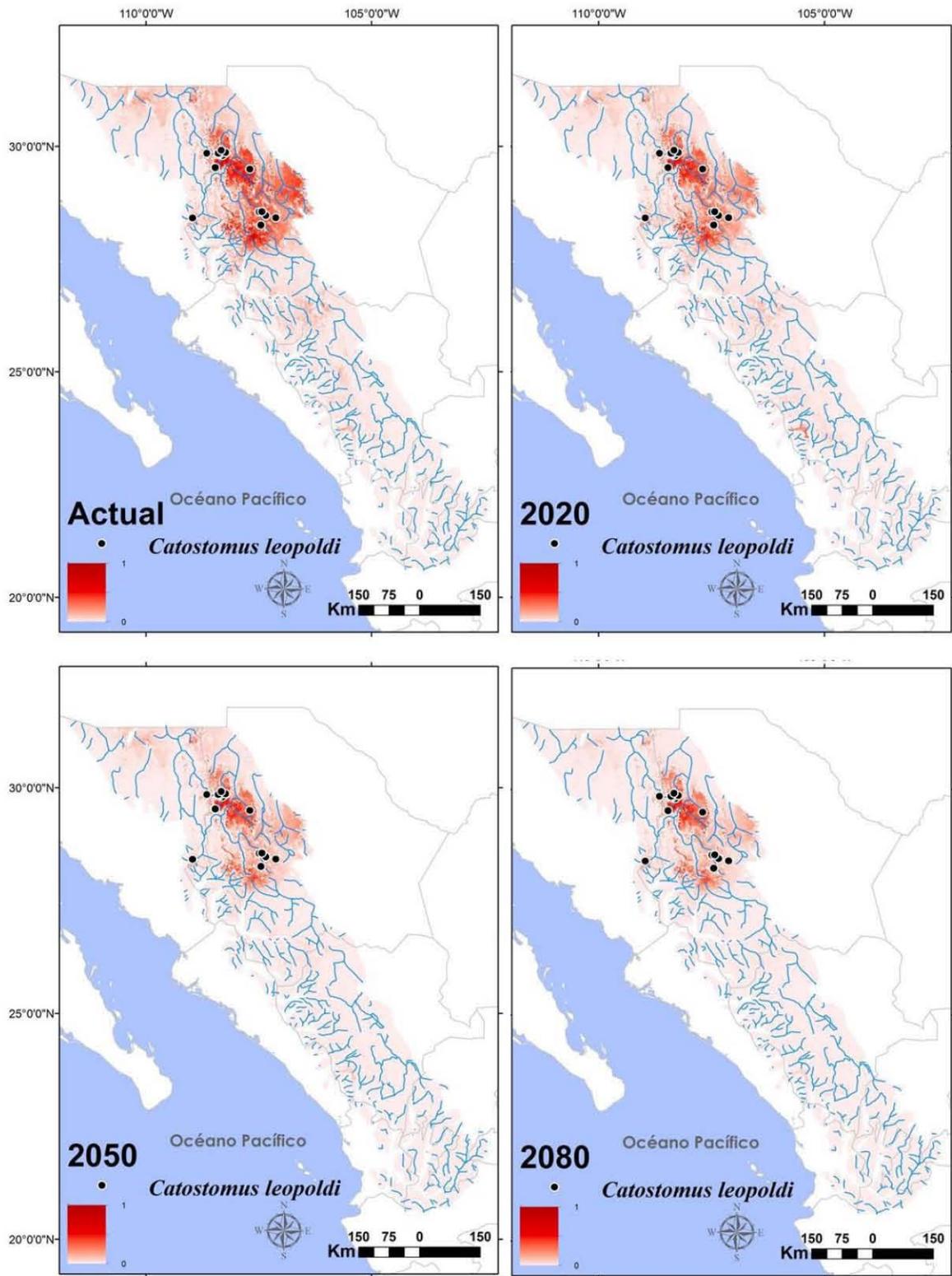


Figura 14. Distribución potencial futura de *Catostomus leopoldi*.

*Catostomus wigginsi* Herre & Brock, 1936

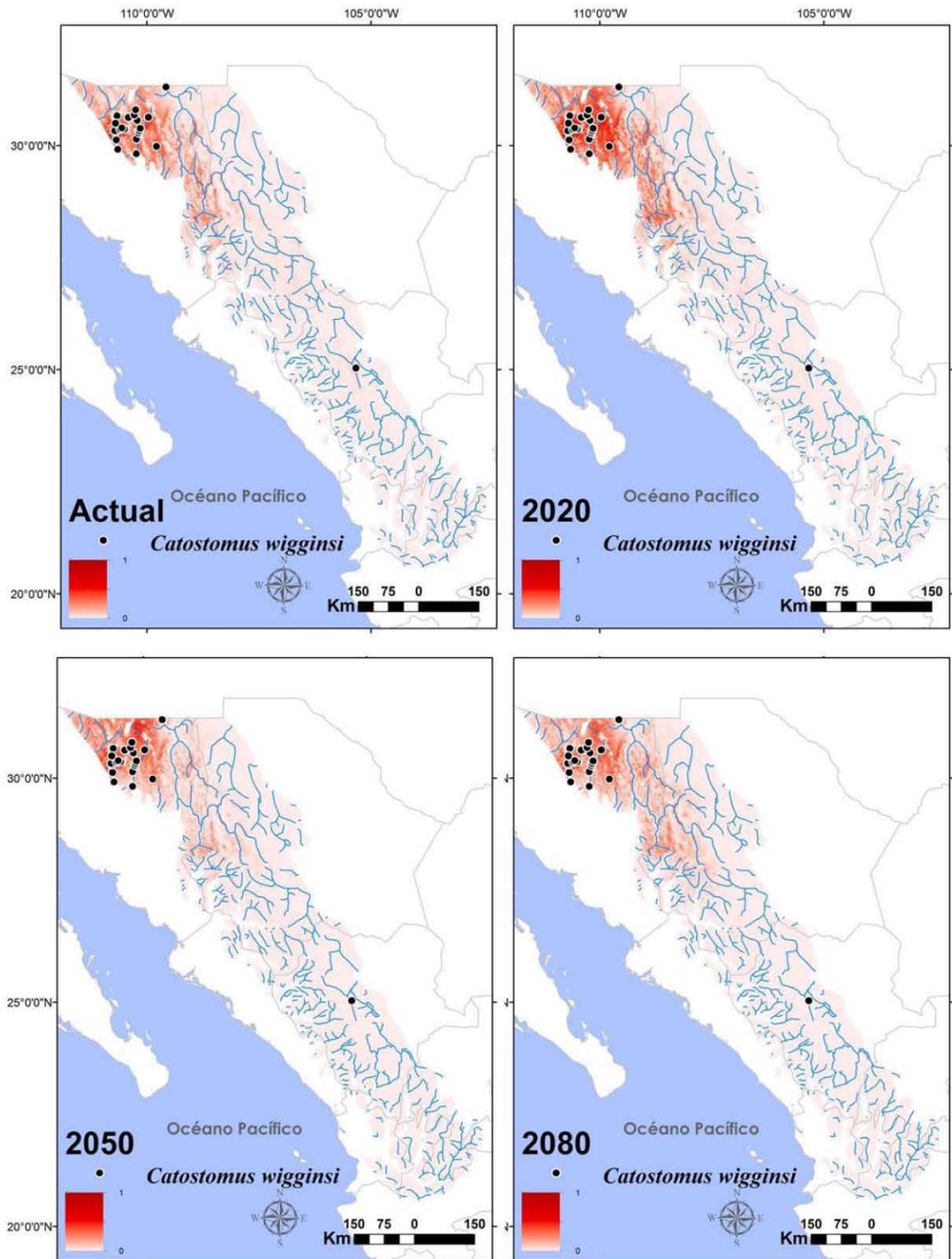


Figura 15. Distribución potencial futura de *Catostomus wigginsi*.

## *Moxostoma mascotae* Regan 1907

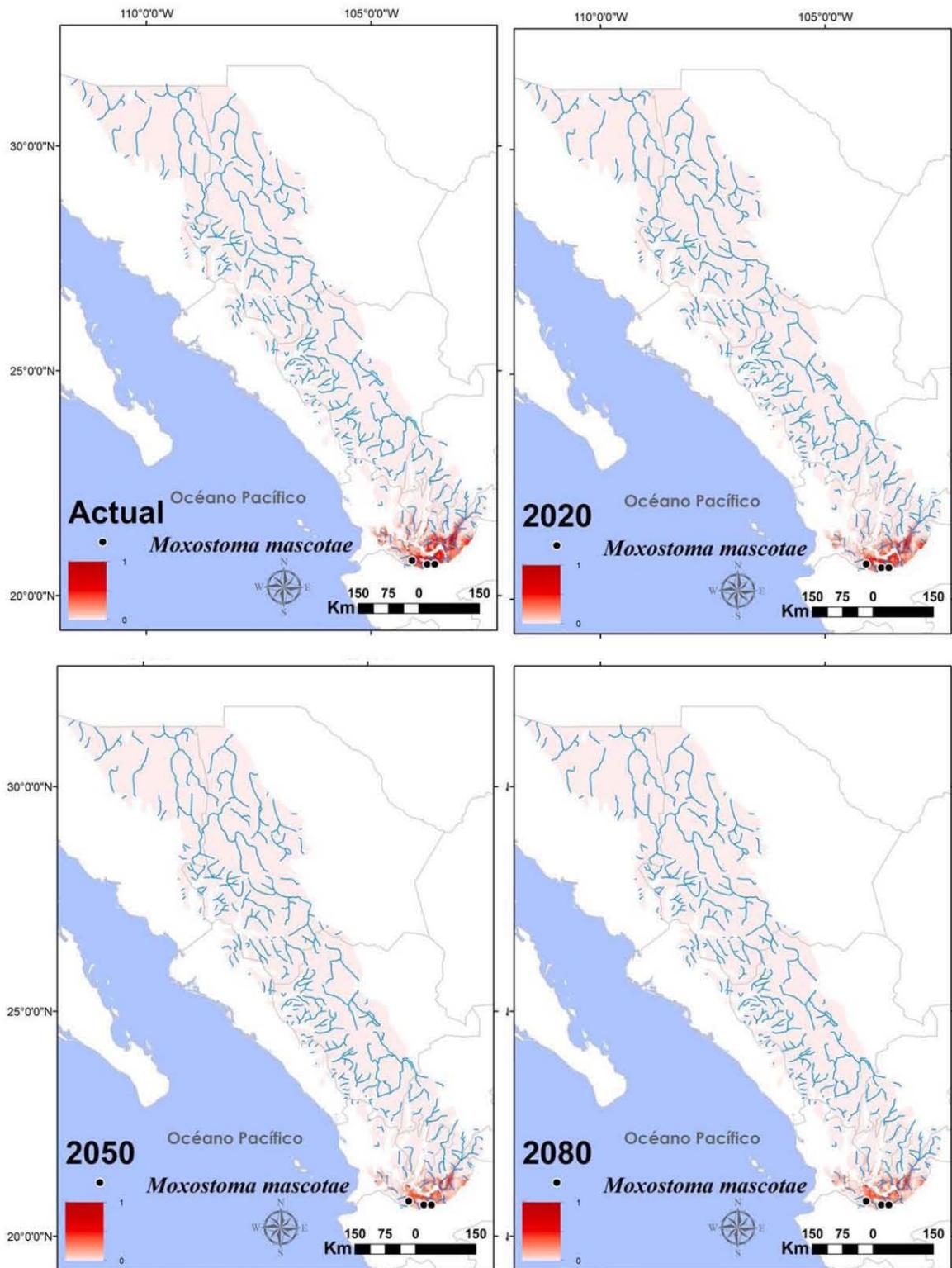


Figura 16. Distribución potencial futura de *Moxostoma mascotae*.

*Oncorhynchus chrysogaster* (Needham & Gard 1964)

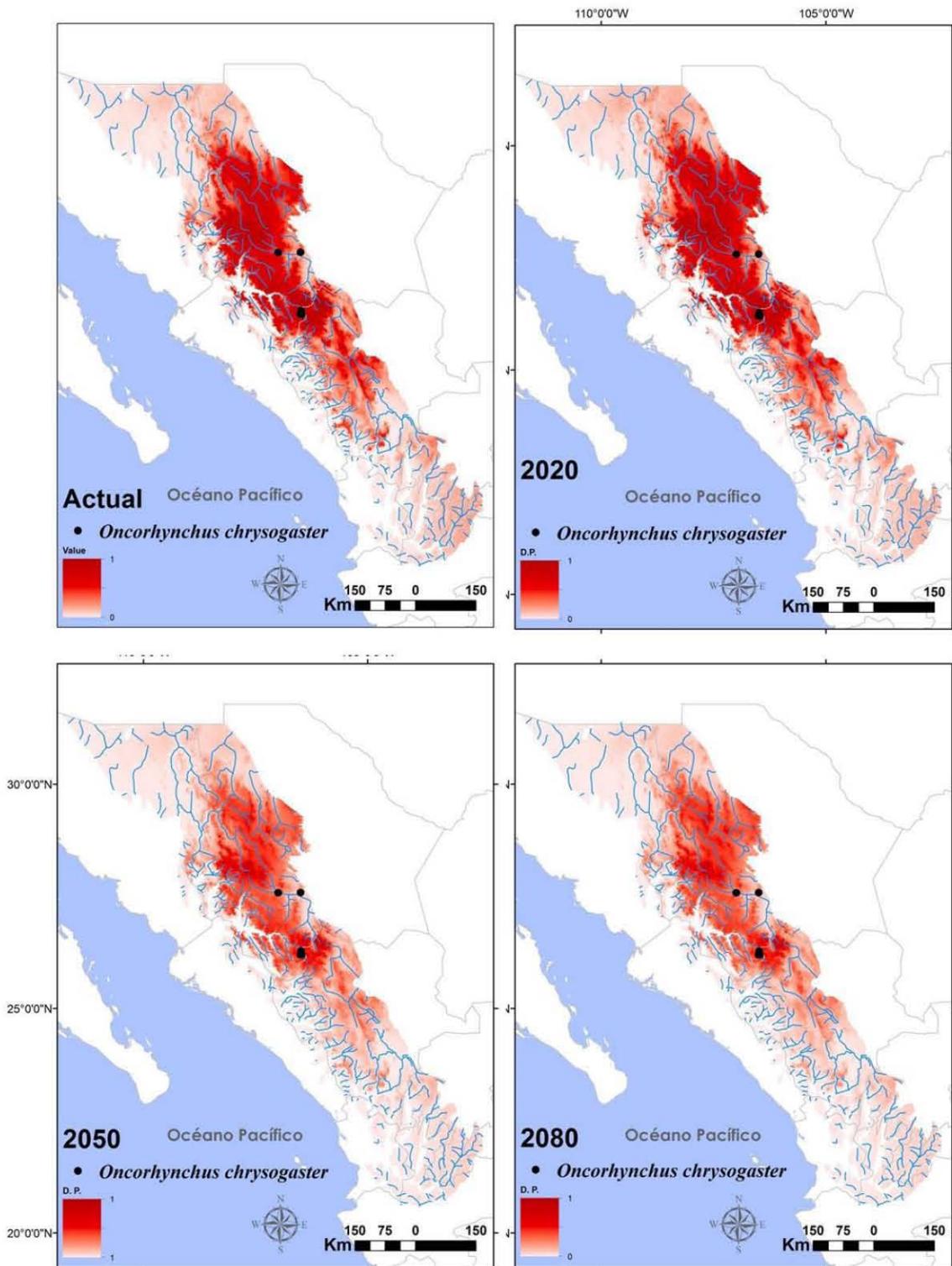


Figura 17. Distribución potencial futura de *Oncorhynchus chrysogaster*.

*Gobiesox fluviatilis* Briggs & Miller 1960

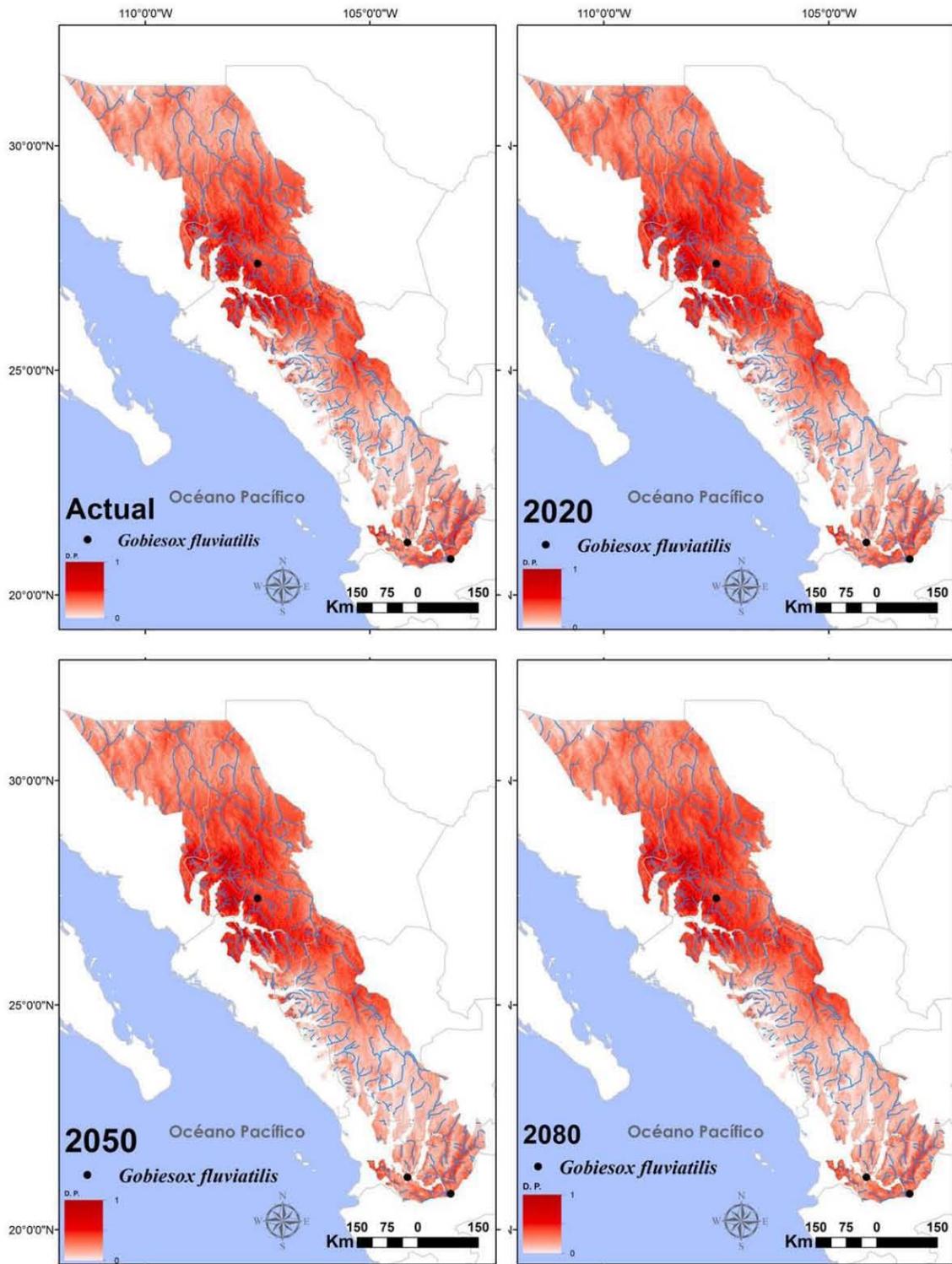


Figura 18. Distribución potencial futura de *Gobiesox fluviatilis*.

*Characodon audax* Smith & Miller, 1986

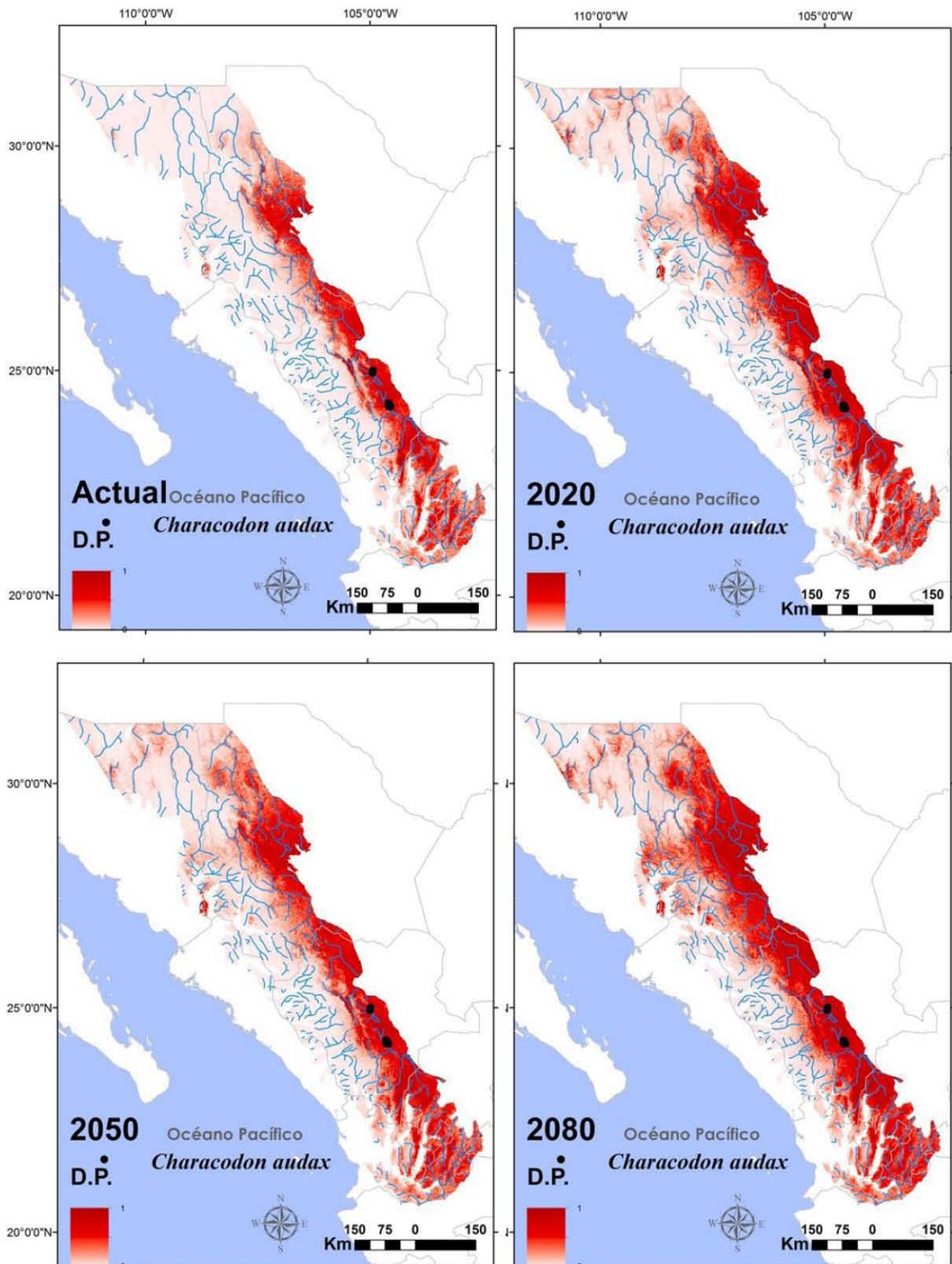


Figura 19. Distribución potencial futura de *Characodon audax*.

*Characodon lateralis* Günther, 1866

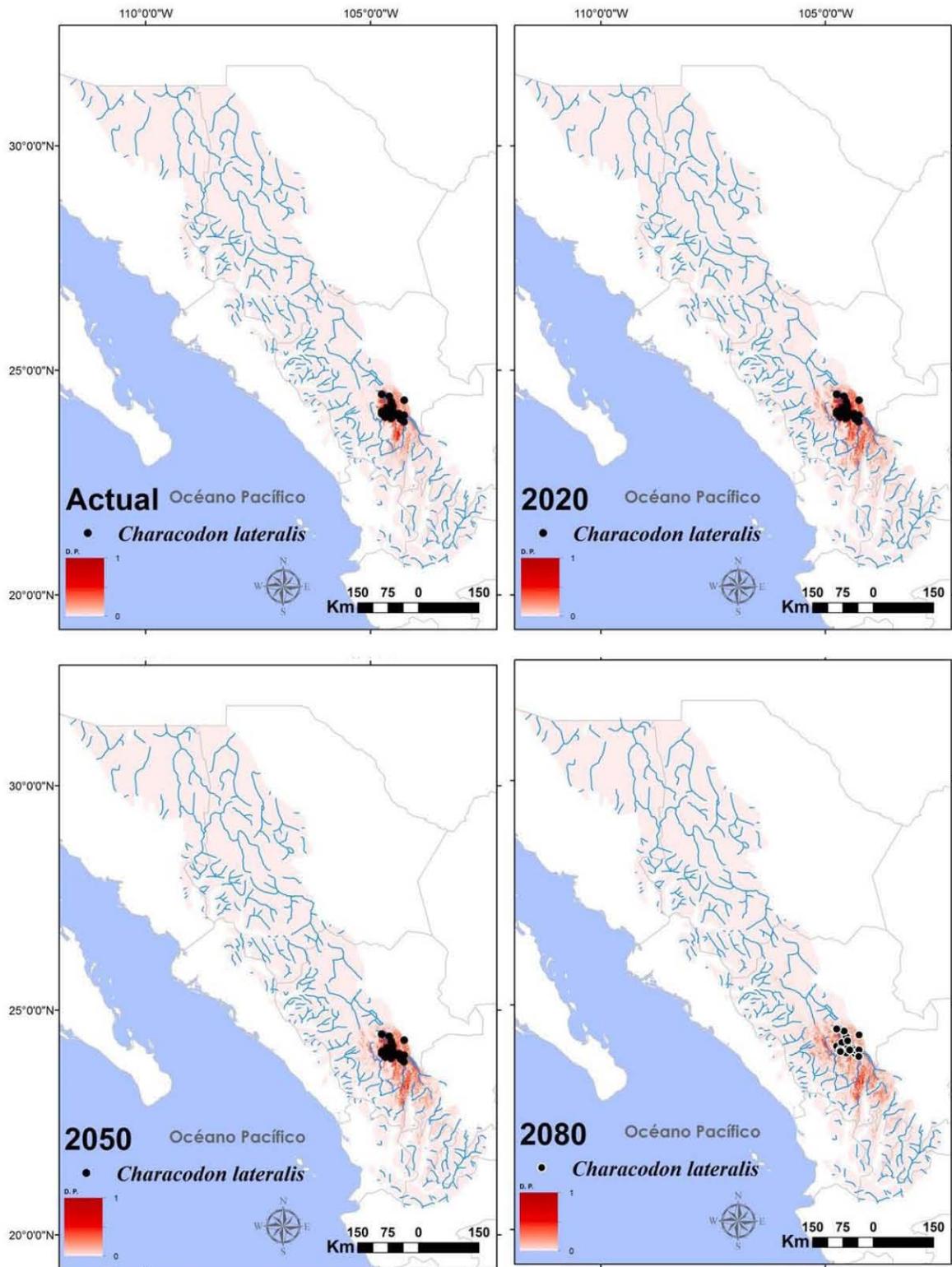


Figura 20. Distribución potencial futura de *Characodon lateralis*.

*Allotoca maculata* Smith & Miller 1980

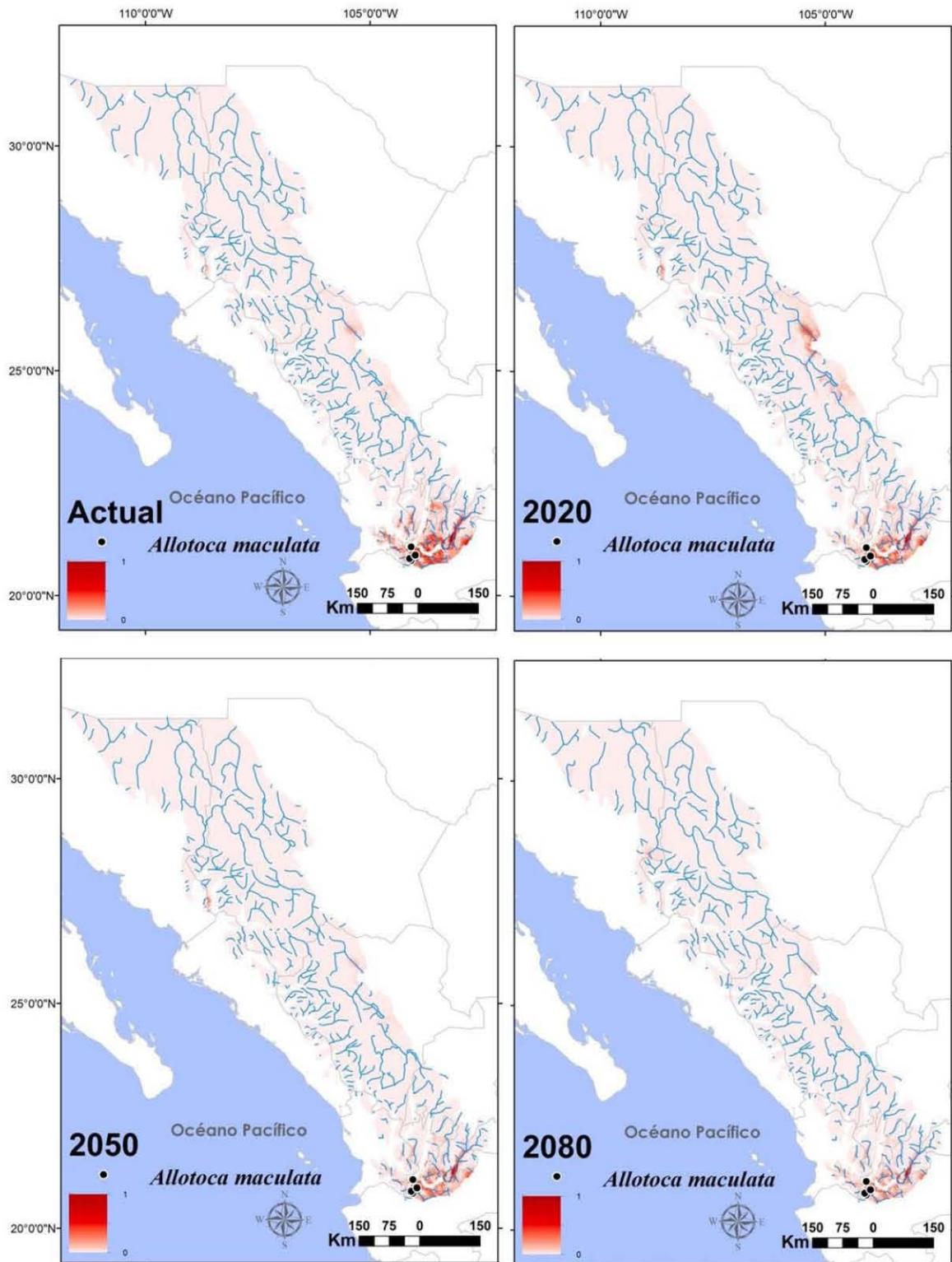


Figura 21. Distribución potencial futura de *Allotoca maculata*.

*Cyprinodon meeki* Miller 1976

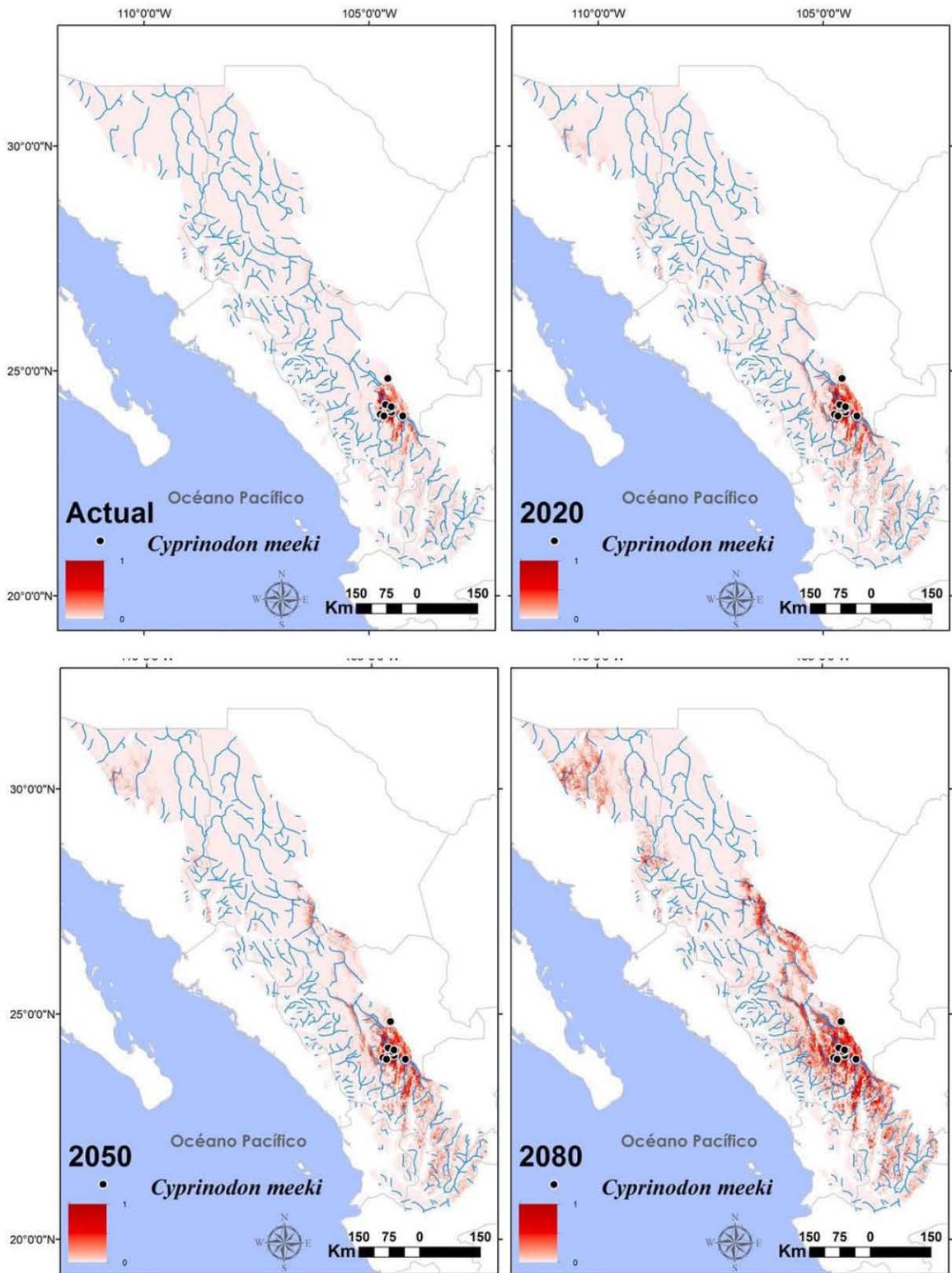


Figura 22. Distribución potencial futura de *Cyprinodon meeki*.

## *Cyprinodon nazas* Miller 1976

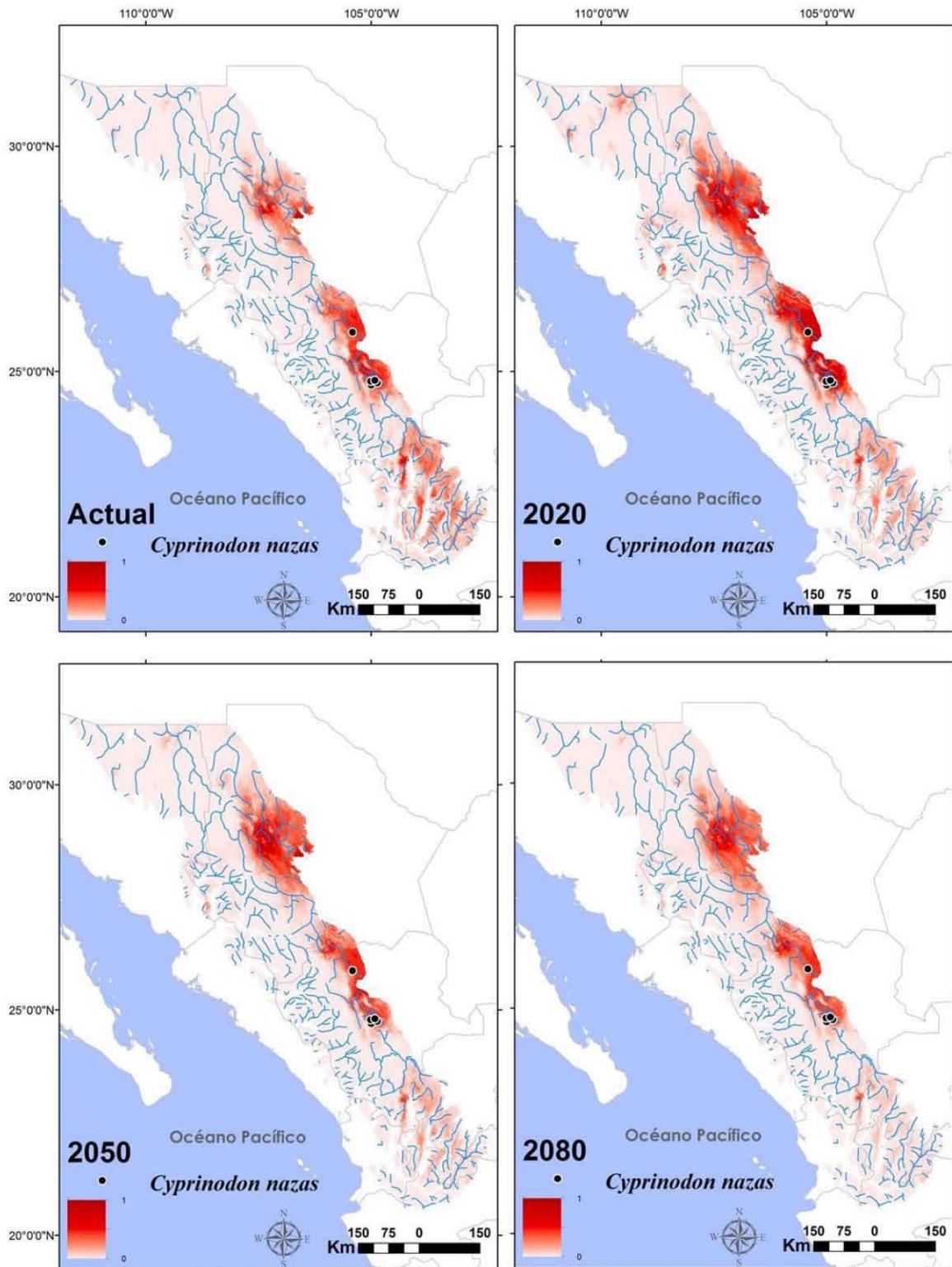


Figura 23. Distribución potencial futura de *Cyprinodon nazas*.

*Poeciliopsis latidens* (Garman 1895)

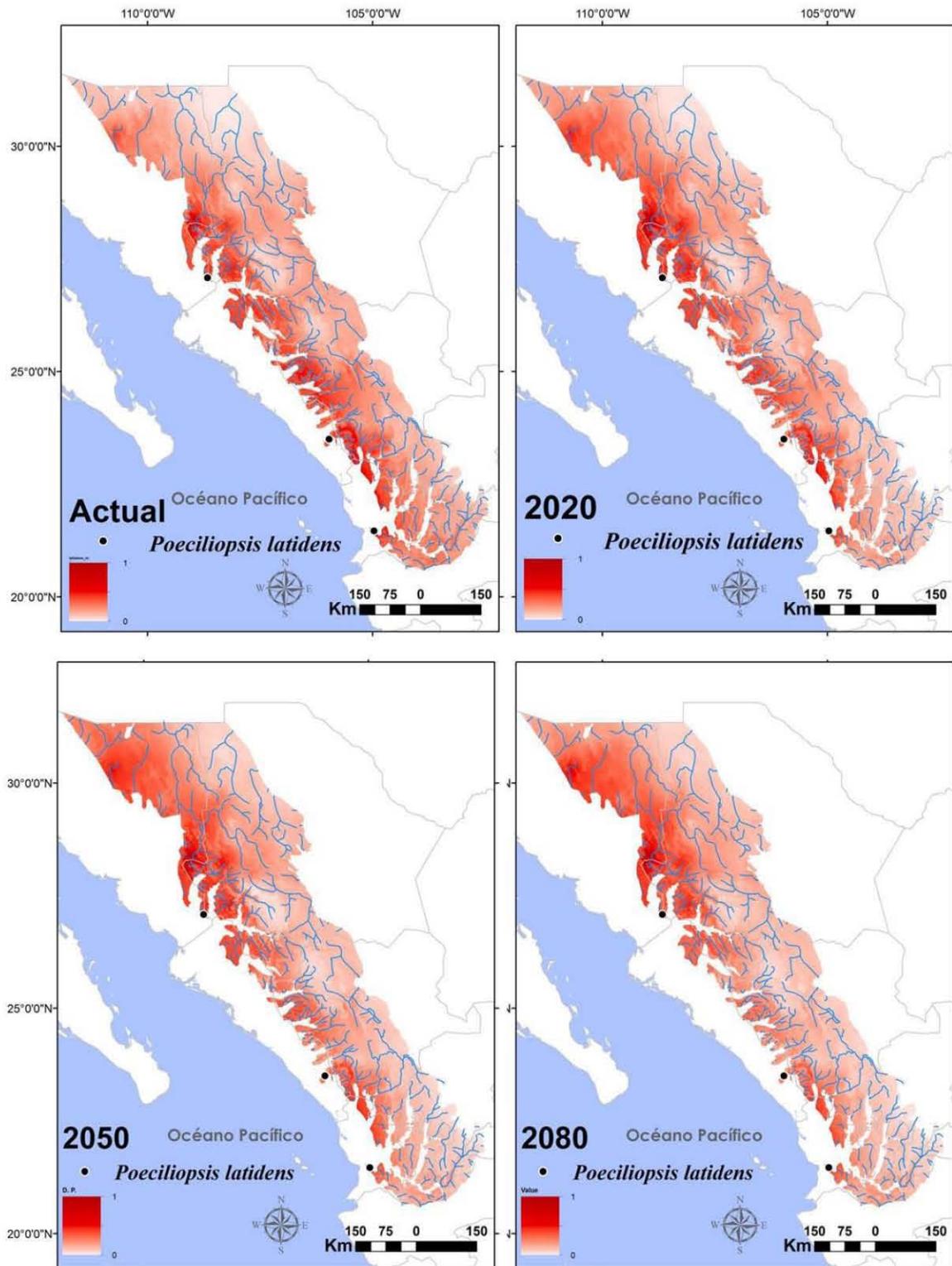


Figura 24. Distribución potencial futura de *Poeciliopsis latidens*.

## Discusión

### *Datos descartados*

De los 2,947 registros, sólo fueron considerados 2,242 debido a que las bases de datos contienen información incompleta, ambigua e incluso errónea, como lo fue la falta de referencias geográficas, ya que son indispensables para poder graficar el sitio de colecta preciso y de esta manera conocer la información ambiental de dicha zona. Desafortunadamente, la descripción del sitio de colecta llega a ser imprecisa, por ejemplo: *Cyprinodon eximius* (ANSP-75280) cuya localidad se describe como Chihuahua, México. Este tipo de información puede ser interpretada de diferentes maneras y escalas. El factor que se consideró más relevantes en el momento de la depuración, es la información errónea, ya que algunos registros refieren en sitios geográficos a especies que no es posible su establecimiento como es el caso de *Trachinotus rhodopus* (CMN CMNFI 1968-0448.7), *Diapterus peruvianus* (CNPE-IBUNAM-110), *Pomadasys macracanthus* (CNPE-IBUNAM-187) registradas en Sinaloa, pero sus coordenadas (27.167°N, -106.417°W) corresponden al estado de Chihuahua, *Lutjanus novemfasciatus* (UMMZ-172090), *Mugil curema* (UMMZ-172091), *Eucinostomus currani* (UMMZ-172093), *Pomadasys bayanus* (UMMZ-172094), *Gobiomorus polylepis* (UMMZ-172095), *Dormitator latifrons* (UMMZ-172098) y *Lutjanus argentiventris* (UMMZ-187458) reportadas en Nayarit; ya que se tratan de especies marinas, las cuales no pueden llegar hasta la SMOc por causa natural, ni por las condiciones ambientales que presenta el sitio.

También fueron descartados aquellos registros de especies indeterminadas ("sp."), ya que no pudieron ser revisados ya sea por falta de ejemplar utilizado para la diagnosis (por ejemplo los poecílidos machos) los cuales presentan caracteres de importancia taxonómica, o por la disponibilidad de ejemplares provenientes de otras colecciones biológicas (mayoritariamente de Estados Unidos); por ejemplo *Goodea* sp. (TU-30770), *Agosia* sp. (TU-30604), *Gambusia* sp. (CNPE-IBUNAM-15728).

En el caso de las truchas *Oncorhynchus* sp. que se han colectado a lo largo de la SMOc es posible que se trate de nuevas especies nativas, pues así lo han sugerido estudios

taxonómicos, genéticos y morfológicos desarrollados por Hendrickson *et al.* (2002), Mayden *et al.* (2013), Xu y Mayen (2013) y estudios de distribución potencial que actualmente se llevan a cabo bajo la línea de investigación del Dr. Arturo Ruiz Luna en el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C., Coordinación de Acuicultura y Manejo Ambiental (Mazatlán, Sinaloa).

Finalmente se excluyeron aquellas especies cuya distribución conocida no coincidía con la SMOc, y que probablemente se trata de determinaciones erróneas: *Gambusia longispinis* (CNPE-IBUNAM-15758) que se registra en Durango, pero de acuerdo con Miller *et al.* (2005) y Lambarri (2012) se encuentra limitada al Bolsón de Cuatro Ciéneas, e *Ictalurus mexicanus* (CNPE-IBUNAM-6911) reportado para la Presa Achoquen (Apozol, Zacatecas) con un sólo registro, que de acuerdo con Miller *et al.* (2005) esta especie se distribuye en el sistema del Río Pánuco, San Luis Potosí, donde se han encontrado poblaciones no descritas y poco estudiadas.

### *Diversidad*

Gran parte de la diversidad íctica de la SMOc se encuentra subestimada, ya que en tan sólo 22 de las 34 cuencas hidrográficas se registró al menos una especie, esto se debe principalmente al poco esfuerzo de muestreo hacia las cuencas centrales (cuenca de los ríos Sinaloa, Piaxtla, Presido, Baluarte y San Lorenzo), pues en comparación con las cuencas del norte, éstas poseen poca información de colectas. Debido a su localización geográfica pudieran ser zonas clave para encontrar el sobrelapamiento de fauna Neártica y Neotropical, ya que la SMOc se localiza en la zona de transición y algunos miembros de las familias Cichlidae, Characidae y Poeciliidae extienden su distribución hacia el norte.

En cuanto a la diversidad Beta, se encontró que el Lago Babícora y Lago Bustillos son los más parecidos en cuanto a la diversidad de especies, esto puede explicarse dado que, al ser cuencas endorreicas pertenecientes a la región hidrológica de las cuencas centrales del norte, tienen un origen geológico común, en el norte de México se efectuaron diversos cambios en la hidrología por eventos geológicos los cuales generaron mayor caudal hídrico en comparación con la actual, y que al compararse con la afinidad de

la ictiofauna en estas cuencas interiores, se atribuyen como tributarios del Río Bravo en el pasado, que posteriormente el drenaje quedó aislado de los afluentes del Atlántico y del Pacífico (Meek, 1904).

Los cuatro grupos distinguibles en los cluster de similitud, se asocian principalmente por la cercanía geográfica entre las cuencas que conforman a cada grupo (Figs. 6 y 7) y la más importante, por su origen geológico, ya que tanto los ríos de la vertiente del pacífico como las cuencas endorreicas formaron parte del sistema del Río Bravo y que gracias al levantamiento de la sierra por movimientos tectónicos quedaron aislados (cuencas endorreicas) o cambiaron de dirección hacia el Pacífico (Meek, 1904).

El registro de *Poeciliopsis* sp. (KU 4454, 4455) en la Cuenca del Río Sinaloa se descartó del análisis de diversidad beta, ya que al ser una especie indeterminada no se puede comparar con otras especies de este género.

#### *Variables ambientales y distribución potencial*

El modelo indicó que las relaciones entre grupos de variables ambientales y presencias de especies son congruentes, pues se encontró que la estacionalidad de precipitación influye directamente en la distribución de todas las especies, la cual representa los periodos de lluvias durante año que influyen directamente en el nivel de los cuerpos hídricos. La elevación también resultó determinante para realizar las predicciones de idoneidad del hábitat, que a mi parecer, es la más importante debido a que los gradientes altitudinales generan variación en la temperatura y de acuerdo con Matthews (1998) y Castillo (2011) este factor afecta la distribución de peces, provocando patrones zoogeográficos, además que la temperatura juega un papel importante en la ecofisiología de los organismos, ya que condiciones extremas pueden ocasionar estrés.

Esto es lógico al extrapolarlo con la biología de las especies, pues si consideramos al menos la elevación, las condiciones ambientales cambian desde altitudes cercanas al nivel del mar hasta las más elevadas (> 3,000 m.s.n.m), y a través de estos cambios se distinguen especies que apenas pueden sobrepasar los 1, 000 m.s.n.m como *Atherinella*

*crystallina*, cuya distribución abunda siguiendo la línea de costa del Pacífico, sin embargo se encontró en los 2,100 m.s.n.m en Nayarit (UMMZ-173619), lo cual resulta interesante investigar el por qué de su desplazamiento hacia altitudes mayores.

Los mapas que se obtuvieron muestran las distribuciones potenciales, parecidas a las reales, pues los resultados de las curvas ROC (Receiver Operating Characteristic que describen la tasa de identificación correcta de presencias contra la tasa de falsas alarmas) fueron óptimos, ya que las pruebas AUC y Jackknife (Pearson et al., 2007) sugieren que la predicción realizada por Maxent es diferente al azar.

No obstante, no se pudo hacer la predicción con las especies que contaban sólo con una presencia (un registro), las cuales fueron *Gila brevicauda* (UMMZ-208179, 212311 y 240260, Fig. 6.22), *Rhinichthys cobitis* (UMMZ-162682, Fig. 6.38), *Ameca splendens* (UMMZ-202412, Fig. 6.70), *Characodon garmani* (USNM-55791, Fig. 6.72), *Poeciliopsis lucida* (UMMZ-179787, Fig. 6.92), *Ambloplites rupestris* (UMMZ-208261, Fig. 6.99) y *Parachromis managuensis* (MCZ-90850, Fig. 6.112).

#### *Cambios en la distribución ante el Cambio Climático*

Se emplearon variables ambientales de clima futuro, para los escenarios de cambio climático, a partir de ello, se pudo predecir cómo una especie es afectada por las condiciones de cambio climático futuro (específicamente las especies endémicas) y qué parte de su ámbito de distribución será más afectado. Esto es una herramienta valiosa para establecer prioridades de conservación u otras estrategias para desarrollar políticas de conservación desde la perspectiva de los nichos potenciales de las especies, así como las amenazas potenciales que trae el cambio climático global para la biodiversidad (Peterson, et al. 2001, Pearson et al., 2005; Pearson y Dawson, 2004).

La distribución potencial futura para disminuye notablemente para *Algansea avia*, *Catostomus leopoldi*, *Catostomus wigginsi*, *Moxostoma mascotae*, *Oncorhynchus chrysogaster*, *Allotoca maculata*, *Cyprinodon nazas* (Figs. 11, 14, 15, 16, 17,21 y 23), muy poca en *Gobiesox fluviatilis*, *Characodon lateralis* y *Poeciliopsis latidens* (Figs. 18, 20 y 24);

mientras que *Cyprinella panarcys* presenta una disminución en la parte sur y tiende a desplazarse hacia el norte (Fig. 12).

De acuerdo con el modelo, las condiciones futuras no afectarían notoriamente la distribución de *Notropis aulidion* (Fig. 13), sin embargo vale la pena recordar que esta especie está extinta, así que de encontrarse aún, las condiciones ambientales serían adecuadas para su establecimiento, lo cual permite exponer que las variables ambientales *per se* no contribuyeron a la extinción de la especie, Miller *et al.* (1989) menciona que esta especie se extinguió debido a la afectación de los cuerpos acuíferos por contaminación e introducción de especies exóticas.

Finalmente los sitios viables para la distribución de *Characodon audax* y *Cyprinodon meeki* (Figs. 19 y 22) incrementan para 2080, en este caso las condiciones ambientales futuras serían óptimas para estas especies, sin embargo, habrá que tomarse en cuenta datos poblacionales para respaldar esta predicción.

Muchos estudios que modelan la distribución futura y cambio climático (Rodríguez *et al.*, 2003; Araujo *et al.*, 2005; Pearson y Dawson, 2004; Peterson y Shaw, 2003; Sigüenza, 200; Mijail, 2009) concuerdan en que el aumento del calentamiento global afectan la biodiversidad a diferentes escalas y en formas diferentes, tales como el desplazamiento de zonas de vegetación o biomas (en este estudio hacia la zona norte de la SMOc y cuencas a mayor elevación sobre el nivel del mar); cambios en los ámbitos de distribución de algunas especies y en la composición de las comunidades así como diversas interacciones entre los efectos del cambio climático y la fragmentación del hábitat, lo cual lleva a cambios en el funcionamiento de los ecosistemas.

Cotler *et al.* (2013) mencionan que “... uno de los principales impactos del cambio climático ocurre en la dimensión del agua. Los cambios en los patrones de temperatura y de precipitación proyectados afectarán la dinámica hidrológica y, con ello, el aporte de agua disponible para las actividades productivas y el consumo humano, así como la mayor ocurrencia de eventos extremos como las sequías y las inundaciones” por lo que se

considera a las cuencas hidrográficas como unidad para la planeación, gestión y adaptación al cambio climático (ENCC 2013).

En términos de cambio evolutivo, el cambio en la distribución de las especies frente al cambio climático tiene consecuencias en el desplazamiento (aclimatación fisiológica y adaptación de las nuevas condiciones) que es fácil observar en especies migratorias, o a la extinción local (Peterson, et al. 2001 y Mijail, 2009). La vagilidad de las especies es el factor crucial para la sobrevivencia ante estos cambios, ya que las tasas de cambio evolutivo no son tan rápidas como se necesitaría para que muchas de las especies se adapten a las condiciones ambientales futuras, sin embargo al tratarse de sistemas aislados, las cuencas hidrográficas de la SMOc no están conectadas entre sí, por lo que el desplazamiento natural de las especies no se llevaría a cabo.

Desde el punto de vista geográfico, la zona que se presentaría como más afectada, es la zona sur de la SMOc así como las partes más bajas, principalmente las cuencas que drenan hacia el Pacífico. Siendo las cuencas del río Presidio, Piaxtla y Fuerte más cambiantes en las condiciones ambientales de acuerdo con las predicciones de distribución potencial futura.

## **Conclusión**

El presente trabajo muestra un panorama general acerca de cómo está representada la diversidad íctica en la Sierra Madre Occidental. De acuerdo con el número de muestreos y sitios de colecta la diversidad de la SMOc se encuentra subestimada, sin embargo los modelos permiten la elaboración de mapas de distribución potencial de especies partiendo de información escasa y dispersa nos da una aproximación de aquellos sitios que aún no han sido explorados, de esta manera se pueden hacer proyecciones para escenarios futuros de cambio climático, en los cuales se mostró la afectación de las condiciones climáticas futuras en los sitios viables para la distribución de la ictiofauna del sur y partes bajas de la SMOc.

De acuerdo con el modelo, se puede inferir que la distribución de las especies que habitan en la región Neártica se verían afectada bajo las condiciones ambientales futuras, particularmente las especies de las familias Cyprinidae y Catostomidae, las cuales contienen el mayor número de endemismos (12 y 5 especies respectivamente), favoreciéndose la distribución hacia la zona norte de la SMOc de especies que se distribuyen en la parte transicional (*Characodon audax*) y la región Neotropical (*Cyprinodon meeki*).

Este trabajo contribuye con la identificación de sitios prioritarios para la conservación de la ictiofauna dulceacuícola, la cual debe tomarse en cuenta para programas de planeación y gestión ambiental que, de acuerdo con la visión a futuro que plantea la Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENCC 2013), se planea en los primeros diez años la protección ecosistemas más vulnerables, así como la conservación y uso sustentables de los ecosistemas del país.

Teniendo en cuenta la información recabada en el presente estudio, se propone:

- Considerar las cuencas del Río Yaqui, Río San Pedro, Río Nazas, Río Santiago y Río Bravo como áreas prioritarias para la conservación, ya que alberga la mayor diversidad de la ictiofauna de la SMOc, además que la distribución potencial arroja mayor probabilidad de sitios idóneos en las mismas, las cuales funcionarían como refugios de la fauna local, que podría desplazarse ante los efectos de cambio climático. Además que son áreas vulnerables, y de riesgo, frente a la urbanización y el uso inadecuado de los sistemas hídricos.
- Realizar colectas principalmente en las zonas poco exploradas, como es el caso de la cuenca del Río Sonoyta (Sonora), Lago Los Moscos (Chihuahua), Arroyo rincón de Chihuahua, Los ríos Sinaloa, Culiacán, San Lorenzo, Elota, Piaxtla (en Sinaloa y Durango) y los ríos El Palillo, El Naranjo, Ixtapan y Huicila (Nayarit) y otras cuencas, para mantener actualizada la información acerca del inventario íctico en las cuencas hidrográficas, así como el control y manejo de especies exóticas que pudieran estar afectando las poblaciones de la fauna nativa y el ecosistema.

## Literatura citada

- Álvarez, M. 2004. *Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Programa de Inventarios de Biodiversidad, Grupo de Exploración y Monitoreo Ambiental (GEMA). pp. 185-225
- Aranda J. J., C. D. Henry, y J. Luhr. 2000. *Evolución tectonomagmática post-paleocénica de la Sierra Madre Occidental y de la porción meridional de la provincia tectónica de Cuencas y Sierras, México*. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 53(1): 59-71.
- Araujo, M. B., R. G. Pearson, W. Thuiller y M. Erhard. 2005. *Validation of species–climate impact models under climate change*. Global Change Biology, 11: 1504-1513.
- Arriaga, L., C. Aguilar, D. Espinosa y R. Jiménez. 1997. *Regionalización ecológica y biogeográfica de México*. Taller de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), México, D.F. 98 p.
- Cabrera, A. L. y A. Willink. 1973. *Biogeografía de América Latina*. Monografía 13, Serie de Biología, Organización de Estados Americanos, Washington, D.C. 117 p.
- Castillo, P. 2011. *Uso de modelos de nicho ecológico para el análisis de la distribución geográfica y ambiental a escala regional de la ictiofauna continental del estado de Tabasco*. Tesis de Maestría. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM. 56 p.
- Colwell, R. K., y J. A. Coddington. 1994. *Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation*. Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences, 345 (1311): 101-118.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), (1997). *Provincias biogeográficas de México*. Escala 1:4 000 000. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, D. F.

- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 2008. *Georreferenciación de localidades de Colecciones Biológicas*. Manual de Procedimientos. México. 177 p.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 2013. *Sistema de información sobre especies invasoras en México*. Disponible en: <http://www.biodiversidad.gob.mx/invasoras>
- Cotler, H., A. Galindo, I. D. González, R. F. Pineda y E. Ríos. 2013. *Cuencas hidrográficas. Fundamentos y perspectivas para su manejo y gestión*. Cuadernos de divulgación ambiental. Red Mexicana de Cuencas Hidrográficas, México. 31 p.
- Domínguez, O., E. Martínez, L. Zambrano, y G. Pérez. 2006. *Using ecological–niche modeling to prioritize conservation areas in the Mesa Central of Mexico: a case study with livebearing freshwater fishes (Goodeidae)*. *Conservation Biology* 20: 1730–1739.
- Domínguez, O., M. Vila, R. Pérez, N. Remón e I. Doadrio. 2011. *Complex evolutionary history of the Mexican stoneroller *Campostoma ornatum* Girard, 1856 (Actinopterygii: Cyprinidae)*. *BMC Evolutionary Biology* 11:153.
- ENCC. 2013. *Estrategia Nacional de Cambio Climático*. Visión 10-20-40 Gobierno de la República, México. 60 p.
- Eschmeyer, W. N. y R. Fricke (Eds.). *Catalog of Fishes*. Versión electrónica en <http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>, consultada por última vez 3 de diciembre de 2013.
- Espinosa, H., M. T. Gaspar y P. Fuentes. 1993a. *Los Peces Dulceacuícolas Mexicanos*. Listados Faunísticos de México III. Instituto de Biología, UNAM. México, 99p.
- Espinosa, H. y L. Huidobro. 2005. *Ictiogeografía de los peces dulceacuícolas de la vertiente del Golfo de México*. En: *Regionalización biogeográfica en Iberoamérica y tópicos afines*, J. Llorente y J. J. Morrone (eds.). Las prensas de Ciencias, Facultad de Ciencias. UNAM. p. 295-318

- Espinosa, H., L. Huidobro y F. García de León. 2004. *Ictiofauna*. En: Biodiversidad de la Sierra Madre Oriental, I. Luna, J. J. Morrone y D. Espinosa. Las Prensas de Ciencias-CONABIO, México, D. F. p. 339-352.
- Espinosa, H., P. Fuentes, M. T. Gaspar y V. Arenas. 1993b. *Notes on diversity of Mexican Ichthyofauna*. En: Biological diversity of México, T. P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot y J. Fa. (Eds.). Oxford University Press, New York. p. 229-251.
- Espinosa, H. 2014. *Biodiversidad de peces en México*. Revista Mexicana de Biodiversidad, Supl. 85: S450-S459.
- Ferrusquía, I. 1998. *Geología de México: una sinopsis*. En: Ramamoorthy, T. P., R. Bye, A. Lot y J. F.A. (Comps.). 1998. *Diversidad Biológica de México*. Orígenes y Distribución, Instituto de Biología–UNAM, México. 791 p.
- Froese, R. y D. Pauly. (Edit.) 2013. *FishBase*. World Wide Web electronic publication. [www.fishbase.org](http://www.fishbase.org), versión (12/2013). Consultada por última vez en Enero de 2014.
- GEOLocate Web Application. A platform for Georeferencing Natural History Collections Data. 2013. Tulane University Biodiversity Research Institute. Disponible en: <http://www.museum.tulane.edu/geolocate/web/WebGeoref.aspx>
- Global Biodiversity Information Facility. GBIF data portal. <http://data.gbif.org/welcome.html>. Consultada Enero-Abril, 2013
- Google Earth 7.0.2. 2013. Google Inc. Disponible en línea <http://www.google.es/intl/es/earth/index.html>
- Graham, C., H. Ferrier, S. Huettman, F. Moritz y A. T. Peterson. 2004. *New developments in museum-based informatics and applications in biodiversity analysis*. Trends in Ecology & Evolution 19 (9): 497–503.
- Grinnell, J. 1924. *Geography and Evolution*. Ecology 5:225–229
- Guisan, A. y N. E. Zimmermann. 2000. *Predictive habitat distribution models in ecology*. Ecological Modeling 135: 147-186.
- Halffter, G. 1987. *Biogeography of the montane entomofauna of Mexico and Central America*. Annual Review of Entomology 32: 95-114.

- Halfter, G., J. Llorente y J.J. Morrone. 2008. *La perspectiva biogeográfica histórica*. En: Capital Natural de México. Vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. CONABIO. México. pp. 67-86.
- Hammer, Ø., D.A.T. Harper y P.D. Ryan. 2001. *PAST: Paleontological Statics software package for education and data analysis*. *Paleontología Electrónica* 4 (1): 9 pp.
- Hendrickson, D. A., W. L. Minckley, R. R. Miller, D. J. Siebert y P. H. Minckley. 1981. *Fishes of the Río Yaqui basin, México and the United States*. *Journal of the Arizona-Nevada Academy of Science* 15(3): 65–106.
- Hendrickson, D.A., H. Espinoza, L.T. Findley, W. Forbes, J.R. Tomelleri, R.L. Mayden, J.L. Nielsen, B. Jensen, G. Ruiz, A. Varela, A. van der Heiden, F. Camarena y F.J. García de León. 2002. *Mexican native trouts: A review of their history and current systematic and conservation status*. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 12: 273-316.
- Hutchinson, E.G. 1957. *A Treatise on Limnology*. Chapman and Hall, Nueva York, USA. Vol. 1: 108-114.
- Hutchinson, G. E. 1958. *Concluding remarks*. *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology* 22: 415–427.
- Hutchinson, G. E. y R. H. MacArthur. 1959. *A theoretical ecological model of size distributions among species of animals*. *The American Naturalist* 93: 117-125.
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI), Instituto Nacional de Ecología (INE), Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), 2007. *Mapa de Cuencas Hidrográficas de México, 2007*.
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI), Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) e Instituto Nacional de Ecología (INE), 2008. *Ecorregiones Terrestres de México*. Escala 1:1000000. México.
- IUCN 2013. *IUCN Red List of Threatened Species*. Versión 2013.2. <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>.

- Iwamoto, T., W. Eschmeyer y J. Alvarado. 2010. *Atherinella crystallina*. In: IUCN 2013. IUCN Red List of Threatened Species. Versión 2013.2. <www.iucnredlist.org>. Consultada el 26 de Noviembre de 2013.
- Jones, M. C., S. R. Dye, J. K. Pinnegar, R. Warren y W. W. Cheung. 2012. *Modelling commercial fish distributions: Prediction and assessment using different approaches*. Ecological Modelling 225: 133-145.
- Kobelkowsky, T. 2013. *Patrones biogeográficos de la avifauna de la Sierra Madre Occidental*. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM, México. 53 p.
- Lambarri, C. 2012. *Listado y caracterización molecular de la ictiofauna del estado de Durango*. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM. 130 p.
- López, C. y H. S. Espinosa. 2004. *Peces y Mamíferos de la región de Norogachi, Alta Sierra Tarahumara, Chihuahua*. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional-Durango. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto No. X011. México, D.F.
- Marshall, C. J. y J. K. Liebherr. 2000. *Cladistic biogeography of the Mexican transition zone*. Journal of Biogeography 27: 203-216
- Martínez, N. 2010. *Apuntes sobre modelación de nichos ecológicos*. Laboratorio de Evolución Molecular y Experimental, del Instituto de Ecología, UNAM. pp. 66.
- Mayden, R. L. 1992. *Systematics, Historical Ecology, and North American Freshwater Fishes*. Stanford University Press. Stanford, California. 969 p.
- Mayden, R., G. Karcher, K. Douglas, Q. Xu, C. Dong y N. Shah. 2013. *Biodiversity of Trout in Mexico (Salmonidae: Oncorhynchus): Variation in Some Morphological Traits of Taxonomic Significance*. Comunicación presentada en el Joint Meeting of Ichthyologists and Herpetologists, Albuquerque, New Mexico, USA.
- Meek, S. E. 1904. *The Fresh-water Fishes of Mexico North of the Isthmus of Tehuantepec*. Field Columbian Museum, Zoological Series. Vol. V. Chicago. EUA. 252 p.

- Mendoza, R. y P. Koleff (coords.). 2014. *Especies acuáticas invasoras en México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. pp. 4475-434.
- Miller, R. R., W. L. Minckley, y S. M. Norris. 2005. *Freshwater fishes of México*. The University of Chicago Press, Chicago. 490 p.
- Miller, R. R., D. Williams y J. E. Williams. 1989. *Extinctions of North American fishes during the past century*. Fisheries 14(6): 22-38.
- Minckley, W.L., R.R. Miller, C.D. Barbour, J.J. Schmitter y S.M. Norris. 2005. *Historical Ichthyogeography*. En: Miller, R. R., W.L. Minckley y S.M. Norris (eds.). *Freshwater fishes of México*. The University of Chicago Press, Chicago. pp. 24-47
- Moreno, C. 2001. *Métodos para medir la biodiversidad*. Vol. 1. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, Oficina Regional de Ciencia y Tecnología para América Latina y el Caribe de UNESCO y Sociedad Entomológica Aragonesa. Serie Manuales y Tesis SEA. 84 p.
- Morrone, J. J. 2004. *Panbiogeografía, componentes bióticos y zonas de transición*. Coleopterists Bulletin 48:149-162.
- Morrone, J. J. 2005. *Hacia una síntesis biogeográfica de México*. Revista Mexicana de Biodiversidad 76:207-252.
- Morrone, J. J. 2009. *Evolutionary biogeography: An integrative approach with case studies*. New York, Columbia University Press. 301 p.
- Morrone, J. J., D. Espinosa, C. Aguilar y J. Llorente. 1999. *Preliminary classification of the Mexican biogeographic provinces: A parsimony analysis of endemism based on plant, insect, and bird taxa*. Southwestern Naturalist 44:508-515.
- Morrone, J. J., D. Espinosa y J. Llorente. 2002. *Mexican biogeographic provinces: preliminary scheme, general characterizations, and synonymies*. Acta Zoológica Mexicana 85:83-108.
- Morrone, J. J., y J. Márquez. 2001. *Halffter's Mexican Transition Zone, beetle generalized tracks, and geographical homology*. Journal of Biogeography 28:635-650.

- Nelson, J. S. 2006. *Fishes of the world*. 4a. ed. John Wiley & Sons, Inc. EUA. 624 p.
- Page, L. M. y B.M. Burr. 1991. *A field guide to freshwater fishes of North America north of Mexico*. Houghton Mifflin Company, Boston. 431 p.
- Page, L. M., H. Espinosa, L. D. Findley, C. R. Gilbert, R. N. Lea, N. E. Mandrak, R. Mayden y J. S. Nelson. 2013. *Common and scientific names of fishes from the United States, Canada, and Mexico*. 7a. Ed. American Fisheries Society, Special Publication 34. I + XII + 1-384.
- Papeş, M. y P. Gaubert. 2007. *Modelling ecological niches from low numbers of occurrences: assessment of the conservation status of poorly known viverrids (Mammalia, Carnivora) across two continents*. Diversity and Distributions 13: 890–902.
- Pearson, R. G. y T. P. Dawson. 2004. *Bioclimate envelope models: what they detect and what they hide – response to Hampe*. Global Ecology and Biogeography 13: 469-471.
- Pérez, M., C. Poveda, I. Siria, L. Aburto, E. Arets y M. Sotelo. 2009. *Modelos de nichos potenciales de especies de interés para tomadores de decisión, y su relación con el cambio climático en Nicaragua y América Central*. Encuentro 2009/ Año XLI, N° 84: 62-80.
- Peterson, A. T. y J. Shaw. 2003. *Lutzomyia vectors for cutaneous leishmaniasis in southern Brazil: ecological niche models, predicted geographic distribution, and climate change effects*. International Journal for Parasitology. 33: 919–931.
- Peterson, A. T., V. Sánchez, J. Soberón, J. Bartley, R. H. Buddemeier y A. G. Navarro. 2001. *Effects of global climate change on geographic distributions of Mexican Cracidae*. Ecological Modeling 144: 21-30.
- Peterson, A. T., J. Soberón, R. G. Pearson, R. P. Anderson, E. Martínez, M. Nakamura y M. B. Araújo. 2011. *Ecological niches and geographic distributions*. (MPB-49). Princeton University Press. 316 p.

- Phillips, S. J., M. Dudík y R. E. Schapire. 2004. *A maximum entropy approach to species distribution modeling*. En: Proceedings of the Twenty-First International Conference on Machine Learning: 655-662.
- Phillips, S. J., R. P. Anderson, y R. E. Schapire. 2006. *Maximum entropy modeling of species geographic distributions*. Ecological Modelling 190:231-259.
- Phillips, S. J. y M. Dudík. 2008. *Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation*. Ecography 31: 161–175.
- Propst, D. L., y J. A. Stefferud. 1994. *Distribution and status of the Chihuahuan chub (Teleostei: Cyprinidae: Gila nigrescens), with notes on its ecology and associated species*. The Southwestern Naturalist 39 (3): 224–234.
- Ramírez, M. y H. Espinosa. 2012. *Las especies exóticas dulceacuícolas y marinas de México*. Comunicación presentada en el XIII Congreso Nacional de Ictiología y 1er Simposio Latinoamericano de Ictiología, San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México.
- Rodríguez, P. y E. Vázquez. 2003. *Escalas y diversidad de especies*. En: Morrone, J. J., y Bousquets, J. L. Una perspectiva latinoamericana de la biogeografía. Las prensas de Ciencias, Facultad de Ciencias, UNAM. pp. 109-114.
- Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México*. Limusa, México. 432 p.
- Schönhuth, S., Blum, M. J., Lozano-Vilano, L., Neely, D. A., Varela-Romero, A., Espinosa, H., Perdices, A. and Mayden, R. L. 2011. *Inter-basin exchange and repeated headwater capture across the Sierra Madre Occidental inferred from the phylogeography of Mexican stonerollers*. Journal of Biogeography 38: 1406–1421.
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), 2010. *Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección Ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo*. Diario Oficial de la Federación, México, D. F. 78 p.

- Smith, H. M. 1941. *Las provincias bióticas de México, según la distribución geográfica de las lagartijas del género Sceloporus*. Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas 2: 103-110.
- Smith, M.L. y R.R. Miller. 1986. *The evolution of the Rio Grande Basin as inferred from its fish fauna*. The zoogeography of North American freshwater fishes. Wiley-Interscience Publications, New York. pp. 457-485.
- Snoeks, J., P. Laleye y T. Contreras. 2009. *Chirostoma arge*. In: IUCN 2013. IUCN Red List of Threatened Species. Versión 2013.2. <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>. Consultada el 26 de Noviembre de 2013.
- Soberón, J. y M. Nakamura. 2009. *Niches and distributional areas: concepts, methods and assumptions*. Proceedings of the National Academy of Sciences USA 106: 19644-19650.
- Sosa, J. 1997. *Ecología de la comunidad de mamíferos del noroeste de la Península de Yucatán*. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias, UNAM. 190 p.
- Stefferud, J.A. y D. L. Propst. 1996. *Fish fauna of the Bavicora Basin, Chihuahua, Mexico*. The Southwestern Naturalist 41: 446–450.
- Tamayo, J. L. 1949. *Geografía General de México: Geografía Física*. Talleres Gráficos de la Nación S.C. de P.E. y R.S. México. 583 p.
- Unmack, P. J., T. E. Dowling, N. J., Laitinen, C. L. Secor, R. L. Mayden, D. K. Shiozawa y G. R. Smith. 2014. *Influence of Introgression and Geological Processes on Phylogenetic Relationships of Western North American Mountain Suckers (Pantosteus, Catostomidae)*. PLoS ONE, 9(3), e90061.
- Varela, A., C. Galindo, E. Saucedo, L. S. Anderson, P. Warren, S. Stefferud, J. Stefferud, S. Rutman, A. C. Tibbits y J. Malusa. 1992. *Rediscovery of Gila intermedia and G. purpurea in northern Sonora, Mexico*. Proceedings of the Desert Fishes 22 (1990): 33–34.
- Varela, A. y D.A. Hendrickson. 2010. *Peces Dulceacuícolas*. En: F.E. Molina-Freaner y T.R. Van Devender, eds. Diversidad biológica de Sonora. UNAM, México. pp. 339-356.

- Whittaker, R. H. 1972. *Evolution and measurement of species diversity*. *Taxon* 21(2/3): 213-251
- Whittaker, R. J., K. J. Willis y R. Field. 2001. *Scale and species richness: towards a general, hierarchical theory of species diversity*. *Journal of Biogeography* 28: 453–470
- World Conservation Monitoring Centre 1996. *Characodon garmani*. En: IUCN 2013. IUCN Red List of Threatened Species. Versión 2013.2. <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>. Consultada por última vez en Diciembre de 2013.
- Xu, Q. y R. Mayden. 2013. *Diversity of Trout in Mexico as Evaluated by Geometric Morphometrics of Head Morphology (Oncorhynchus, Salmonidae)*. Comunicación presentada en el Joint Meeting of Ichthyologists and Herpetologists, Albuquerque, New Mexico, USA.

## Anexos

### A1: Siglas de las instituciones de las bases de datos consultadas.

<b>Siglas Colección</b>	<b>Institución</b>
<b>ANSP</b>	Academy of Natural Sciences of Drexel University, Philadelphia, Pennsylvania, U.S.A.
<b>BMCHIHUAHUA</b>	Universidad Autónoma de Chihuahua, México.
<b>CAS</b>	California Academy of Sciences, U.S.A
<b>CMN</b>	Canadian Museum of Nature
<b>CNPE-IBUNAM</b>	Colección Nacional de Peces, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México
<b>CUMV</b>	Ichthyology Collection, Cornell University, Ithaca, New York, U.S.A.
<b>ENCB-IPN-P</b>	Colección de Peces Dulceacuícolas Mexicanos, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional, México
<b>FCB-UANL</b>	Colección Ictiológica, Universidad Autónoma de Nuevo León, México
<b>FMNH</b>	Field Museum of Natural History, Chicago, Illinois, U.S.A.
<b>KU</b>	Kansas University, Museum of Natural History, Lawrence, Kansas, U.S.A.
<b>MCZ</b>	Museum of Comparative Zoology, Harvard University, Massachusetts, U.S.A.
<b>MNCN</b>	Museo Nacional de Ciencias Naturales de Madrid, España
<b>MSUM</b>	Michigan State University Museum, East Lansing, Michigan, U.S.A.
<b>OKMNH</b>	Oklahoma Museum of Natural History, Oklahoma, U.S.A.
<b>OSUM</b>	Ohio State University, Museum of Zoology, Ohio, U.S.A.
<b>TNHC</b>	Texas Memorial Museum, University of Texas at Austin, U.S.A.
<b>TU</b>	Tulane University Museum of Natural History, Louisiana, U.S.A.
<b>UF</b>	Florida Museum of Natural History Ichthyology Collection, Florida, U.S.A.
<b>UMMZ</b>	University of Michigan Museum of Zoology, Ann Harbor, Michigan, U.S.A.
<b>UMSNH</b>	Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México
<b>USNM</b>	National Museum of Natural History, Smithsonian Institution, Washington D.C., U.S.A.
<b>USON</b>	Universidad de Sonora, México

## A2: Resultados que ofrece Maxent.

### Las Salidas de Maxent

Maxent genera un archivo de salida de tipo *.html* (Fig. A2-1), en el cual conjunta los siguientes datos:

- “Plots” refiere al directorio que contiene todas las imágenes de gráficos (Fig. A2-2), mapas (Fig. A2-3) y tablas (Fig. A2-4) que Maxent crea durante la ejecución de cada especie.
- “maxent.log” es un archivo que registra la configuración y las opciones que seleccionó para correr el modelo. Este archivo es importante para solucionar los problemas que puedan producirse con Maxent.
- “maxentResults.csv” es el archivo que contiene el número de muestras de entrenamiento utilizado para el modelo, así como los valores de ganancia y los datos AUC. Además, si se selecciona la opción Jackknife incluye la ganancia de la formación regularizado y AUC para cada parte del Jackknife (Fig. A2-5).
- “.asc” corresponde a la salida ASCII ESRI que contiene las probabilidades de la distribución de las especies.

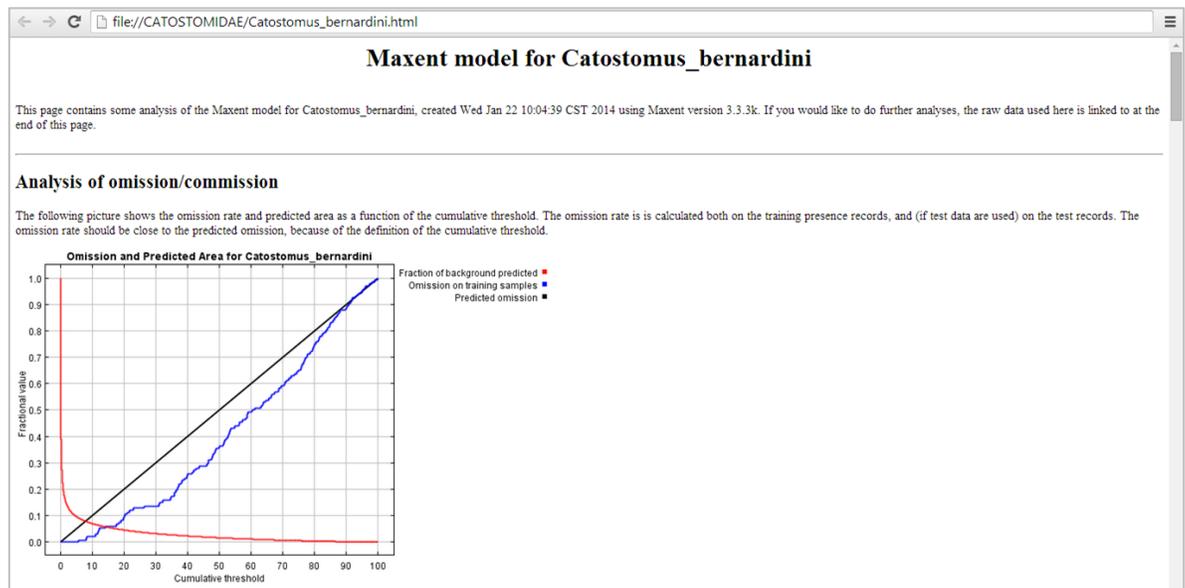


Figura A2- 1. Salida de Maxent en formato *.html*

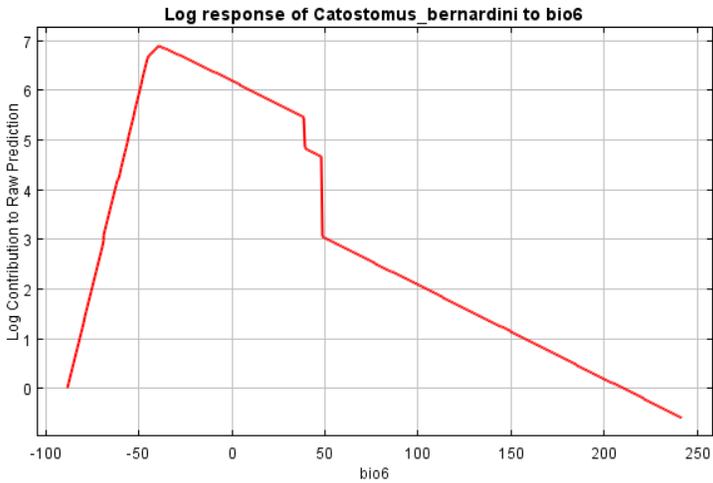


Figura A2- 2. Gráfica de la contribución de la variable en la predicción de *Catostomus bernardini*.

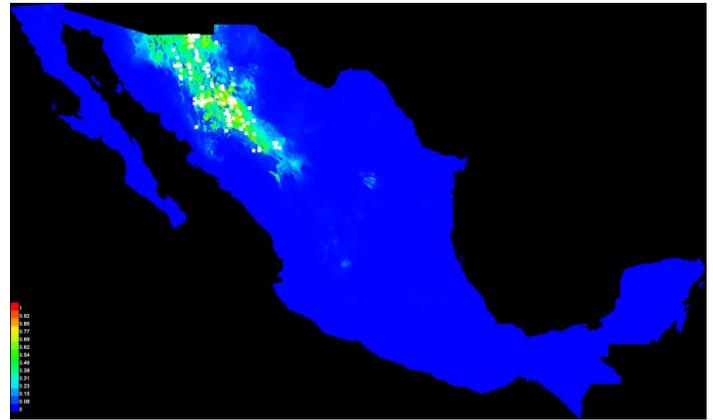


Figura A2- 3. Mapa en formato .jpg de la predicción de *Catostomus bernardini*..

### Analysis of variable contributions

Variable	Percent contribution	Permutation importance
bio7	24.8	21.1
bio6	19.4	34.8
bio2	14.7	2.7
bio13	12.2	6.3
bio19	10.9	4.1
bio4	7.4	9.2
h_topoind	2.2	1.4
bio3	1.6	1.6
bio17	1.2	0.9
h_dem	1	1
bio9	0.9	8.4
bio11	0.9	0
bio15	0.8	0.9
h_aspect	0.5	0.8
h_slope	0.4	0.8
bio18	0.3	4.4
bio10	0.3	0.6
bio5	0.3	0.1
bio12	0.2	0.8
bio8	0	0
bio16	0	0
bio14	0	0
bio1	0	0

Figura A2- 4. Tabla de la contribución de las variables ambientales.

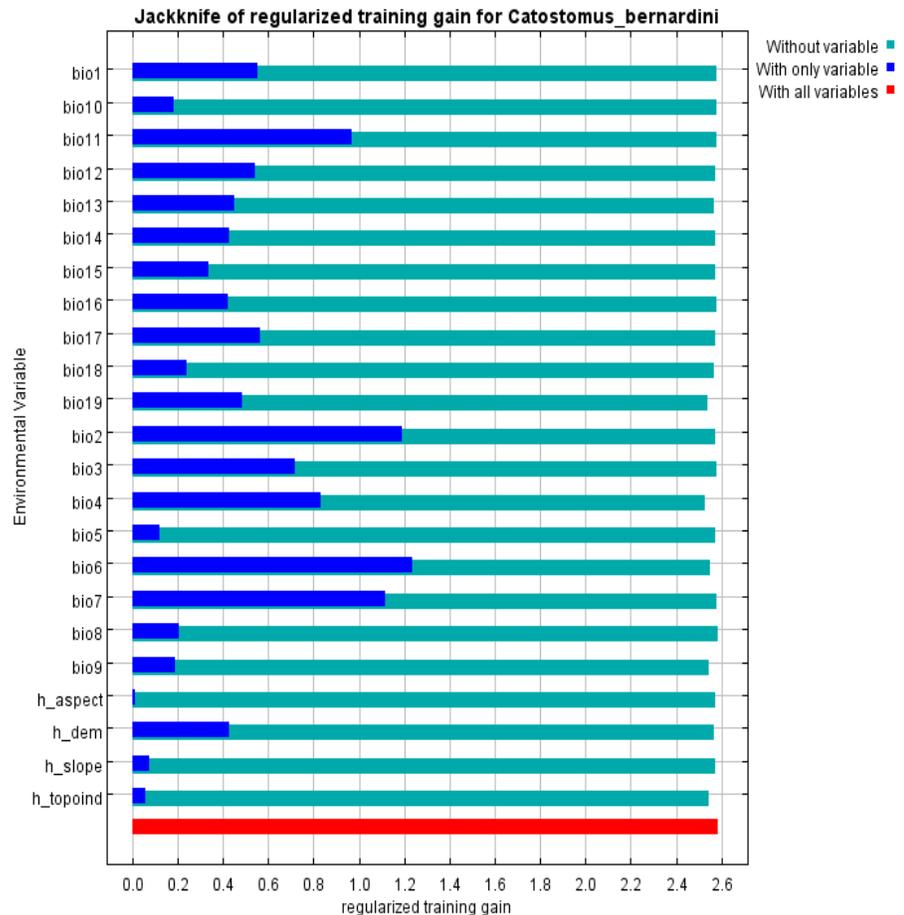
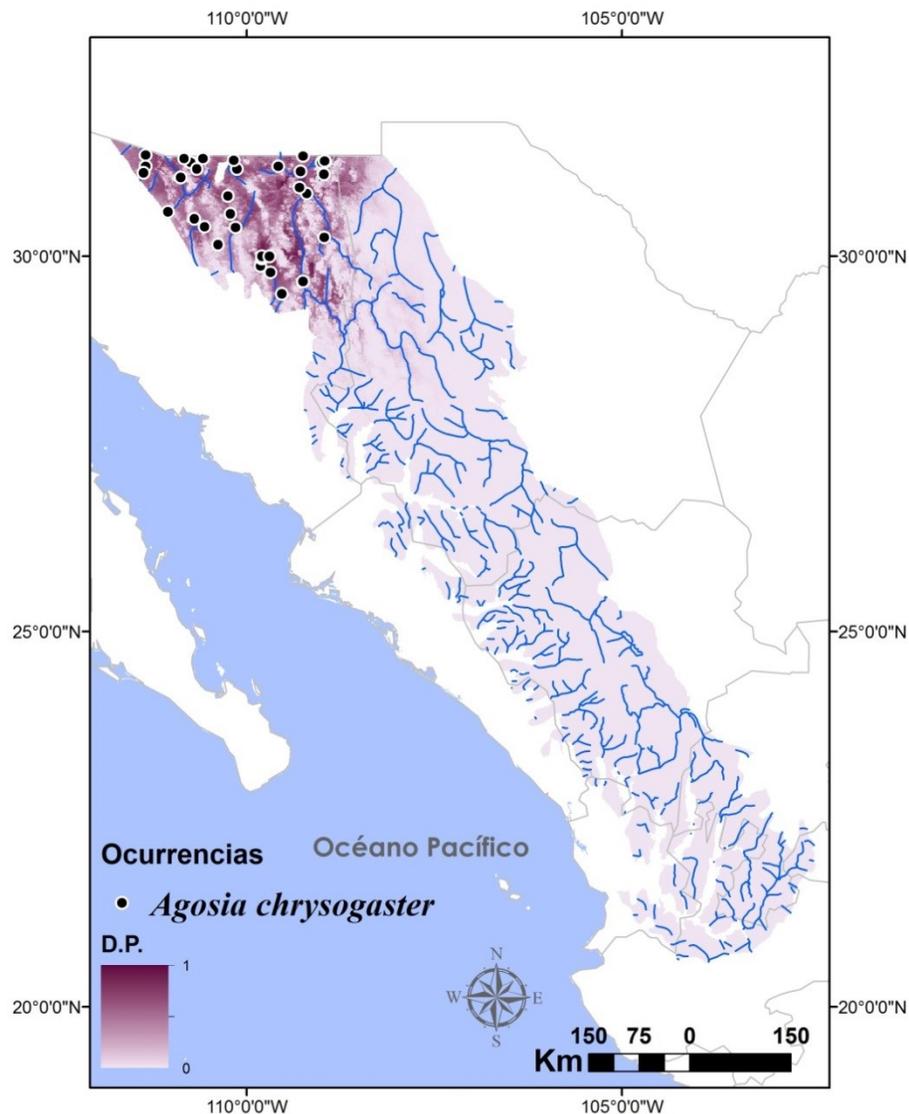


Figura A2- 5. Gráfica del análisis de Jackknife.

A3: Mapas de distribución potencial de las especies de la SMOc e información adicional.

## ORDEN CYPRINIFORMES

### Familia Cyprinidae



#### *Agosia chrysogaster* Girard, 1856

*Agosia chrysogaster* Girard, 1856: 187. [Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia v. 8]. Descr. original, Río Santa Cruz, Sonora, México

**Nombre común:** "pupo panzaverde"

**Sinonimias:** *Rhinichthys chrysogaster* (Girard 1856)

*Agosia metallica* Girard, 1856

*Hyborhynchus siderius* Cope, 1875

**Distribución:** Desde la cuenca del Río Colorado en Estados Unidos, Río Gila (EUA-México) y Río de la Concepción (EUA-Méx.) En la SMOc se encontró sólo en el estado de Sonora, en los Ríos Asunción, Colorado, Sonora y Yaqui.

**Observaciones:** En categoría "amenazado" por la NOM-059-2010.

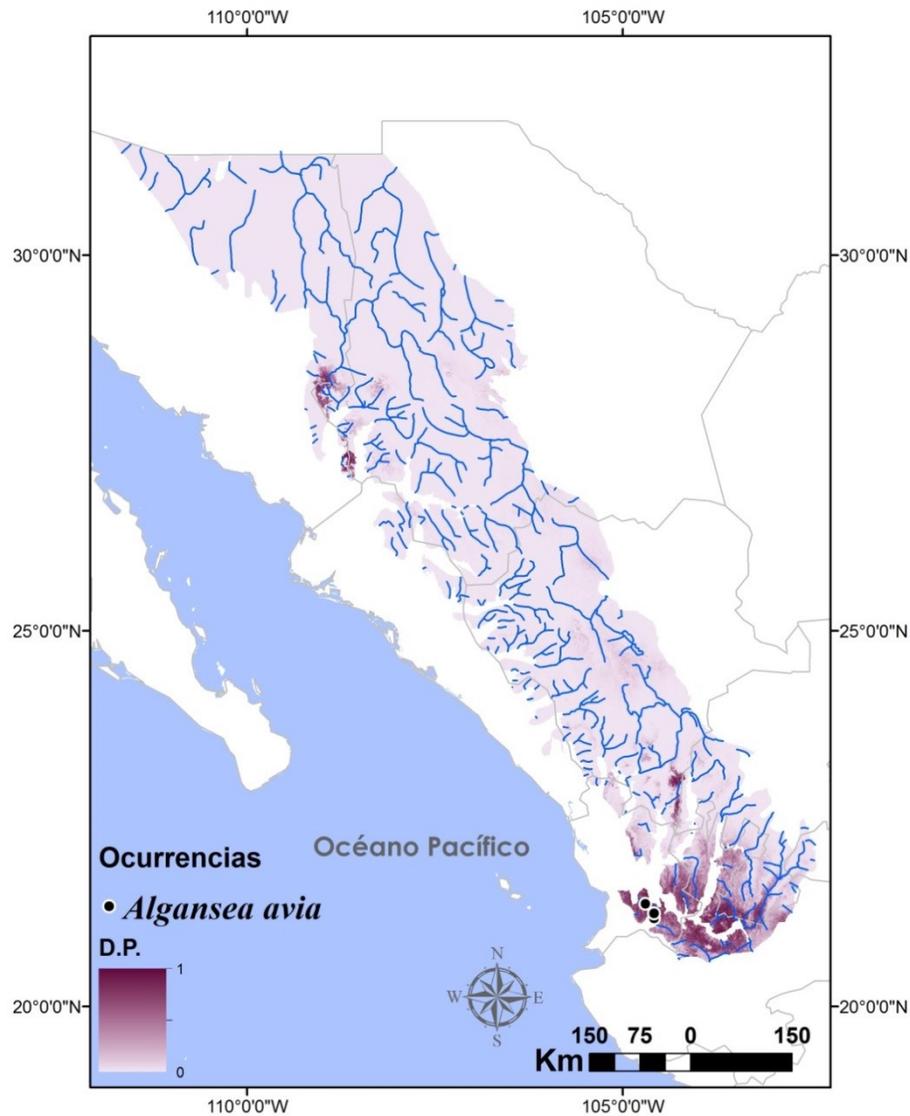


Figura A3-2. Distribución potencial de *Algansea avia*

### ***Algansea avia* Barbour & Miller, 1978**

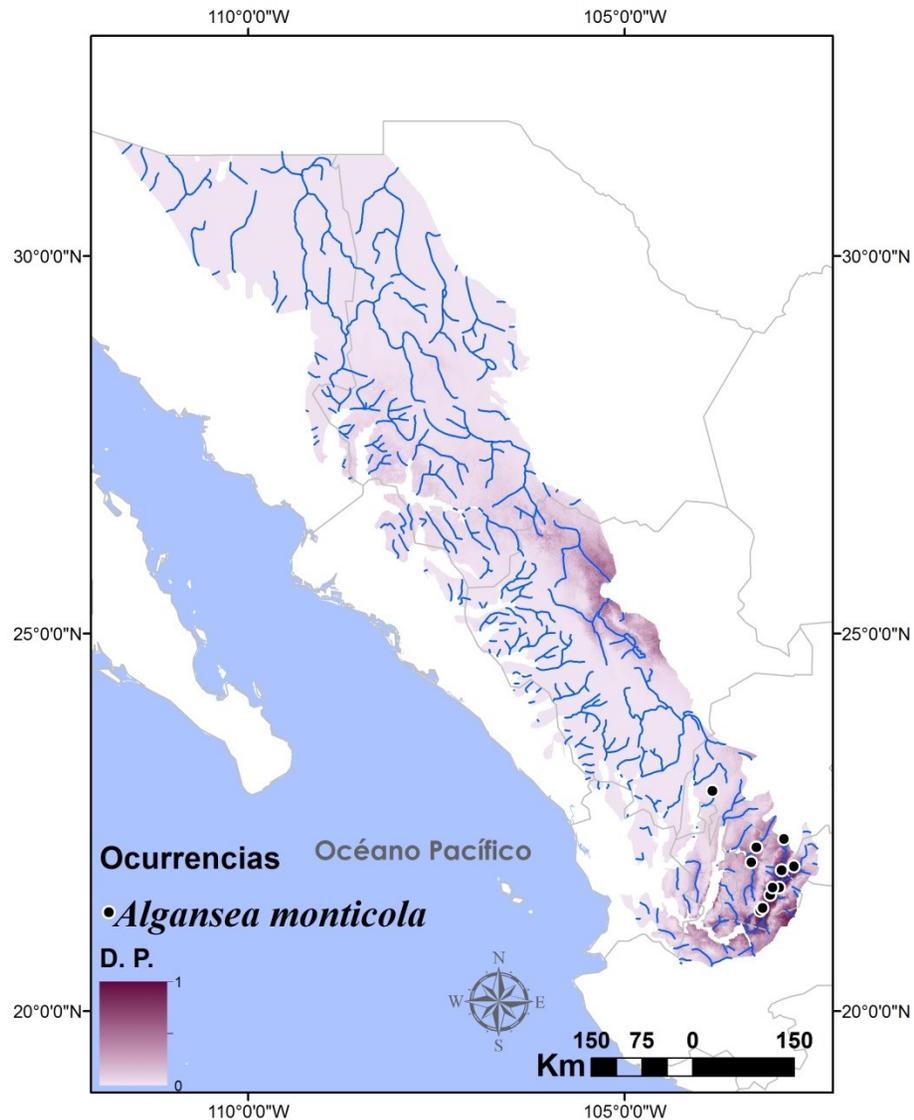
*Algansea monticola avia* Barbour & Miller, 1978: 10, Fig. 4. [Miscellaneous Publications, Museum of Zoology, University of Michigan No. 155]. Descr. original: Tributario del Río Grande de Santiago, aproximadamente 4.8 km NE de la carretera 15 a Santa María del Oro, Nayarit, México.

**Nombre común:** "pupo de Tepic"

**Sinonimias:** Ninguna

**Distribución:** Vertiente del Pacífico en los tributarios del Río Grande de Santiago, Río Chila. En la SMOC se tiene registrado en los Ríos Ameca y Santiago en Nayarit.

**Observaciones:** Endémica de la SMOC y en categoría "amenazado" por la NOM-059-2010.



***Algansea monticola* Barbour & Contreras-Balderas, 1968**

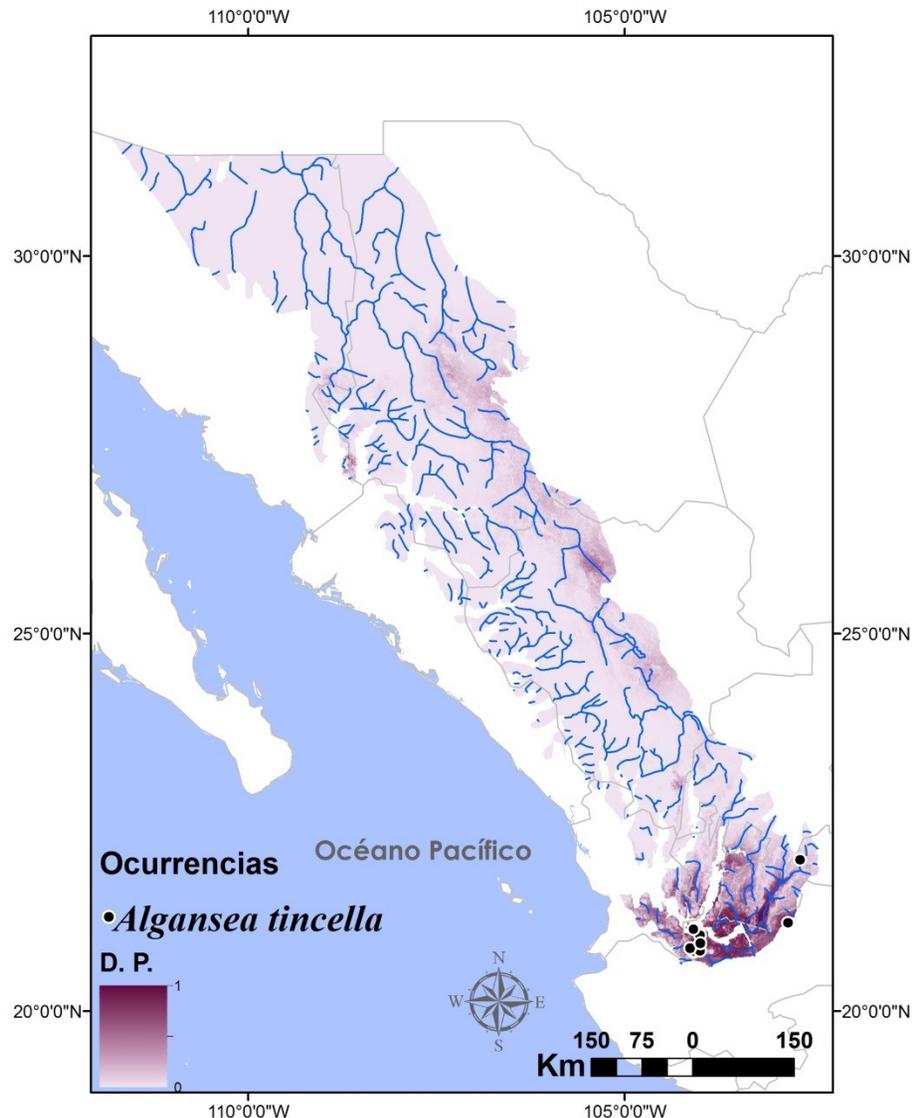
*Algansea monticola* Barbour & Contreras-Balderas 1968: 101, Figs. 1-3. [Proceedings of the Biological Society of Washington v. 81]. Descr. original, Río Juchipila, cerca de Jalpa, en la carretera 70, 1 milla al este de la intersección con la carretera 41, Zacatecas, México.

**Nombre común:** "pupo del Juchipila"

**Sinonimias:** *Algansea monticola archidion* Barbour & Miller, 1994

**Distribución:** En los Ríos Colotlán, Juchipila, Bolaños y Huaynamota, los cuales corresponden en a la cuenca del Río Grande de Santiago.

**Observaciones:** Endémica de México.



### ***Algansea tincella* (Valenciennes 1844)**

*Leuciscus tincella* Valenciennes [A.] in Cuvier & Valenciennes 1844: 323 [Histoire naturelle des poissons v. 17] Descr. original, México.

**Nombre común:** "pupo del Valle"

**Sinonimias:** *Algansea affinis* Regan, 1907

*Algansea alvarezii* Romero, 1967

*Zophendum australe* Jordan, 1880

*Algansea dugesi* Bean, 1892

*Notropis josealvarezii* Cortés, 1986

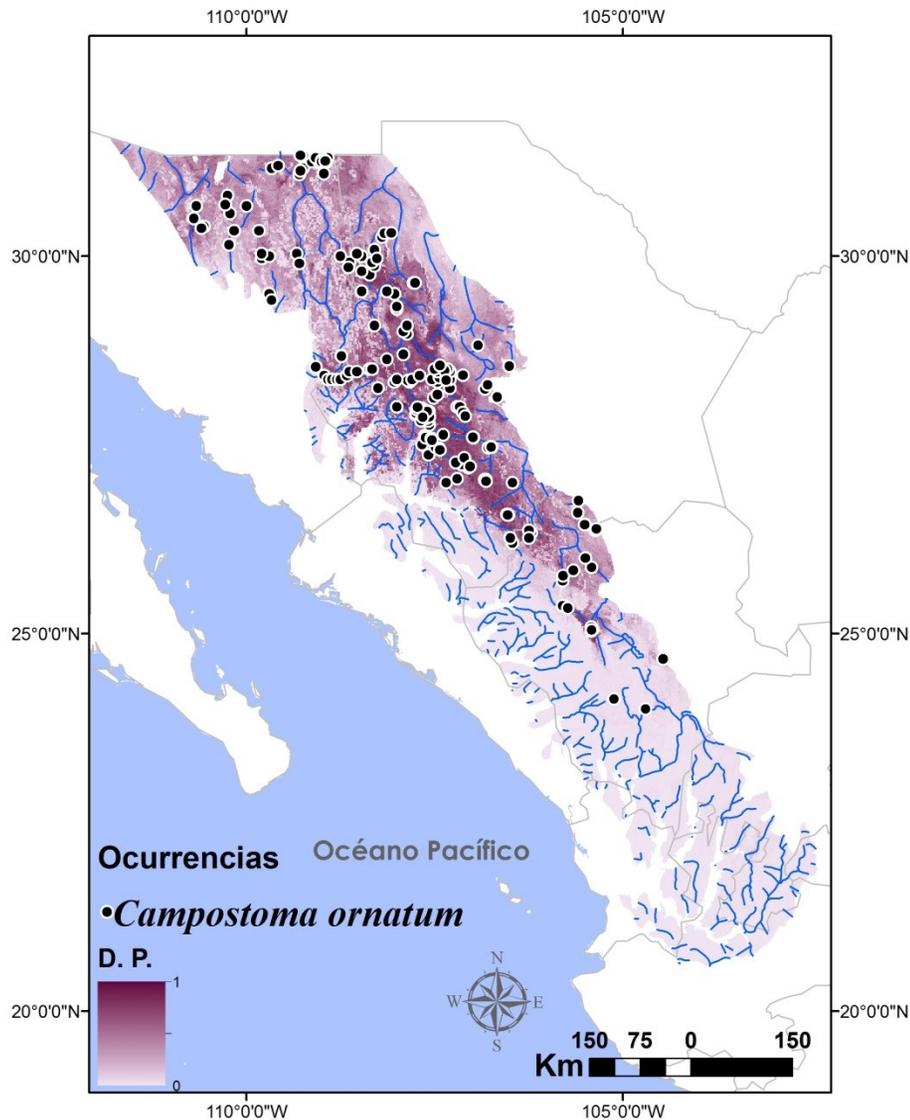
*Algansea paratincella* Álvarez, 1963

*Algansea rubescens* Meek, 1902

*Algansea stigmatura* Regan, 1907

**Distribución:** En el centro de México en cuencas endorreicas del Valle de México y Río Grande de Morelia también en cuenca del Río Lerma (vertiente del Pacífico) y cuenca del Río Pánuco (vertiente del Atlántico). Para la SMOc se registró en el Río Ameca.

**Observaciones:** Endémica de México.



### ***Campostoma ornatum* Girard, 1856**

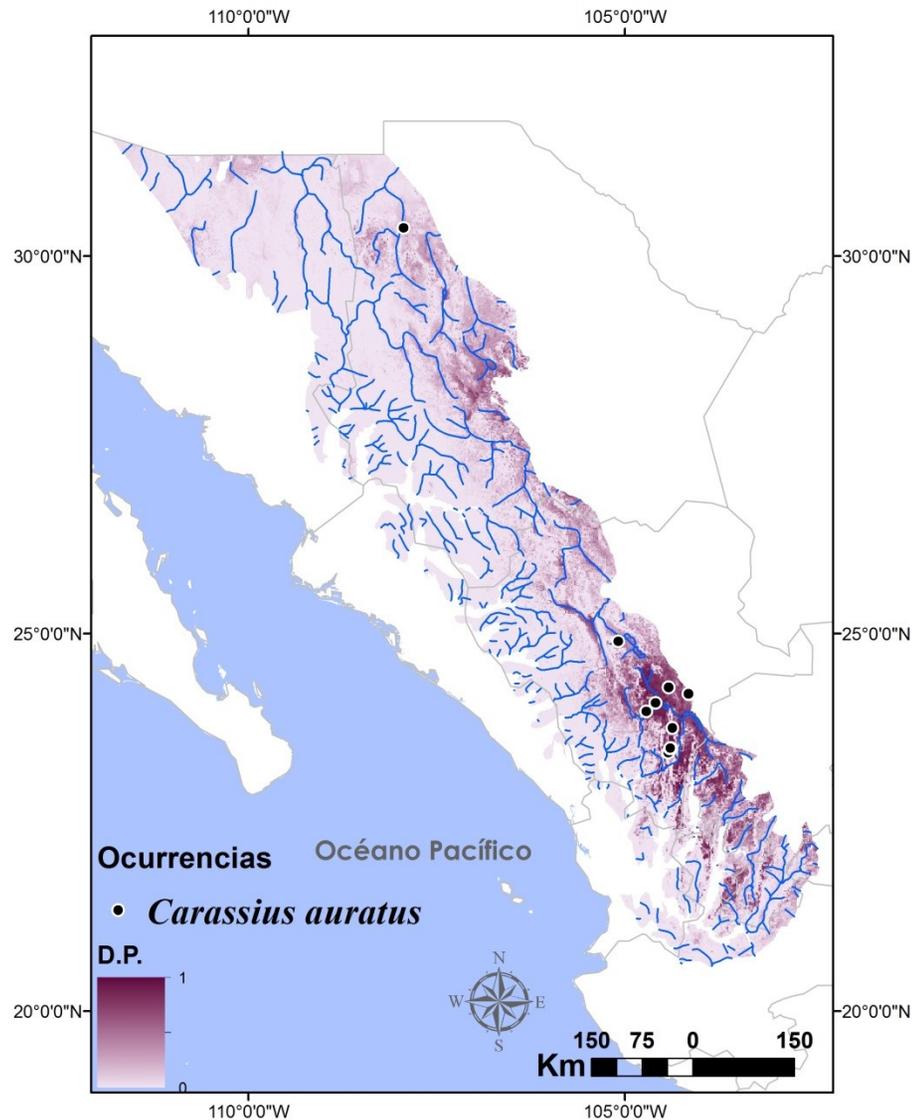
*Campostoma ornatum* Girard, 1856: 176. [Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia v. 8]. Descr. original, Río Chihuahua [Río Conchos], México.

**Nombre común:** "rodapiedras mexicano"

**Sinonimias:** *Campostoma pricei* Jordan & Thoburn, 1896

**Distribución:** Mínima en Estados Unidos (en el Río Bravo) y en el noroeste de México en cuenca del Río Conchos y endorreicos de Chihuahua, Río Yaqui y Río Sonora, llegando hasta el sur de las cuencas del Río Nazas-Aguanaval.

**Observaciones:** En 2011 Domínguez *et al.*, mediante estudios genéticos y morfológicos distinguen dos grupos bien diferenciados para *C. ornatum*, el primero se ubica en las cuencas de los Ríos del norte (Yaqui, Mayo, Fuerte, Sonora, Casas Grandes, Santa Clara y Conchos) y el segundo se encuentra en las cuencas del sur (Nazas, Aguanaval y Piaxtla).



### ***Carassius auratus* (Linnaeus 1758)**

*Carassius auratus* Linnaeus, 1758: 322 [Systema Naturae, Ed. X v. 1].  
Descr. original, China; Ríos de Japón.

**Nombre común:** "carpa dorada"

**Sinonimias:** *Cyprinus abbreviatus* Richardson, 1846

*Carassius auratus argenteaphthalmus* Nguye, 2001

*Leuciscus auratus* Mauduyt, 1849

*Cyprinus chinensis* Gronow, 1854

*Carassius grandoculis* Temminck & Schlegel, 1846

*Cyprinus mauritanus* Bennett, 1832

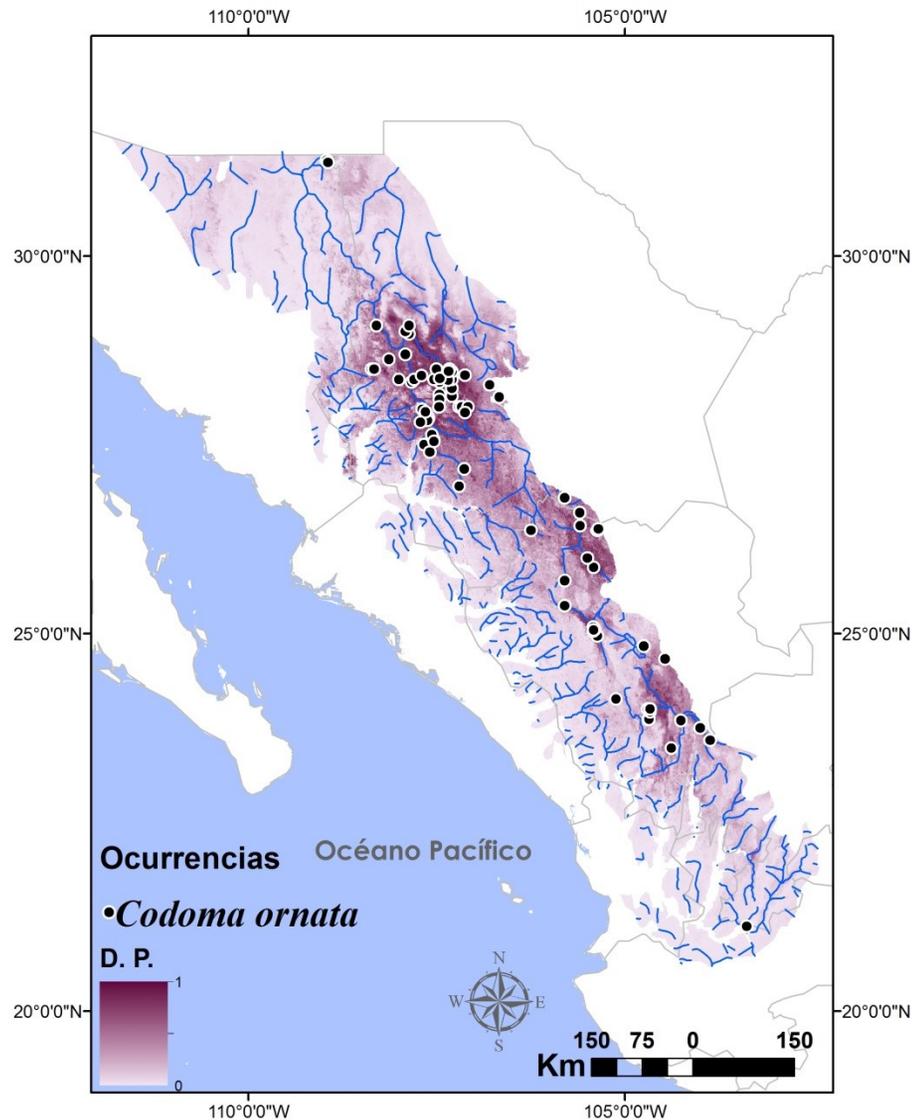
*Cyprinus nigrescens* Günther, 1868

*Cyprinus thoracatus* Valenciennes, 1842

*Neocarassius ventricosus* Castelnau, 1872

**Distribución:** Este de Asia: China y Japón; introducida en diferentes lugares. En la SMOc se registró en Lago de Santiaguillo y Río San Pedro, en Durango; y en Río Casas Grandes en Chihuahua.

**Observaciones:** Especie introducida originaria de Asia, invasora.



### ***Codoma ornata* Girard, 1856**

*Codoma ornata* Girard, 1856:195. [Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia v. 8]. Descr. original, Río Chihuahua [Río Conchos] y sus tributarios, cerca de la ciudad de Chihuahua, Chihuahua, México.

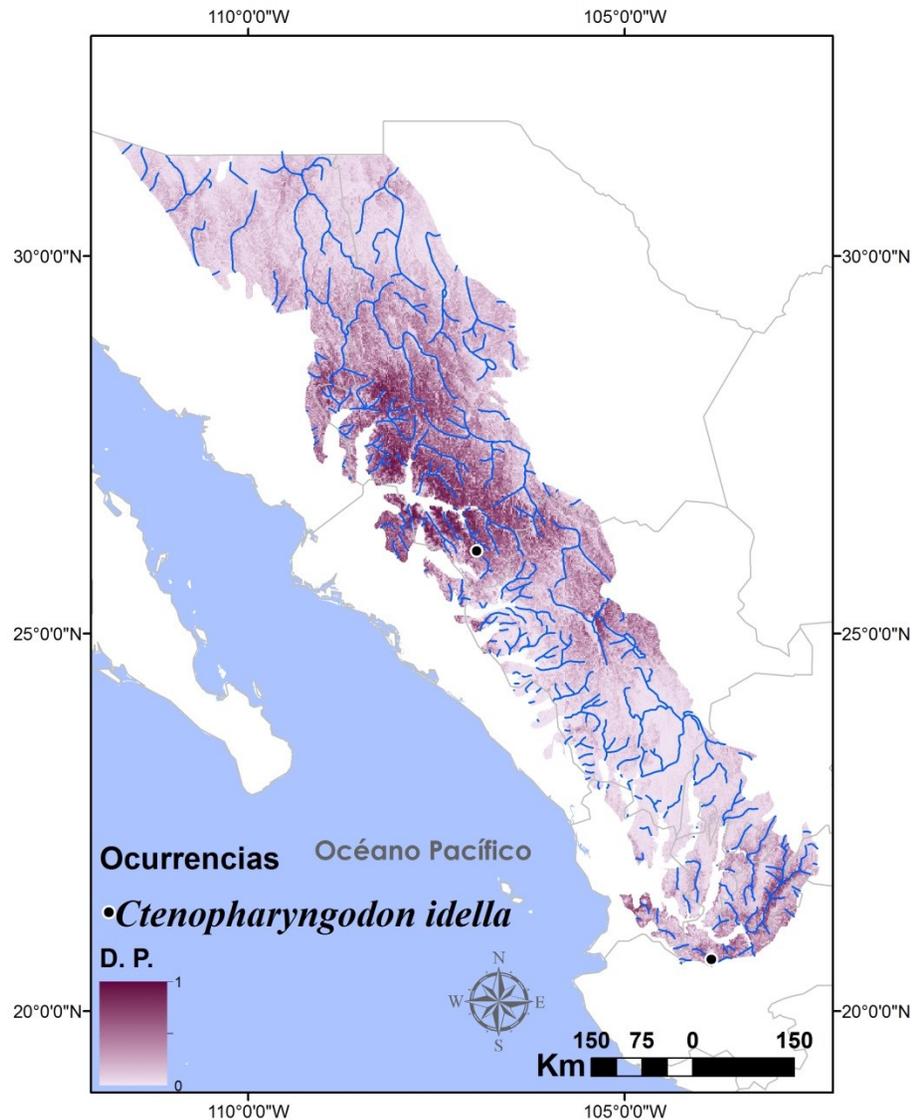
**Nombre común:** "carpita adornada"

**Sinonimias:** *Notropis ornatus* (Girard 1856)

*Cyprinella ornata* (Girard 1856)

**Distribución:** Vertiente del Atlántico y cuencas interiores en el Río Conchos, y parte sur del Río Nazas; en la vertiente del Pacífico en el Río Yaqui, Río Fuerte y Río Mezquital.

**Observaciones:** Especie endémica de México y amenazada de acuerdo con la NOM-059-2010.



### ***Ctenopharyngodon idella* (Valenciennes 1844)**

*Leuciscus idella* Valenciennes in Cuvier & Valenciennes 1844:362 [Histoire naturelle des poissons v. 17]. Descr. original, China.

**Nombre común:** "carpa herbívora"

**Sinonimias:** *Ctenopharyngodon laticeps* Steindachner, 1866

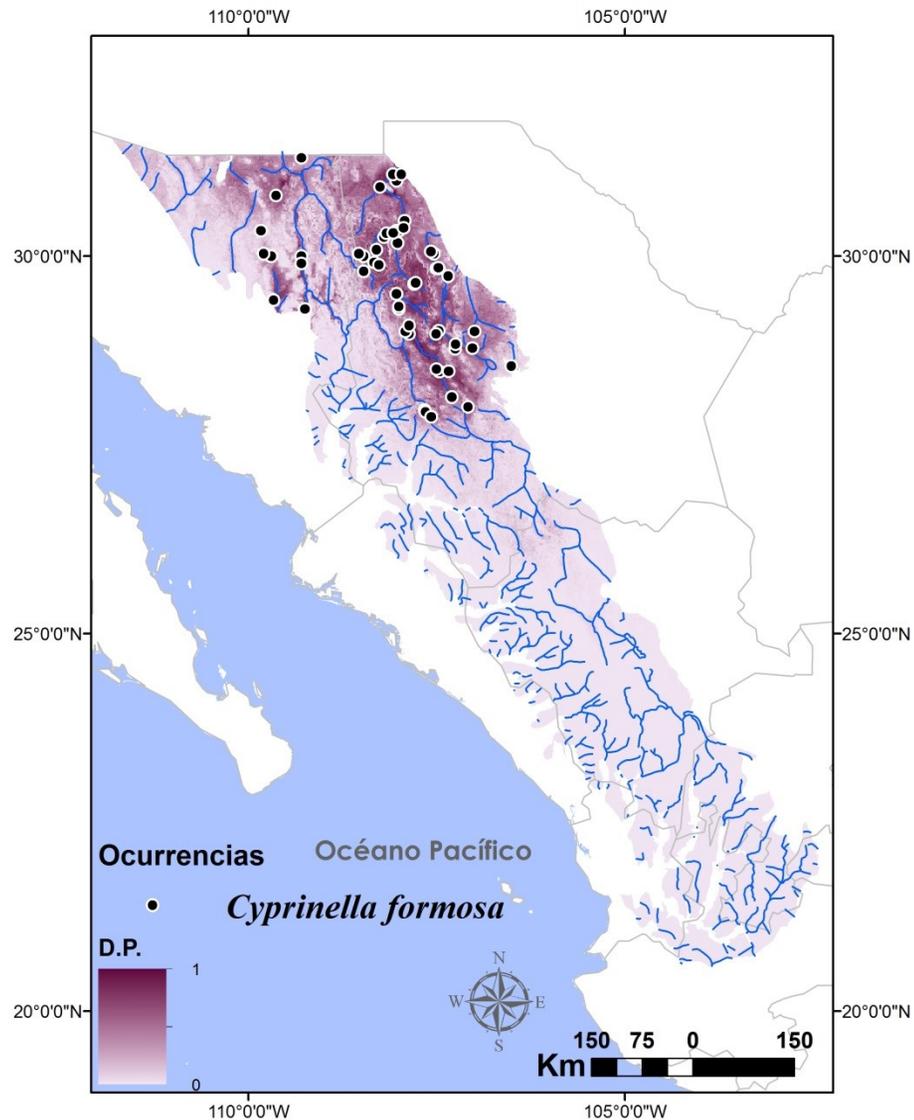
*Pristiodon siemionovii* Dybowski, 1877

*Sarcocheilichthys teretiusculus* Kner, 1867

*Leuciscus tschiliensis* Basilewsky, 1855

**Distribución:** Nativa de China y Russia; introducido ampliamente en otros lugares. En la SMOc se registró en la cuenca del Río Ameca y Río Fuerte.

**Observaciones:** Especie introducida.



### ***Cyprinella formosa* (Girard, 1856)**

*Moniana formosa* Girard, 1856:201. [Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia v. 8]. Descr. Original, Río Mimbres, Chihuahua, México [Río Mimbres, norte de Deming, Luna County, New Mexico, EUA.

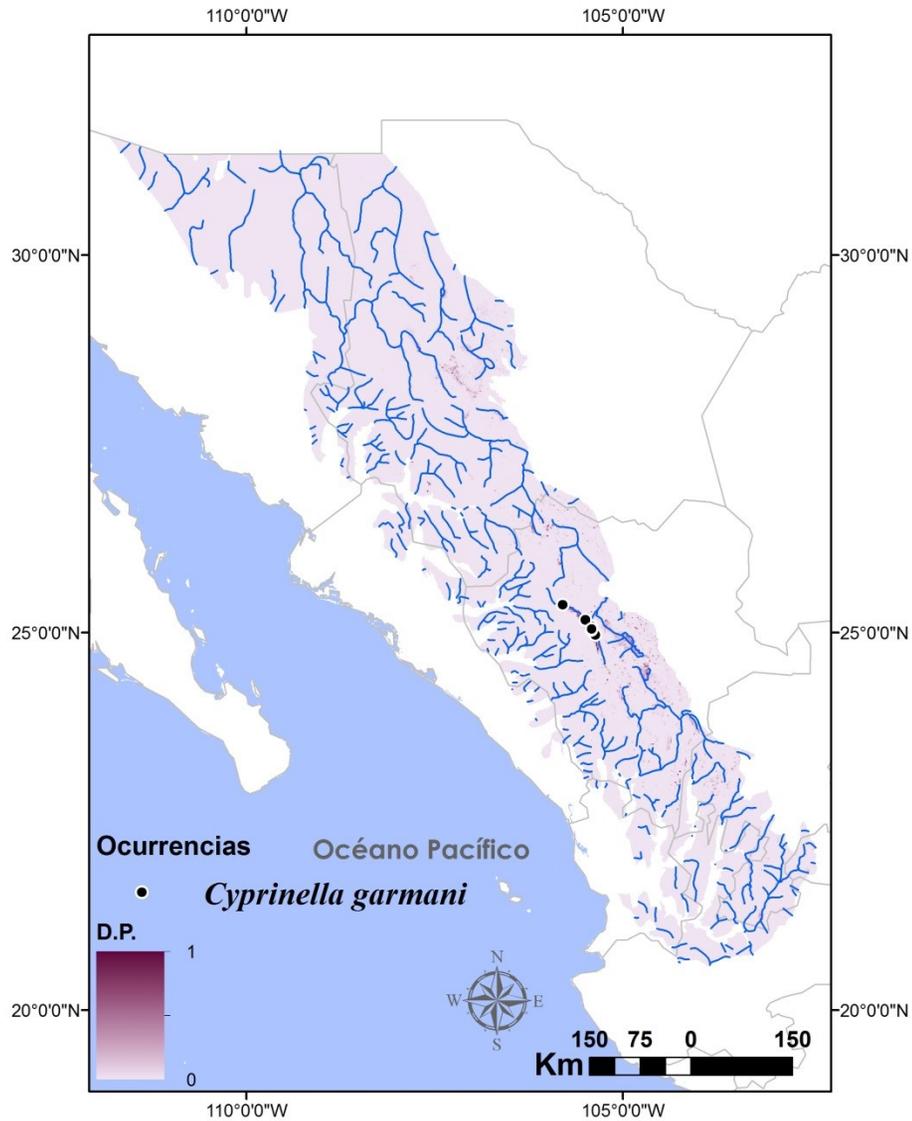
**Nombre común:** "carpita yaqui"

**Sinonimias:** *Notropis mearnsi* Snyder, 1915

*Notropis santamariae* Evermann & Goldsborough, 1902

**Distribución:** En cuencas interiores se encuentra en los Ríos Casas Grandes, Santa María, del Carmen, Bavícora y Saúz; vertiente del Pacífico en la cuenca del Río Yaqui.

**Observaciones:** Se encuentra amenazada de acuerdo con la NOM-059-2010



### ***Cyprinella garmani* (Jordan, 1885)**

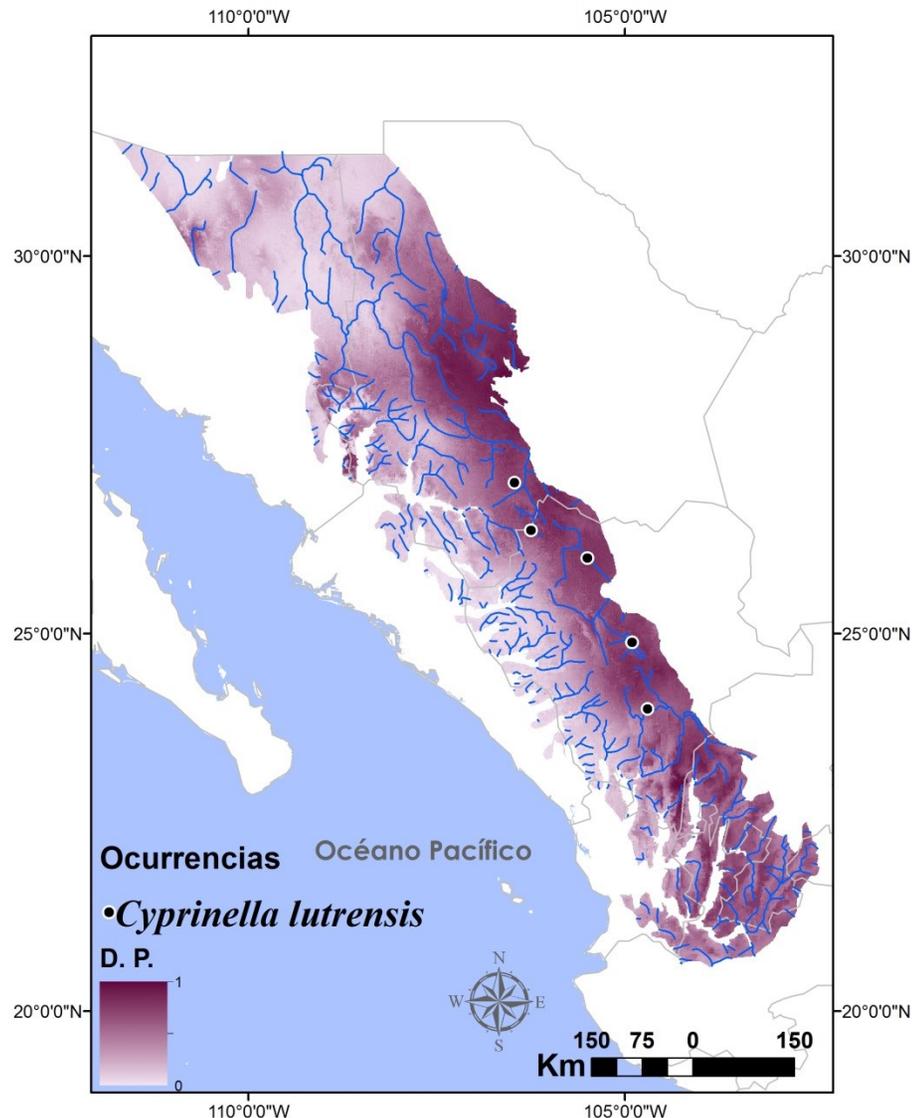
*Notropis garmani* Jordan, 1885: 813. [United States Commission of Fish and Fisheries, Report of the Commissioner v. 13 (1885)]. Descr. original, Lago del Muerto, cerca de Parras, 25°25'N, 102°11'W, Coahuila, México.

**Nombre común:** "carpita jorobada"

**Sinonimias:** *Cyprinella rubripinna* Garman, 1881

**Distribución:** Restringida en endorreicos de la cuenca del Río Nazas.

**Observaciones:** Endémica de México, amenazada según la NOM-059-2010



### *Cyprinella lutrensis* (Baird & Girard 1853)

*Leuciscus lutrensis* Baird & Girard, 1853:391 [Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia v. 6]. Descr. original, Otter Creek, Arkansas (tributario al Norte del Río Rojo, ya sea Kiowa or Tillman County, suroeste de Oklahoma), EUA.

**Nombre común:** "carpita roja"

**Sinonimias:** *Cyprinella beckwithi* Girard, 1856

*Cyprinella billingsiana* Cope, 1871

*Cyprinella forbesi* Jordan, 1878

*Cyprinella gunnisoni* Girard, 1856

*Cyprinella suavis* Girard, 1856

*Hypsilepis iris* Cope, 1875

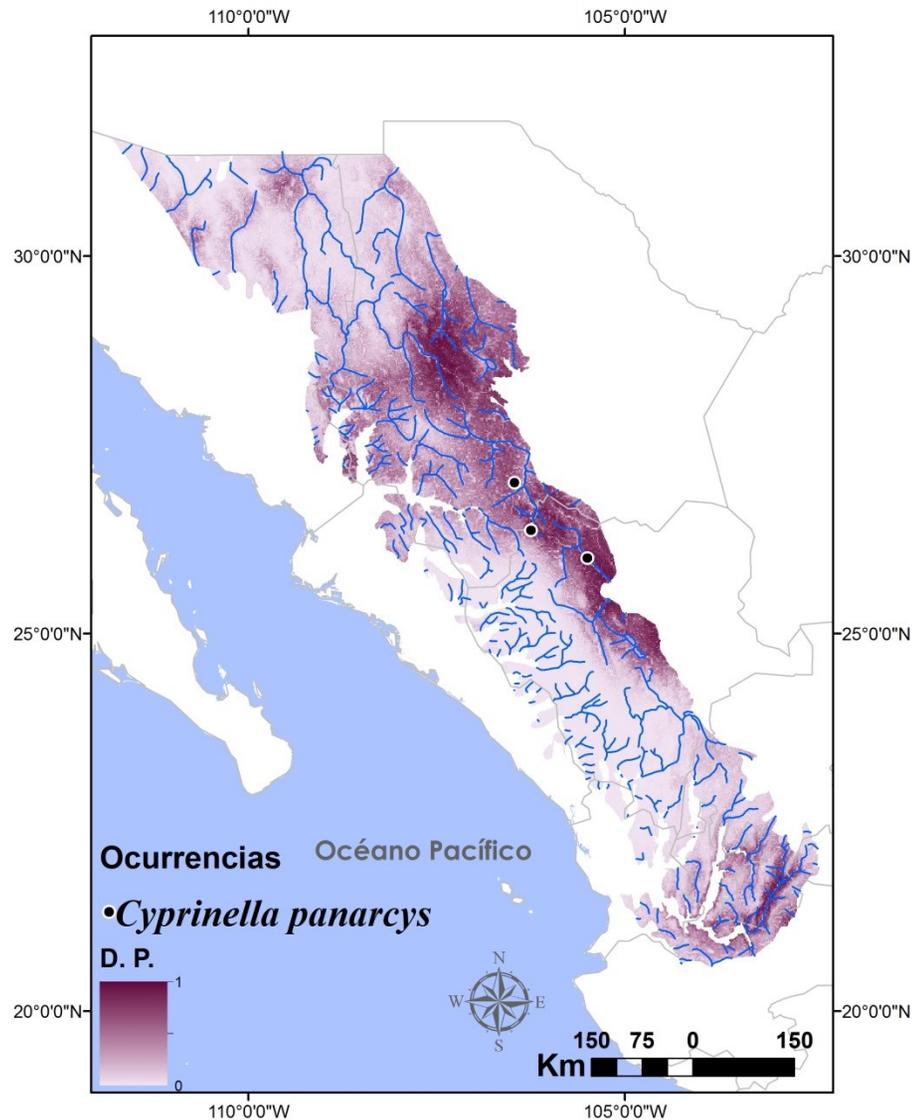
*Leuciscus bubalinus* Baird & Girard, 1853

*Moniana laetabilis* Girard, 1856

*Nototropis forlonensis* Meek, 1904

**Distribución:** Ampliamente en la vertiente del Atlántico en Estados Unidos (Montañas Rocallosas, Río Misisipi, Dakota del Sur, Illinois hasta el sur del Río Bravo). En México sigue la línea de costa del golfo de México hasta los Ríos Tamesí y Pánuco. Los registros en la SMOc incluyen el Lago de Santiaguillo, Río San Pedro, Río Nazas (Dgo.) y Río Bravo (Chih.).

**Observaciones:** Introducida, pero la NOM-059-2010 lo considera amenazada.



### *Cyprinella panarcys* (Hubbs & Miller 1978)

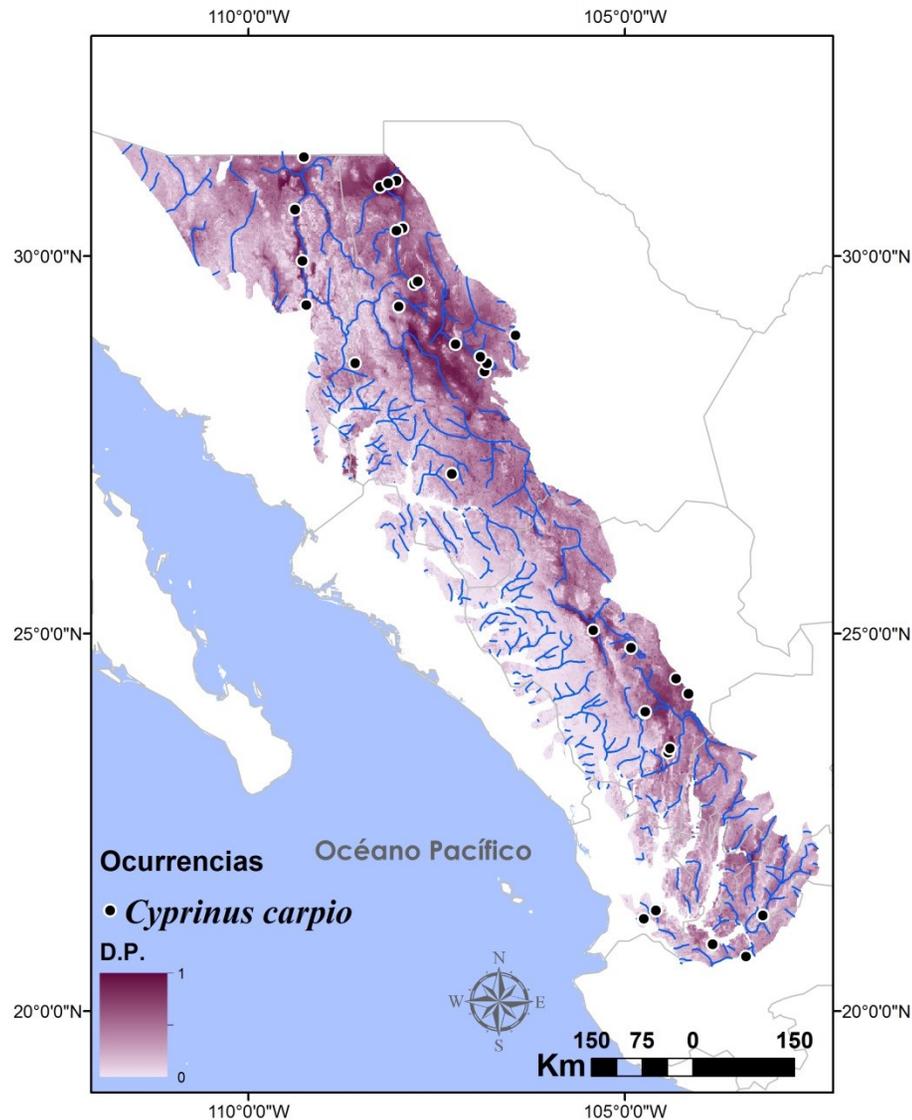
*Notropis panarcys* Hubbs & Miller [R. R.] 1978:582, Figs. 1-3 [Copeia 1978 (no. 4)]. Descr. original, Río San Pedro en Meoqui, en la carretera 45, Chihuahua, México.

**Nombre común:** "carpita del Conchos"

**Sinonimias:** Ninguna

**Distribución:** Cuenca alta del Río Conchos, vertiente del Atlántico.

**Observaciones:** Endémica de la SMOc, y en categoría de peligro de acuerdo con la NOM-059-2010.



### ***Cyprinus carpio* Linnaeus 1758**

*Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758:320. [Systema Naturae, Ed. X v. 1]. Descr. original, Europa.

**Nombre común:** "carpa común"

**Sinonimias:** *Cyprinus acuminatus* Heckel, 1857

*Cyprinus alepidotus* Bloch, 1784

*Cyprinus angulatus* Heckel, 1843

*Cyprinus bithynicus* Richardson, 1857

*Cyprinus cirrosus* Schaeffer, 1760

*Cyprinus coriaceus* Lacepède, 1803

*Cyprinus elatus* Bonaparte, 1836

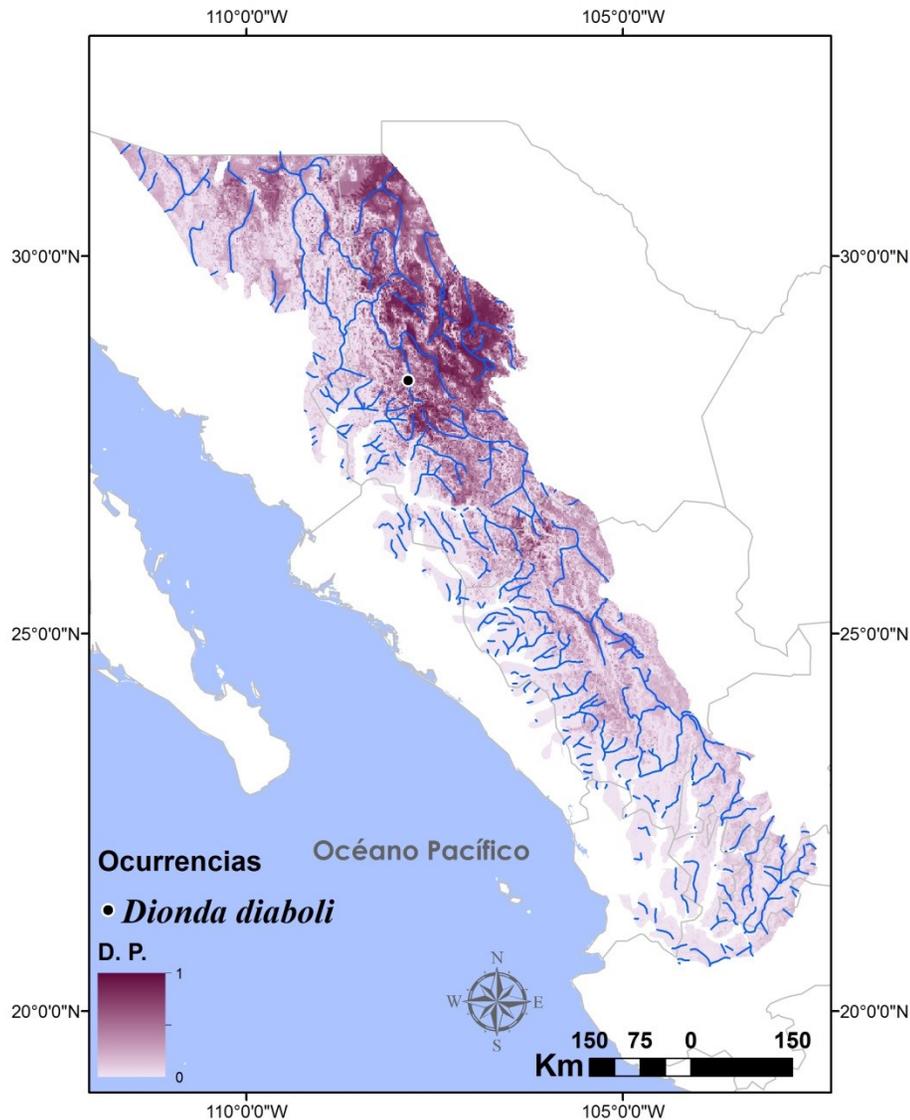
*Cyprinus festetitsii* Bonaparte, 1845

*Cyprinus hungaricus* Heckel, 1836

*Cyprinus macrolepidotus* Meidinger, 1794

**Distribución:** Europa occidental, originaria de la cuenca del Mar Negro, posiblemente también en el mar Caspio y Aral, ampliamente introducida en todo el mundo. En la SMOc se encontró en Lago Babícora, Lago Bustillos, Lago Encinillas, Río Fuerte, Río Casas Grandes, Río Santa María y Río Yaqui (Chih.), Lago de Santiaguillo, Río Nazas, Río San Pedro (Dgo.), Río Ameca y Río Santiago (Nay.)

**Observaciones:** Especie introducida.



### ***Dionda diaboli* Hubbs & Brown 1957**

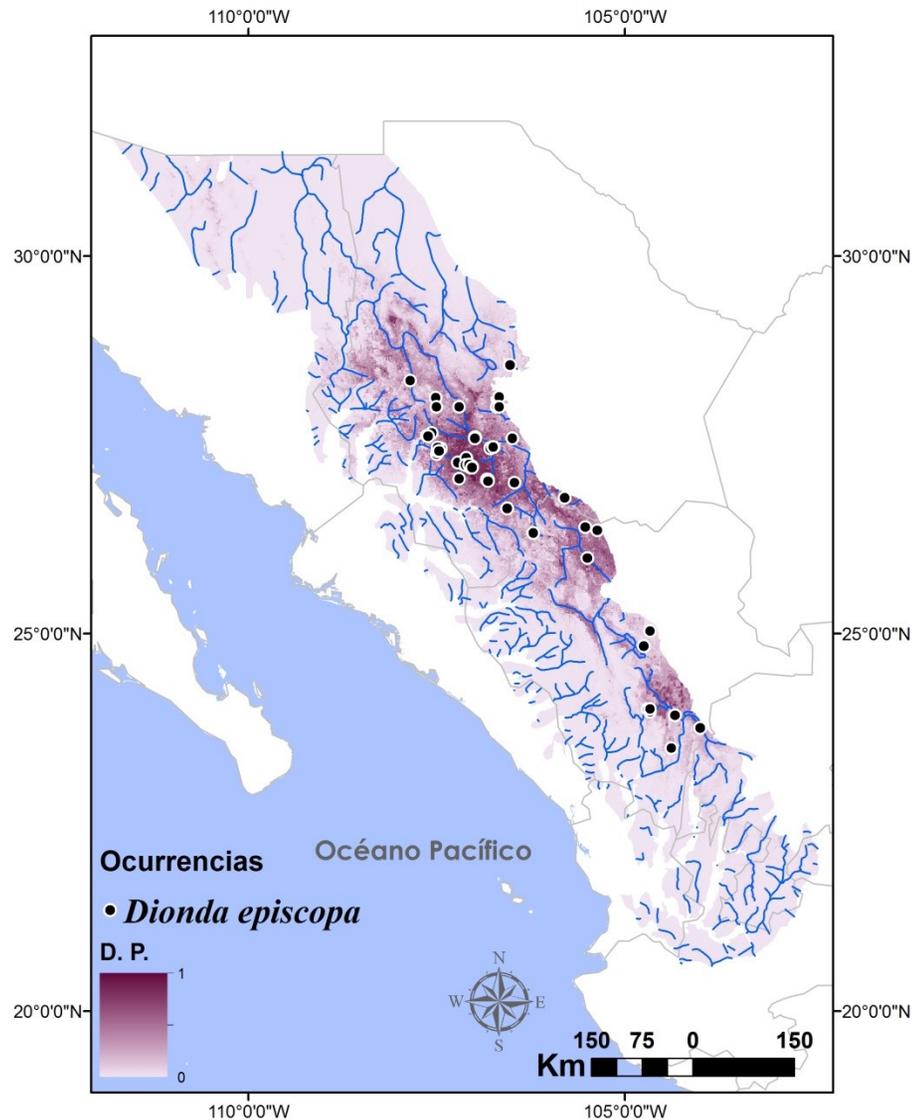
*Dionda diaboli*, Hubbs & Brown, 1957: 69, Fig. 1 [Southwestern Naturalist]. Descr. original, Río Devil's en el Cruce de Baker, 29°57'N, 101°09'W, Val Verde, Texas, EUA.

**Nombre común:** "carpa diabla"

**Sinonimias:** Ninguna

**Distribución:** Tributarios del Río Bravo (Estados Unidos en Texas, y Río San Carlos en México), y en la cuenca del Río Salado. En la SMOc se registró en la cuenca del Río Yaqui.

**Observaciones:** Es rara en México debido a que su distribución es mayor en Estados Unidos, por lo cual la SEMARNAT lo considera en peligro.



### ***Dionda episcopa* Girard 1856**

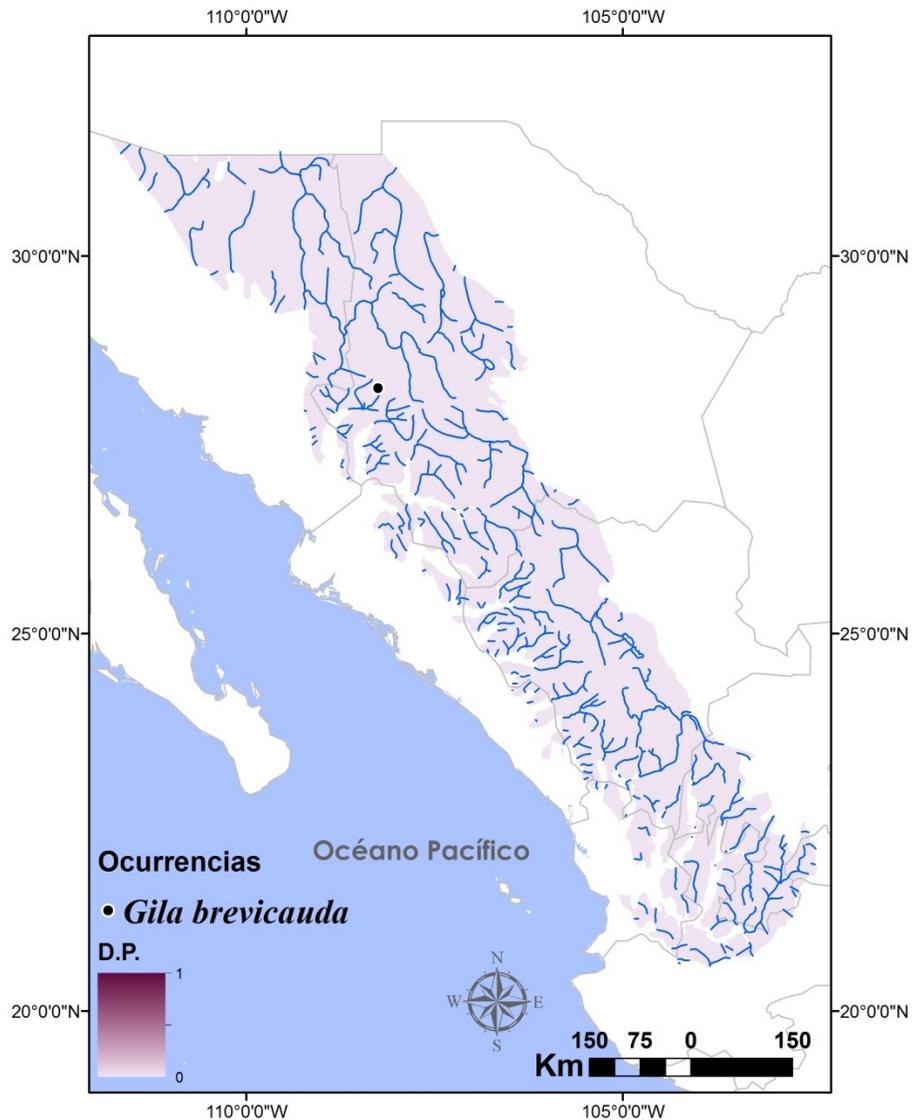
*Dionda episcopa* Girard, 1856: 177. [Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia v. 8]. Descr. original, Cabeceras del Río Pecos, Nuevo México, o Texas, EUA.

**Nombre común:** "carpa obispa"

**Sinonimias:** *Dionda papalis* Girard, 1856

**Distribución:** Vertiente del atlántico en tributarios del Río Bravo (Estados Unidos en Texas, y Río Pecos). En la SMOc se encontró en Lago de Santiaguillo, Río Bravo, Río Fuerte, Río Nazas, Río San Pedro y Río Yaqui.

**Observaciones:** Considerada en peligro por la NOM-059-2010



***Gila brevicauda* Norris, Fischer & Minckley 2003**

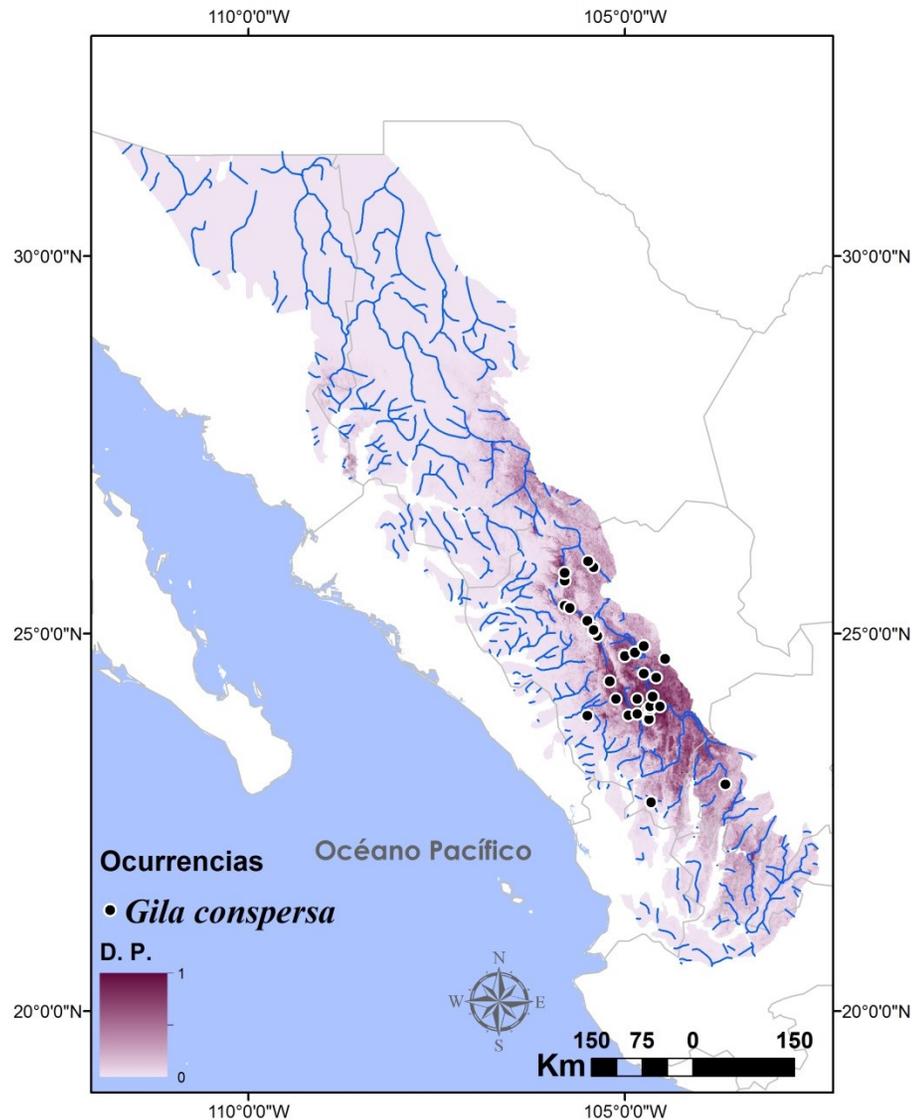
*Gila brevicauda* Norris, Fischer & Minckley, 2003:20, Figs. 1-2. [Ichthyological Exploration of Freshwaters v. 14 (no. 1)]. Descr. original, Río Basaseachic (=Candameña), 1-2 km antes de la Cascada de Basaseachic, Chihuahua, México.

**Nombre común:** "carpa colicorta"

**Sinonimias:** Ninguna

**Distribución:** Muy restringida, se encuentra en el Río Candameña, cabeceras del Río Mayo cercano a la cascada de Basaseáchic, Chihuahua.

**Observaciones:** Endémica de SMOc.



### ***Gila conspersa* Garman 1881**

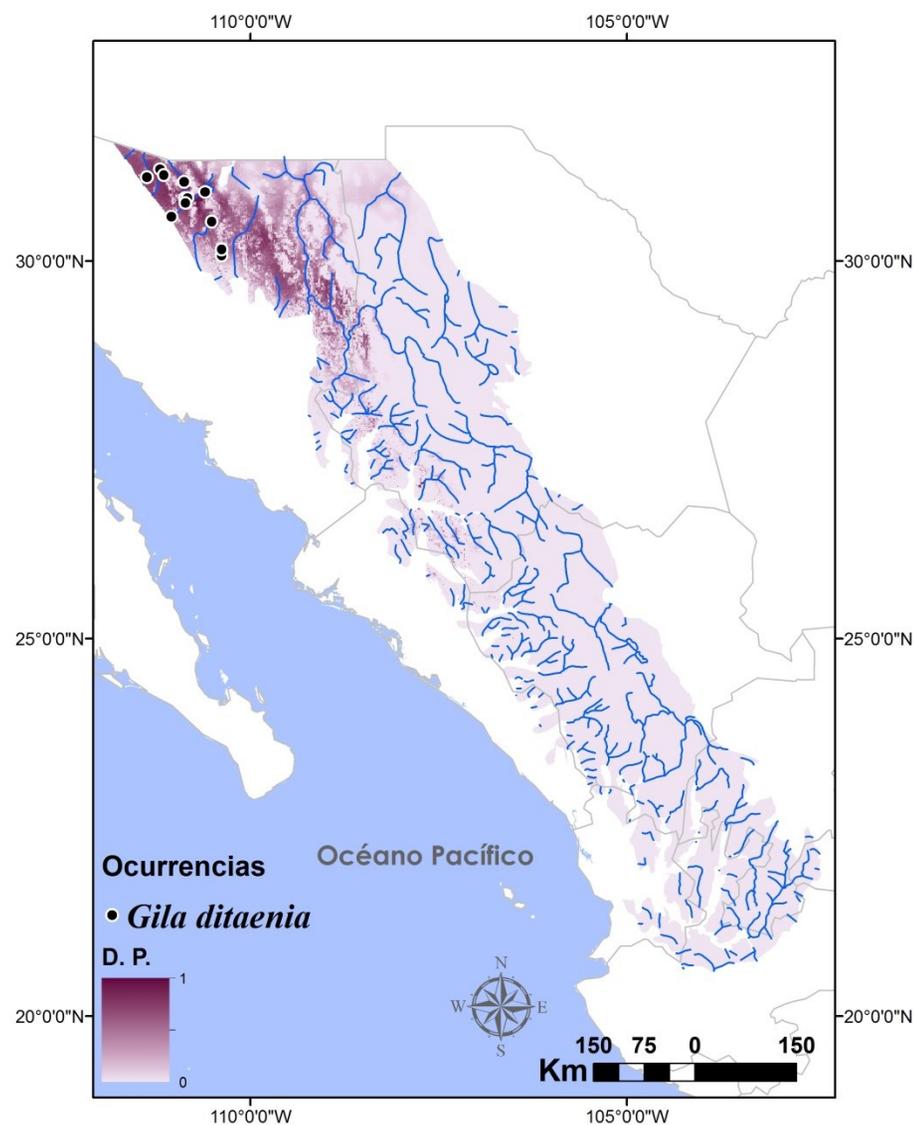
*Gila conspersa* Garman, 1881: 91. [Bulletin of the Museum of Comparative Zoology v. 8 (no. 3)]. Descr. original, Río Nazas, probablemente en el estado de Coahuila, México.

**Nombre común:** "carpa de Mayrán"

**Sinonimias:** Ninguna

**Distribución:** Cuenca del Río Nazas-Aguanaval (endorreica). Sin embargo se encontró en Lago de Santiaguillo, Río Nazas, Río Presidio, Río San Pedro y Río Santiago

**Observaciones:** Endémica de México, y en categoría de amenazada de acuerdo con la NOM-059-2010.



### ***Gila ditaenia* Miller 1945**

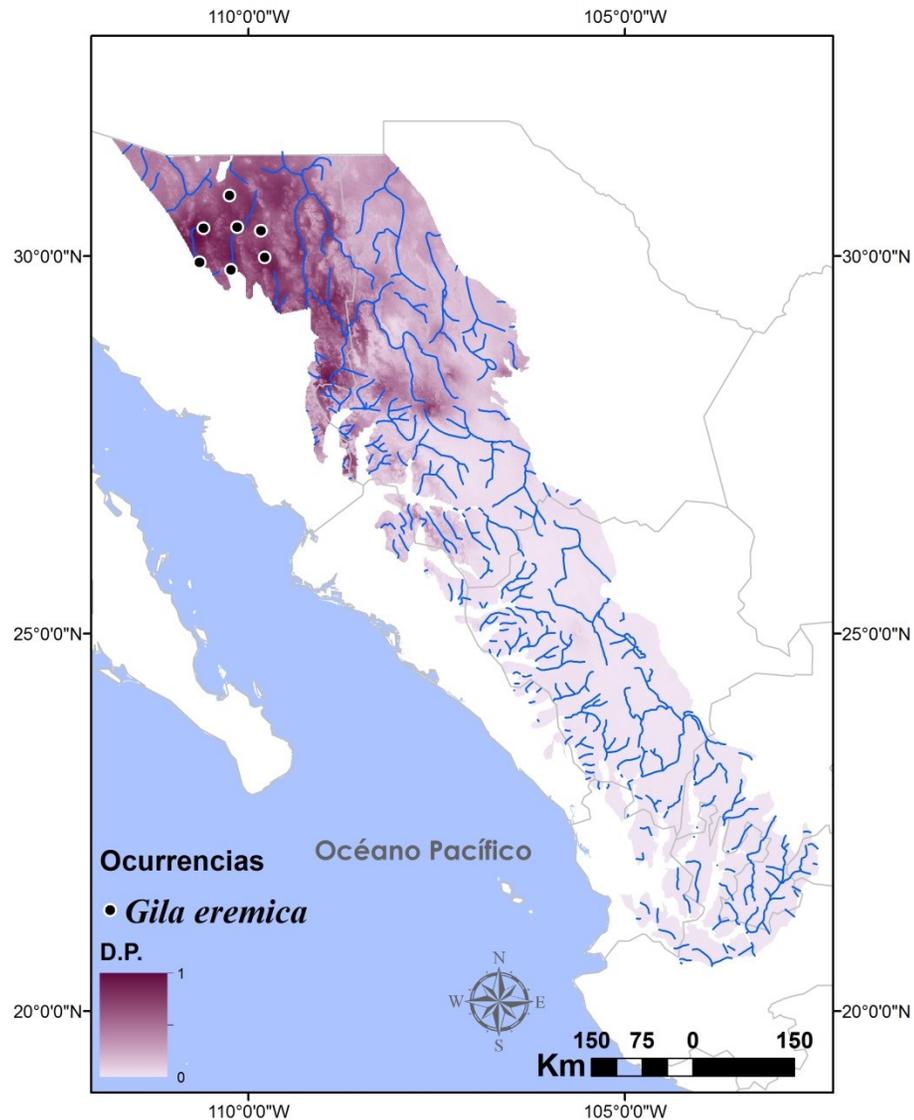
*Gila ditaenia* Miller, 1945: 106. [Copeia 1945 (no. 2)]. Descr. original, Río Magdalena, 500 metros al oeste de La Casita, Sonora, México.

**Nombre común:** "carpa sonorensis"

**Sinonimias:** Ninguna

**Distribución:** Cuenca del Río de la Concepción (vertiente del Pacífico) abarcando una pequeña parte en Estados Unidos. En la SMOc se incluyen registros del Río Asunción y Río Sonora.

**Observaciones:** Considerada amenazada por la NOM-059-2010



### ***Gila eremica* DeMarais 1991**

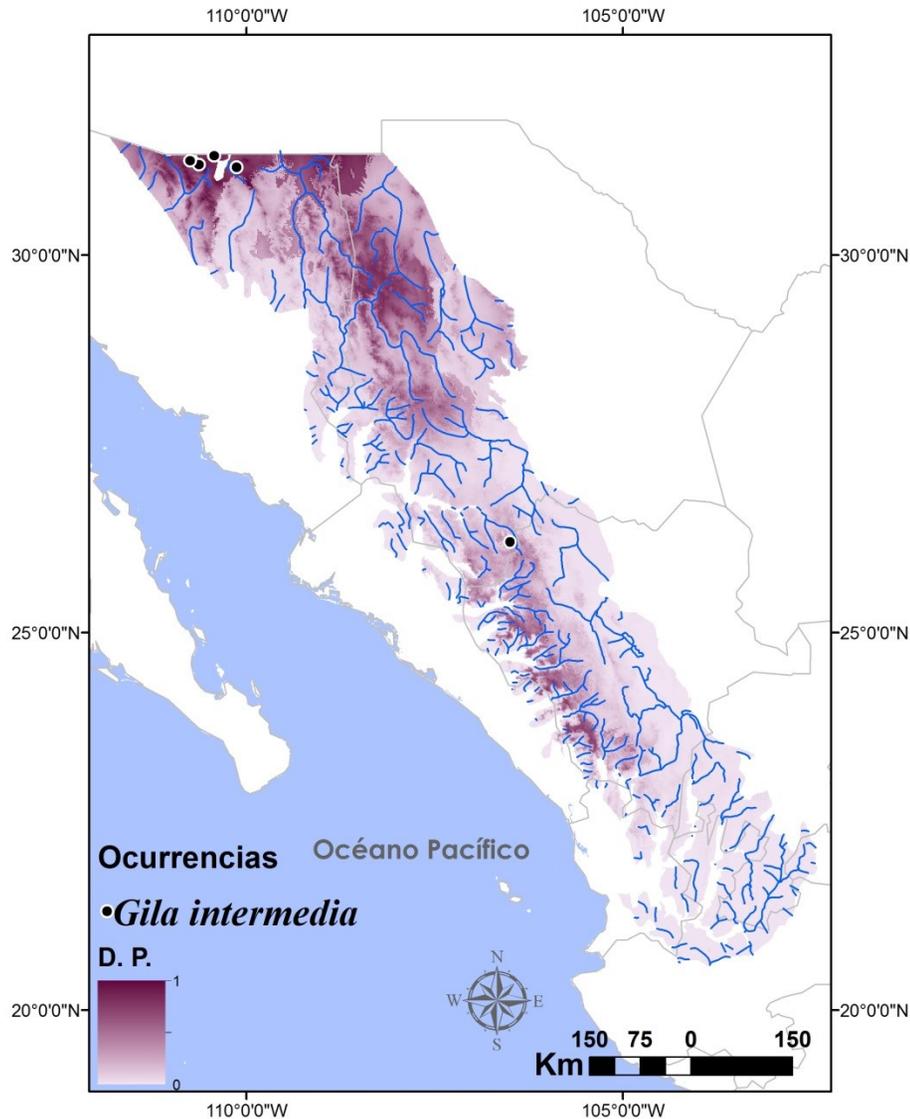
*Gila eremica* DeMarais, 1991: 179, Figs. 1-2. [Copeia 1991 (no. 1)]. Descr. original, Río Matape, San José de Pimas, Sonora, México.

**Nombre común:** "carpa del desierto"

**Sinonimias:** Ninguna

**Distribución:** Tributarios del Río Yaqui hasta el oeste en los Ríos Sonora y Mátape en la vertiente del Pacífico

**Observaciones:** Especie endémica de México.



### ***Gila intermedia* (Girard 1856)**

*Tigoma intermedia* Girard, 1856: 206. [Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia v. 8]. Descr. original, Rio San Pedro, Gila River basin, Arizona, EUA.

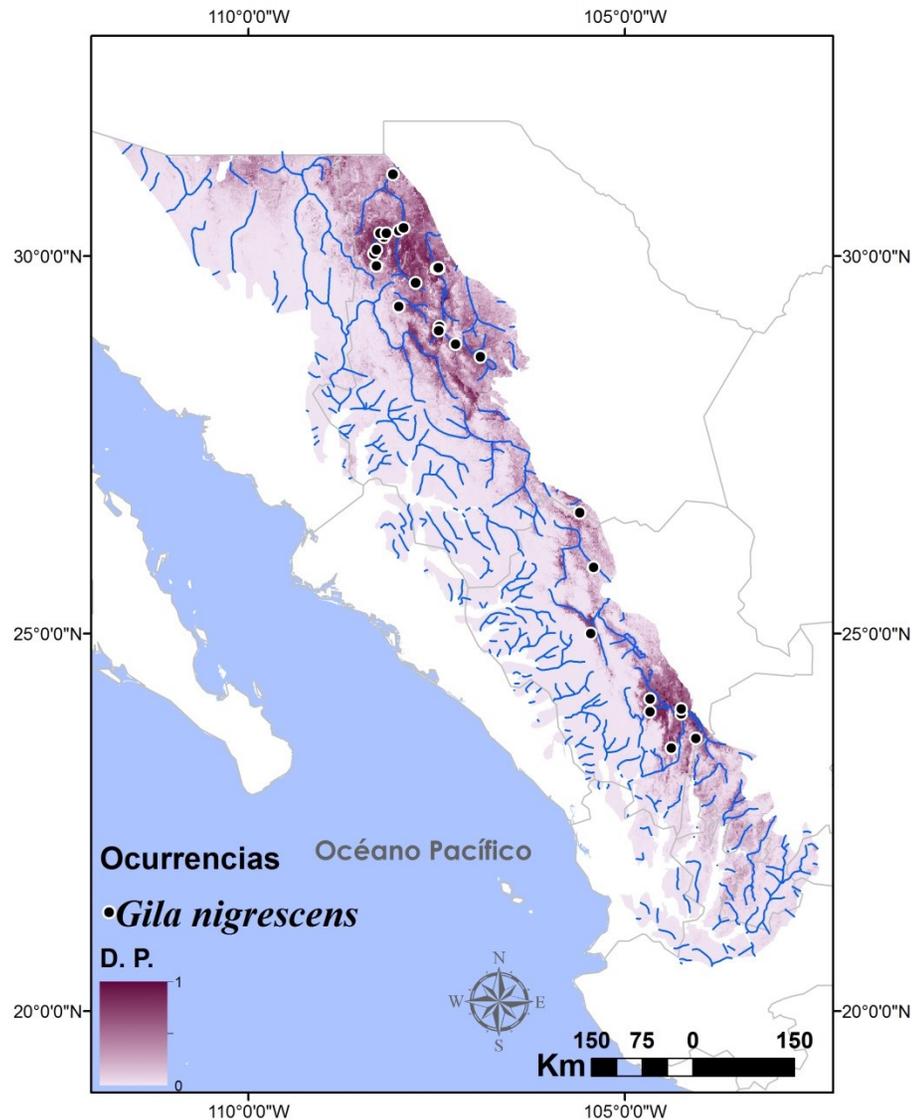
**Nombre común:** "carpa del Gila"

**Sinonimias:** *Gila gibbosa* Baird & Girard, 1854

*Squalius lemmoni* Smith, 1884

**Distribución:** Desde Estados Unidos en la cuenca del Río Colorado a México en el Río Gila y ciénega de los Fresnos en Sonora, vertiente del Pacífico. En la SMOc se encontró en el Río Colorado y Río Fuerte.

**Observaciones:** Se consideró extripada de México, hasta que en Agosto de 1990 se colectaron especímenes de *G. intermedia* en la Ciénega de Los Fesnos, tributario del Río San Pedro, Sonora (Varela-Romero *et al.* 1992). Se encuentra en categoría de peligro por la NOM-059-2010.



### ***Gila nigrescens* (Girard 1856)**

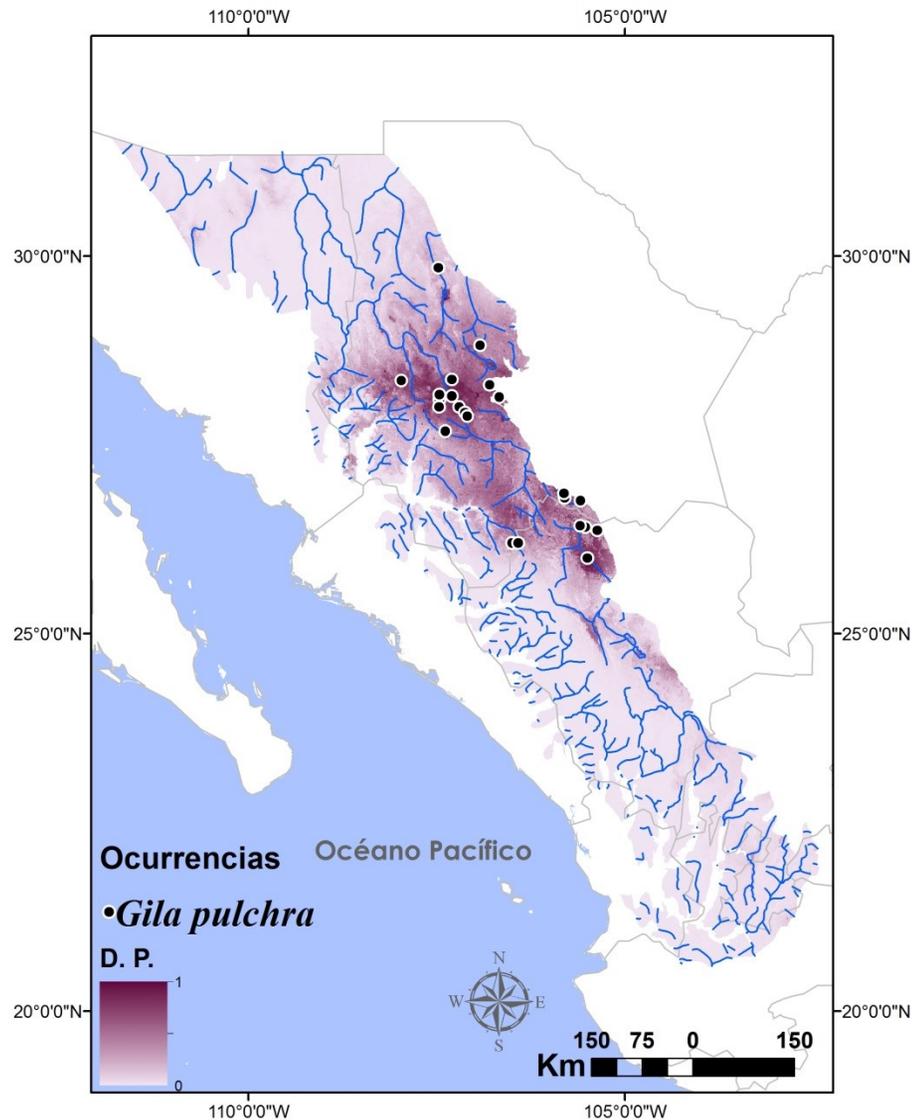
*Tigoma nigrescens* Girard, 1856:207. [Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia v. 8]. Descr. Original, Boca Grande y Río Janos, Chihuahua, Mexico.

**Nombre común:** "carpa de Chihuahua"

**Sinonimias:** *Gila pulchella* Baird & Girard, 1854

**Distribución:** Se encuentra en las cuencas interiores pertenecientes a los Ríos Casas Grandes, Santa María, del Carmen y Laguna de Bustillos. En el Río Membrillos en Nuevo México. Los registros en la SMOc corresponden al Lago Babícora, Lago Bustillos, Río Bravo, Río Casas Grandes Oeste, Río Nazas, Río San Pedro, Río Santa María y Río Yaqui.

**Observaciones:** Se encuentra amenazado de acuerdo con la NOM-059-2010.



### ***Gila pulchra* (Girard 1856)**

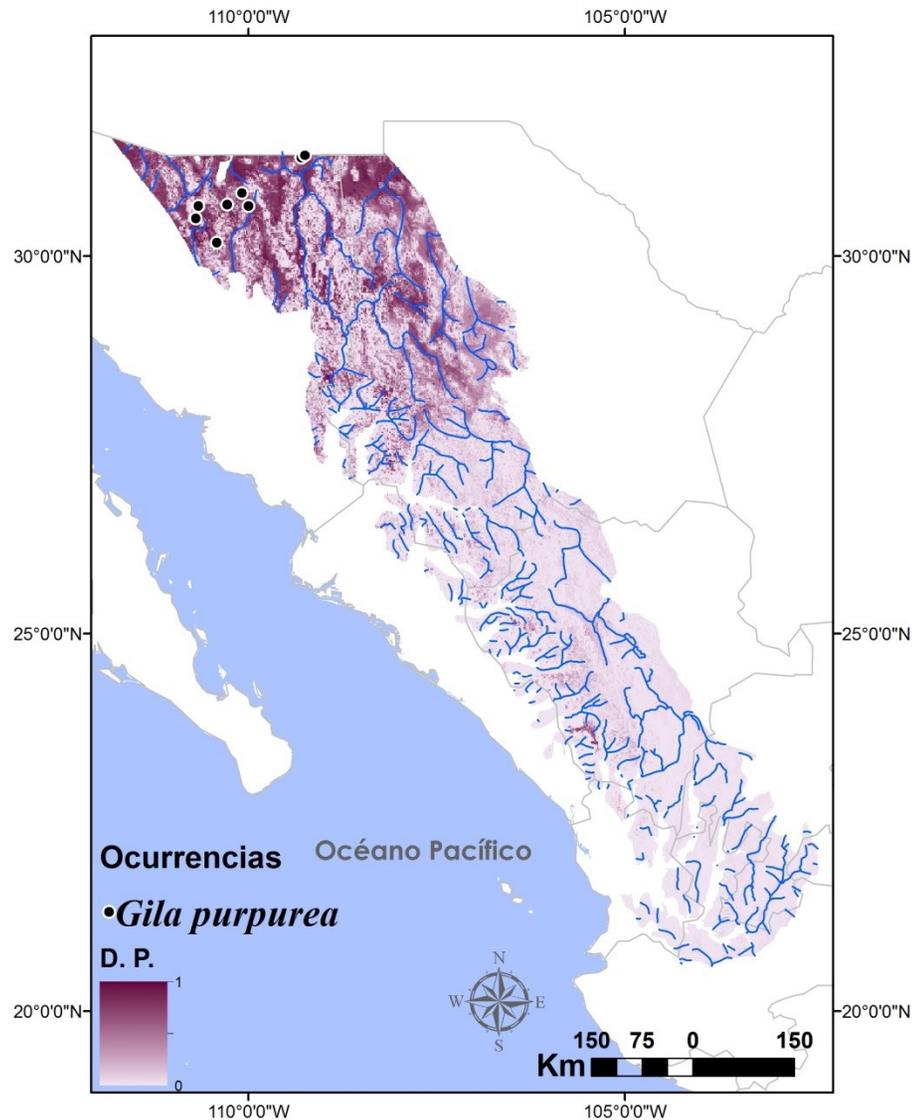
*Tigoma pulchra* Girard, 1856: 207. [Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia v. 8]. Descr. original, Río Chihuahua y tributarios, Chihuahua, Mexico.

**Nombre común:** "carpa del Conchos"

**Sinonimias:** Ninguna

**Distribución:** Cuenca del Río Conchos, probablemente cuenca del Río Saúz, en Chihuahua. Los registros en la SMOc pertenecen a Lago Bustillos, Río Bravo, Río Fuerte, Río Nazas, Río Santa María y Río Yaqui.

**Observaciones:** Hendrickson *et al.*, 1981; menciona que en la cuenca del Río Yaqui se trata de una especie similar a *G. pulchra* pero aún no ha sido descrita. Especie endémica de México.



### *Gila purpurea* (Girard 1856)

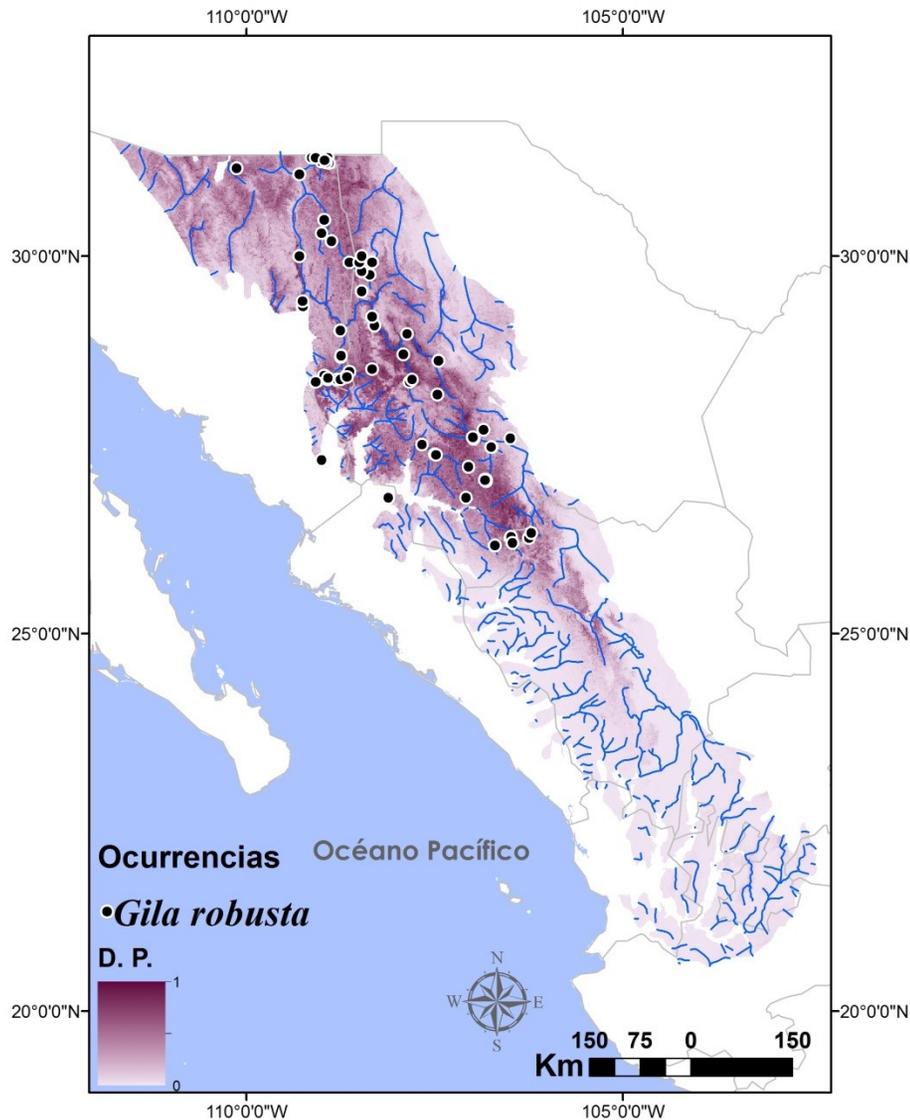
*Tigoma purpurea* Girard, 1856: 206. [Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia v. 8]. Descr. original, San Bernardino Creek, alto Río Huagui (Río Yaqui), oeste de la Sierra Madre, Cochise County, sur de Arizona, EUA.

**Nombre común:** "carpa púrpura"

**Sinonimias:** ninguna

**Distribución:** En Arizona (EUA) en la cuenca Cochise; Cuenca del Río Yaqui desde el sureste de Arizona hasta Norte de Sonora (vertiente del Pacífico). Se registró en Río Asunción, Río Sonora y Río Yaqui pertenecientes a la SMOc.

**Observaciones:** Se encuentra en peligro por la NOM-059-2010.



### ***Gila robusta* Baird & Girard 1853**

*Gila robusta* Baird & Girard, 1853: 369. [Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia v. 6]. Descr. original, Río Zuni River, Nuevo México, EUA.

**Nombre común:** "carpa cola redonda"

**Sinonimias:** *Gila affinis* Abbott, 1860

*Gila gracilis* Baird & Girard, 1853

*Gila grahamii* Baird & Girard, 1853

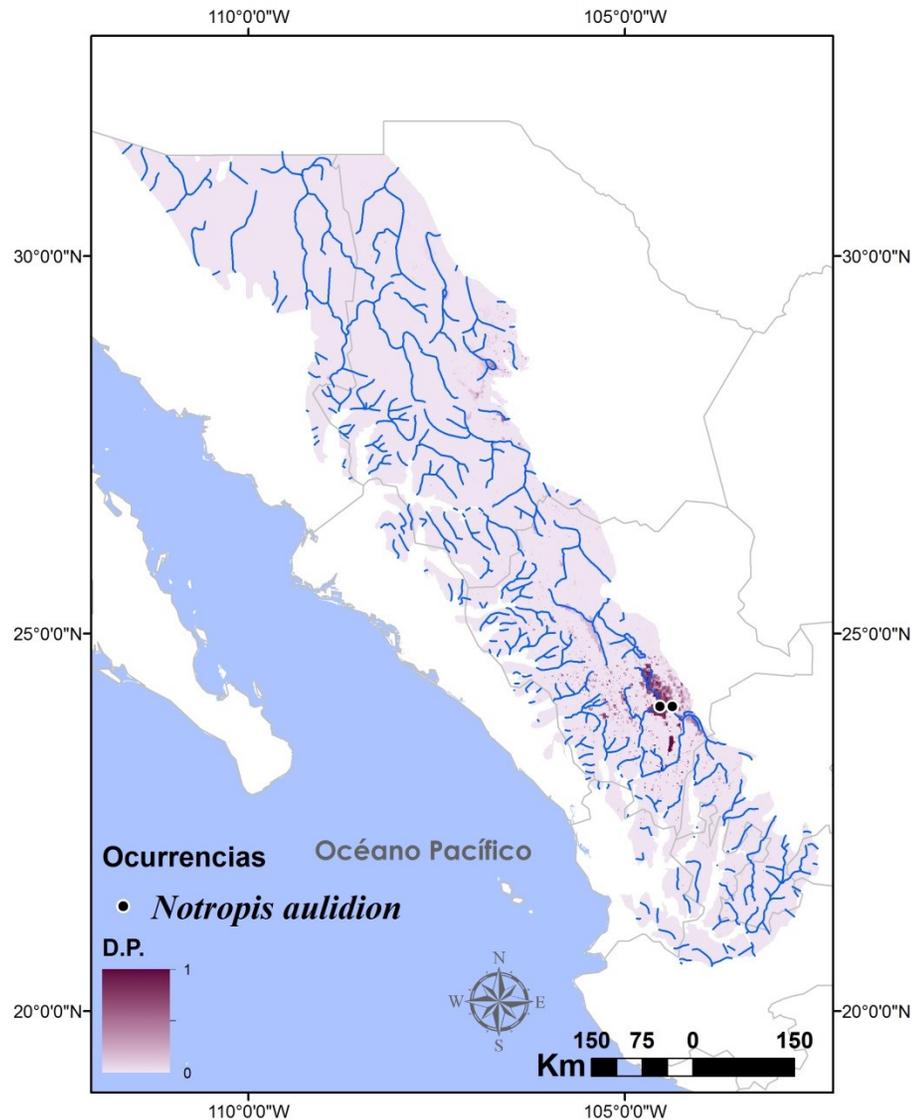
*Gila nacreata* Cope, 1871

*Ptychocheilus vorax* Girard, 1856

*Leuciscus zunnensis* Günther, 1868

**Distribución:** Desde Wyoming hasta Sonora y Baja California, correspondiente a la cuenca del Río Colorado, vertiente del Pacífico. En la SMOc se registró en las cuencas de los Ríos Bravo, Casas Grandes Oeste, Colorado, Fuerte, Mayo y Yaqui.

**Observaciones:** De acuerdo con la NOM-059-2010 se encuentra amenazada.



### ***Notropis aulidion* Chernoff & Miller 1986**

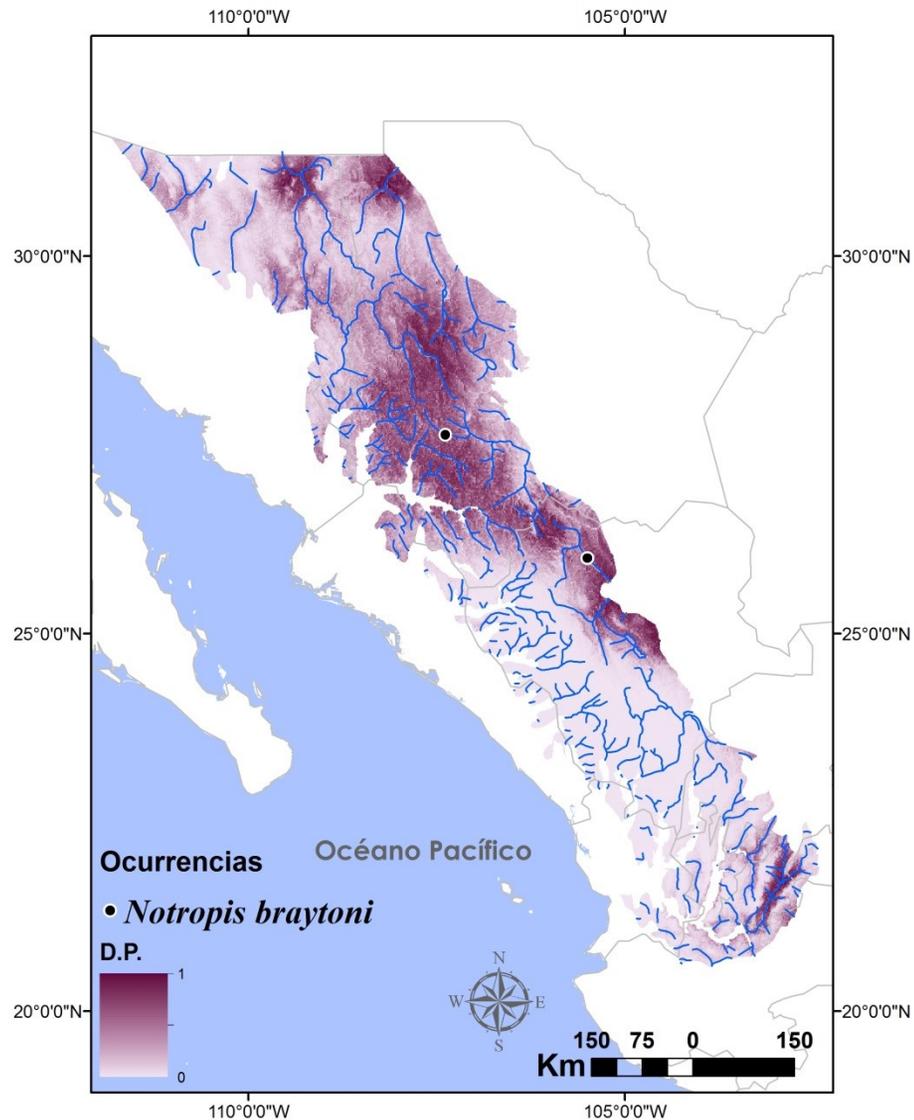
*Notropis aulidion* Chernoff & Miller, 1986: 177, Figs. 3, 5, 7, 8. [Copeia 1986 (no. 1)]. Descr. original, Embalse, a unos 25 kilómetros al este de la ciudad de Durango, estado de Durango, México.

**Nombre común:** "carpita de Durango"

**Sinonimias:** *Hybopsis aulidion* (Chernoff & Miller 1986)

**Distribución:** Cuenca del Río Mezquital (Durango), vertiente del Pacífico. Para la SMOc solo hay ocurrencias en la cuenca del Río San Pedro.

**Observaciones:** Especie endémica de la SMOc y sujeta a protección especial según la NOM-059-2010.



### ***Notropis braytoni* Jordan & Evermann 1896**

*Notropis braytoni* Jordan & Evermann, 1896: 264. [Bulletin of the United States National Museum No. 47]. Descr. original, Río Monterrey (tributario del Río San Juan), Cadereita (Cadereyta), Nuevo León, México.

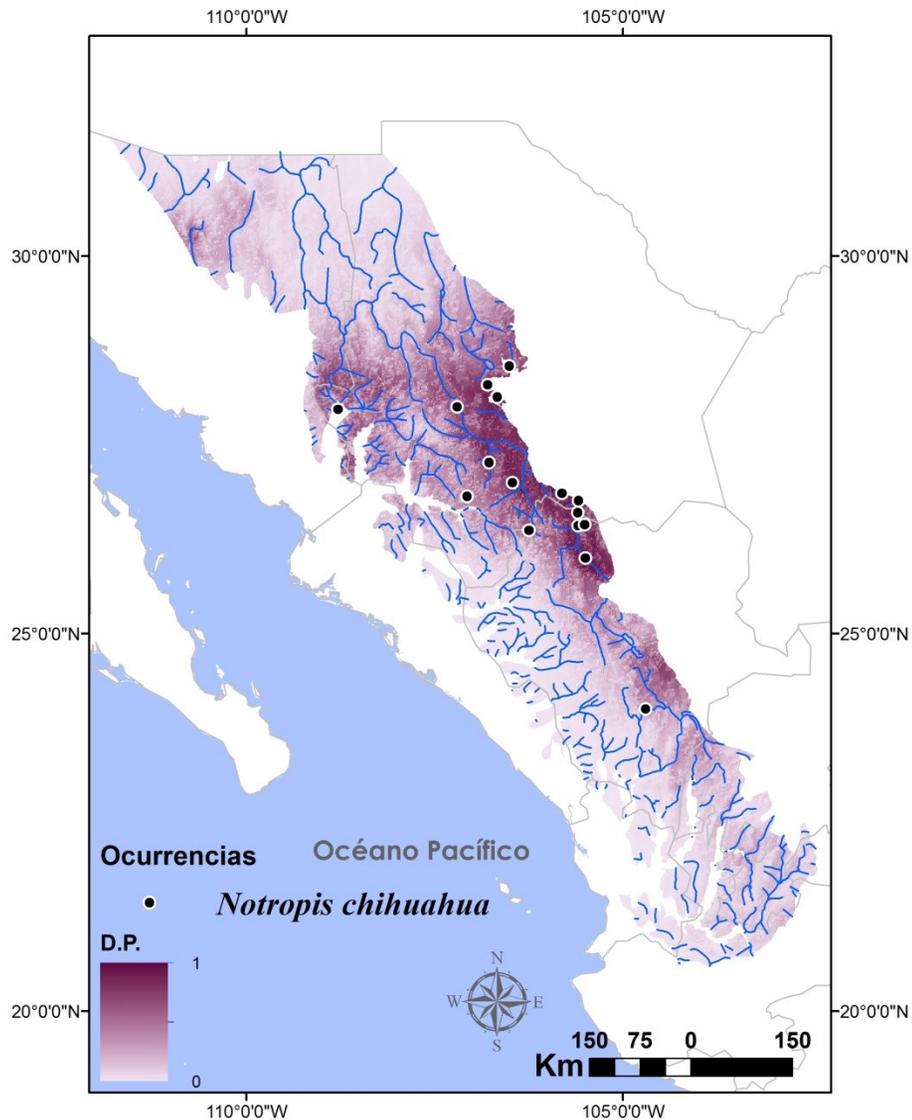
**Nombre común:** "carpita tamaulipeca"

**Sinonimias:** *Moniana nitida* Girard, 1856

*Notropis robustus* Meek, 1902

**Distribución:** Río Bravo y tributarios tanto EUA como en México, correspondiente a la vertiente del Atlántico. En la SMOc sólo se encontró en el Río Bravo y Río Nazas.

**Observaciones:** La NOM-059-2010 la categoriza como especie amenazada.



### ***Notropis chihuahua* Woolman 1892**

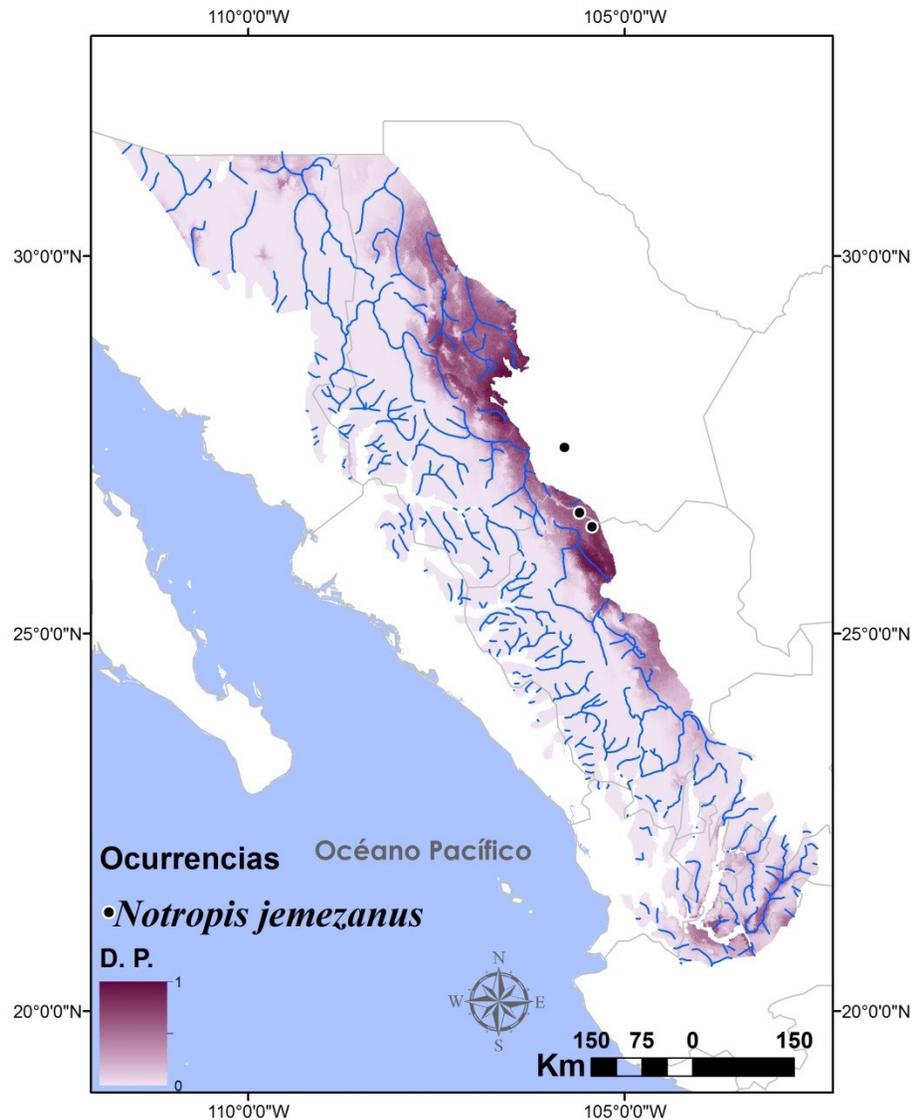
*Notropis chihuahua* Woolman, 1892: 260. [American Naturalist v. 26 (no. 303)]. Descr. original, Río de los Conchos [Río Chuviscar], debajo de la Ciudad de Chihuahua, Chihuahua, México.

**Nombre común:** "carpita chihuahuense"

**Sinonimias:** Ninguna

**Distribución:** vertiente del Atlántico en la cuenca del Río Conchos, afluentes del Río Bravo. En el norte de la SMOc se registró en el Río Bravo, Río Fuerte, Río Mayo, Río Nazas y Río San Pedro.

**Observaciones:** Especie introducida, sin embargo la SEMARNAT (2010) la considera como especie amenazada.



### ***Notropis jemezanus* (Cope 1875)**

*Alburnellus jemezanus* Cope, 1875:650 (figs. 3, 3a). [Engineer Department, United States Army, Report upon the Geographical and Geological Explorations and Surveys west of the one hundredth Meridian v. 5 (Zoology) Chapter 6]. Descr. original, Río Grande en San Ildefonso, 10 millas al este de Los Alamos, Sante Fe County, Nuevo México, EUA.

**Nombre común:** "carpita del Bravo"

**Sinonimias:** *Notropis santarosaliae* Meek, 1902

**Distribución:** Cuenca del Río Bravo, en México: Río Conchos Río Salado y Río San Juan; en EUA en el Río Grande y Río Pecos.

**Observaciones:** SEMARNAT (2010) la determina como amenazada.



***Notropis nazas* Meek 1904.**

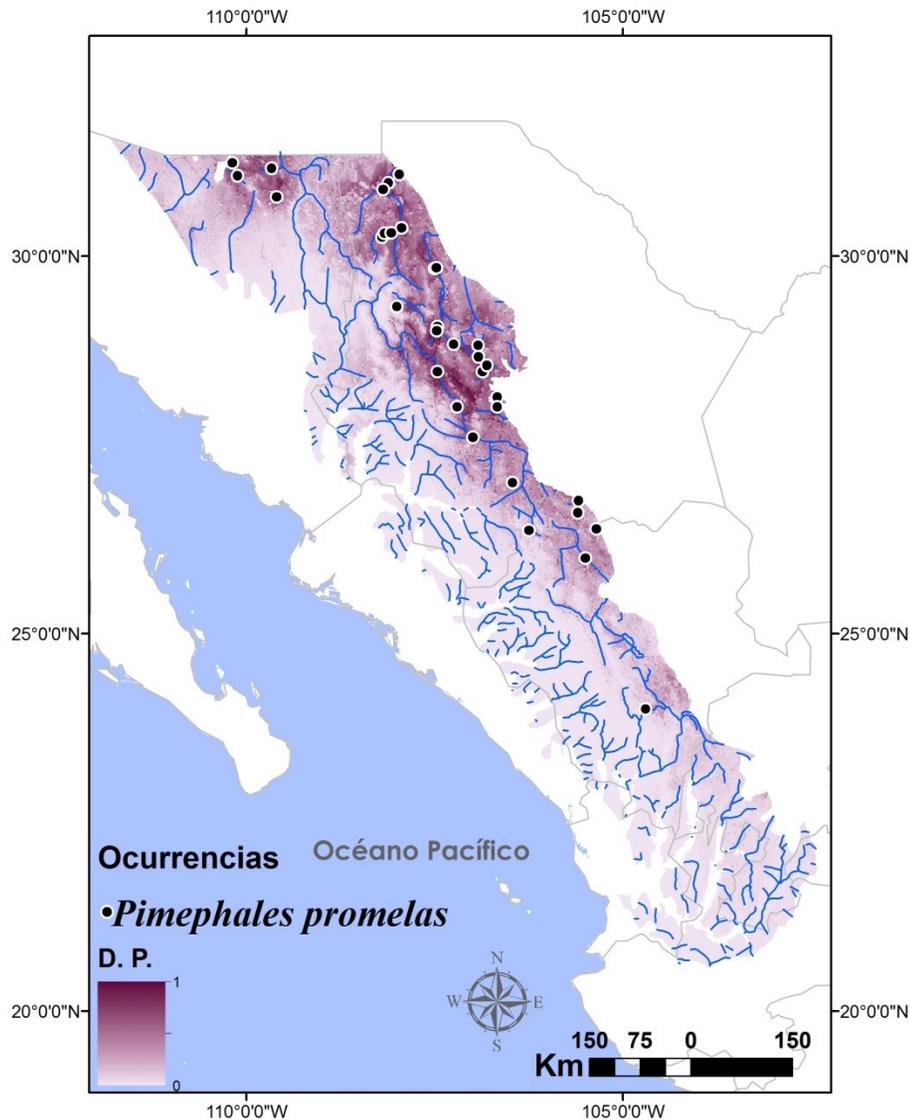
*Nototropis nazas* Meek, 1904: 70, Fig. 19. [Field Columbian Museum, Zoological Series v. 5]. Descr. original, Río Nazas en Santiago Papasquiario, Durango, México.

**Nombre común:** "carpita del Nazas"

**Sinonimias:** Ninguna

**Distribución:** Cuenca endorreica de los Ríos Nazas y Aguanaval.

**Observaciones:** Especie endémica de México.



### *Pimephales promelas* Rafinesque 1820

*Pimephales promelas* Rafinesque, 1820: 299. [Western Revue and Miscellaneous Magazine v. 2 (no. 5)]. Descr. original, Estanque cerca de Lexington, Kentucky, EUA.

**Nombre común:** "carpita cabezona"

**Sinonimias:** *Pimephales agassizii* Cope, 1867

*Pimephales anuli* Kendall, 1903

*Hyborhynchus confertus* Girard, 1856

*Pimephales fasciatus* Girard, 1856

*Pimephales maculosus* Girard, 1856

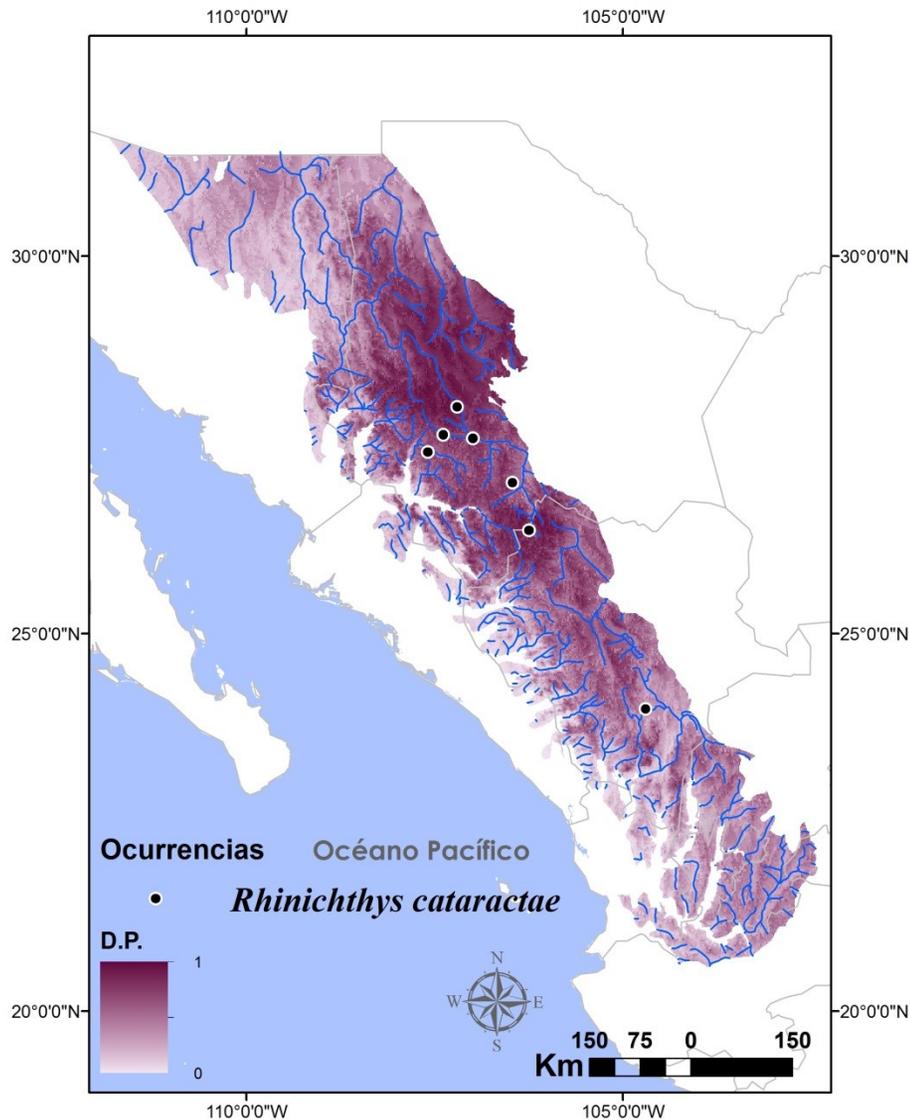
*Plargyrus melanocephalus* Abbott, 1860

*Pimephales milesii* Cope, 1865

*Hyborhynchus nigellus* Cope & Yarrow, 1875

**Distribución:** Amplia distribución en el Norte de América, la cual inicia en el este de Canadá en la cuenca del Gran Lago de los Esclavos, hasta Laguna Bustillos, Durango, en México. Ampliamente distribuida en la parte este de la SMOc, en Lago Babícora, Lago Bustillos, en los Ríos Bravo, Casas Grandes Oeste, Colorado, Nazas, San Pedro, Santa María y Yaqui.

**Observaciones:** Especie introducida.



### ***Rhinichthys cataractae* (Valenciennes 1842)**

*Gobio cataractae* Valenciennes, 1842: 315. [Histoire naturelle des poissons v. 16]. Descr. original, Inmediaciones de las Cataratas del Niágara, América del Norte.

**Nombre común:** "carpita rinconera"

**Sinonimias:** *Argyreus dulcis* Girard, 1856

*Rhinichthys luteus* Garman, 1881

*Rhinichthys marmoratus* Agassiz, 1850

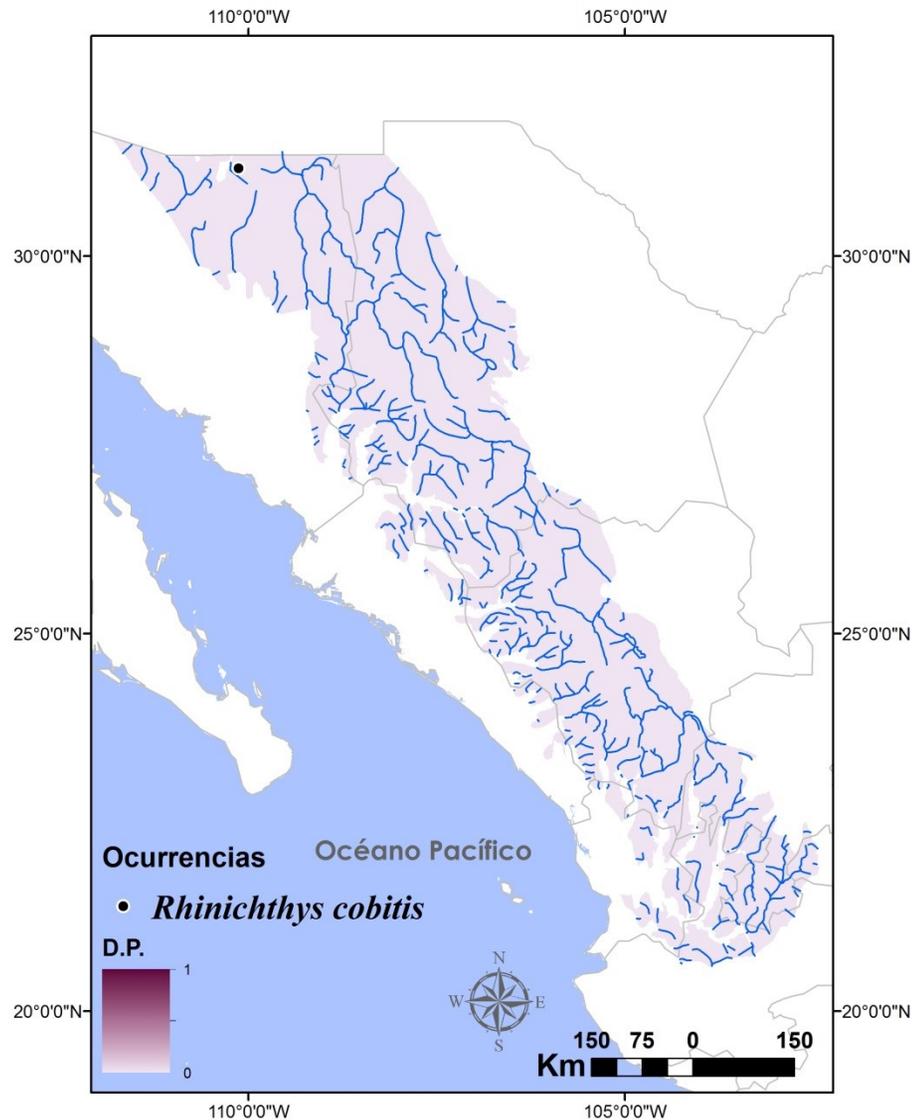
*Rhinichthys maxillosus* Cope, 1865

*Leuciscus nasutus* Ayres, 1843

*Rhinichthys ocella* Garman, 1881

*Rhinichthys transmontanus* Cope, 1879

**Distribución:** Norte y centro de Norteamérica, desde Canadá hasta el Río Bravo, el cual incluye el Río Conchos y el alto Río San Juan. En la SMOc se encontró en el Río Bravo, Río Fuerte y Río San Pedro.



### *Rhinichthys cobitis* (Girard 1856)

*Tiaroga cobitis* Girard, 1856:204. [Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia v. 8]. Descr. original, Río San Pedro, un afluente del Río Gila, Arizona, EUA.

**Nombre común:** "carpita locha"

**Sinonimias:** Ninguna

**Distribución:** Cuenca del Río Gila (Nuevo México y Arizona), en México sólo en la cabeceras del Río San Pedro, Sonora.

**Observaciones:** SEMARNAT en 2010 la categoriza como probablemente extinta. El último registro fue en 1950 en Río San Pedro, Sonora (UMMZ 162682).

***Rhinichthys osculus* (Girard 1856)**

*Argyreus osculus* Girard, 1856:186. [Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia v. 8]. Descr. original: Babocomori [Bobocomari], tributario del Río San Pedro, mismo que fluye en el Río Gila, Cochise County, Arizona, EUA.

**Nombre común:** "carpita pinta"

**Sinonimias:** *Agosia adobe* Jordan & Evermann, 1891

*Agosia novemradiata* Cope, 1883

*Agosia robusta* Rutter, 1903

*Argyreus notabilis* Girard, 1856

*Argyreus nubilus* Girard, 1856

*Ceraticthys squamilentus* Cope, 1871

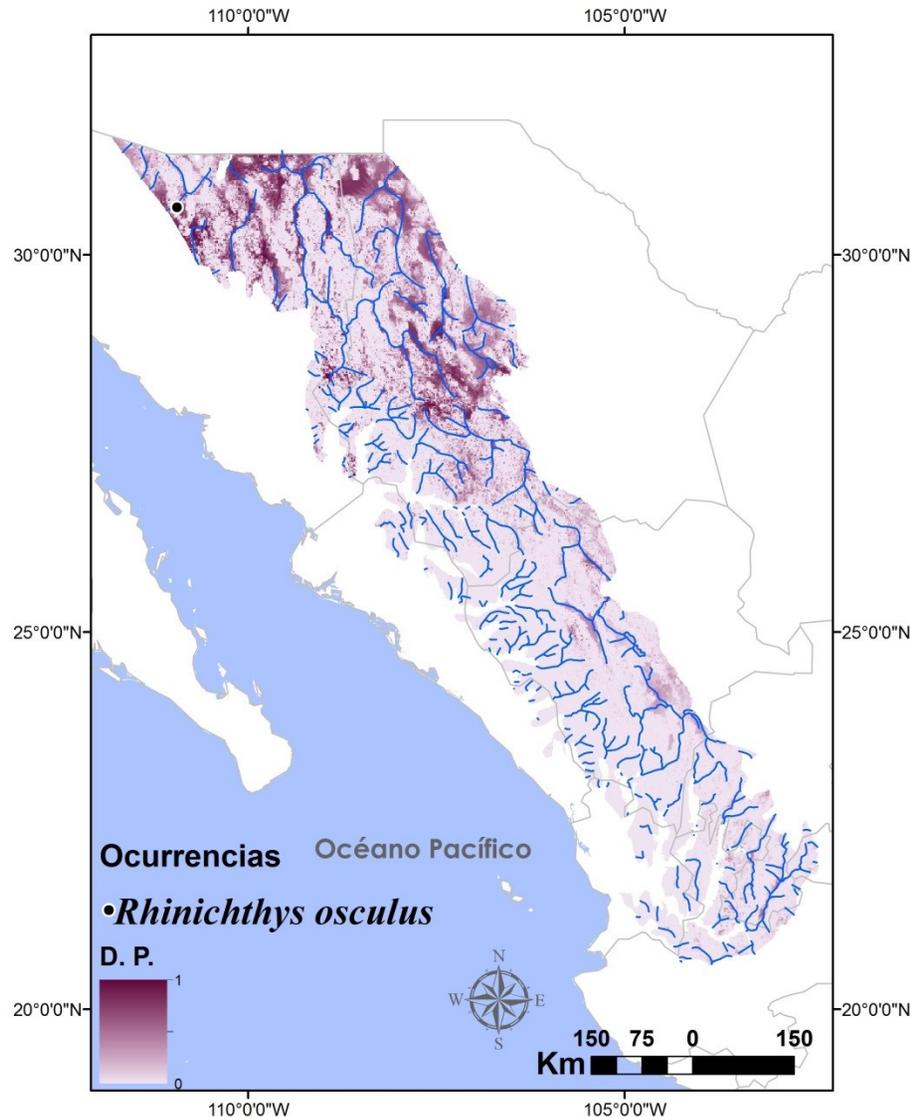
*Rhinichthys henshavi* Cope, 1874

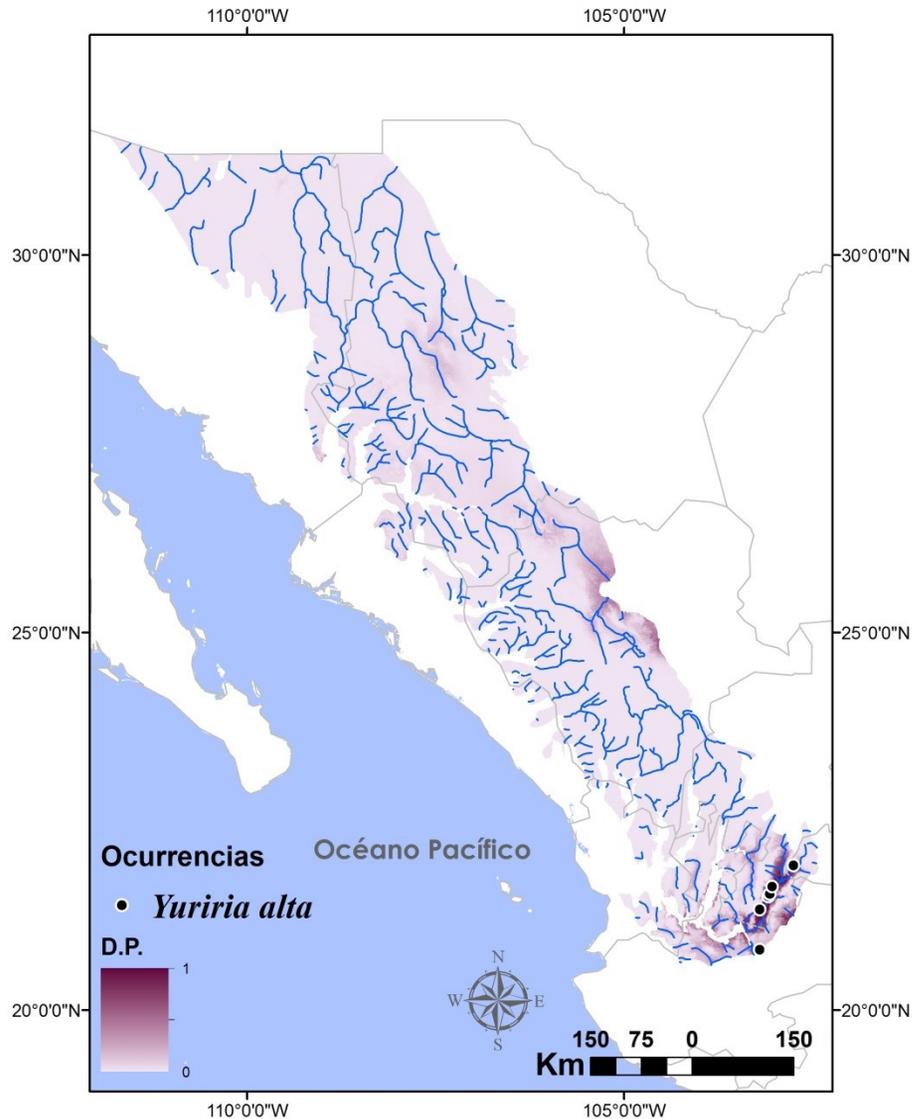
*Tigoma rhinichthyoides* Cope, 1872

*Ceraticthys ventricosus* Cope, 1874

**Distribución:** Amplia en Norteamérica en la vertiente del Pacífico y cuencas interiores desde el sur de la Columbia Británica hasta el el Río Santa Cruz en Sonora, aunque se cree desaparecida en esta última localidad.

**Observaciones:** Especie extinta (SEMARNAT, 2010), último registro de esta especie en la SMOc fue en Río Asunción, Magdalena (Sonora) en 1947 (ANSP 71803).





### ***Yuriria alta* (Jordan 1880)**

*Hudsonius altus* Jordan, 1880: 301. [Proceedings of the United States National Museum v. 2 (no. 94)]. Descr. original, Lago Tupataro, Guanajuato, México.

**Nombre común:** "carpa blanca"

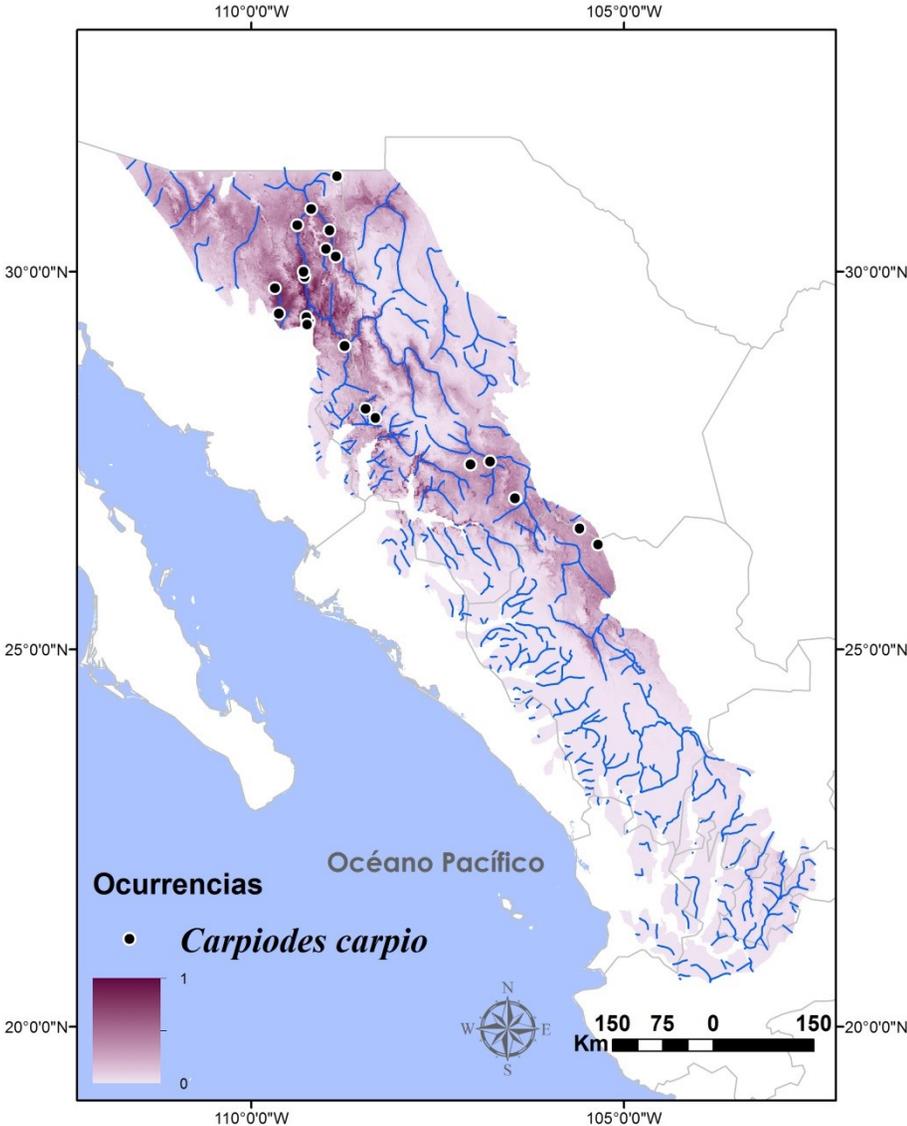
**Sinonimias:** *Notropis altus* (Jordan 1880)

*Notropis celayensis* Álvarez, 1958

**Distribución:** Cuenca del Río Lerma, vertiente del Pacífico. Se registró en el sur de la SMOc en la cuenca del Río Santiago.

**Observaciones:** Especie endémica de México.

### Familia Catostomidae



#### ***Carpiodes carpio* (Rafinesque, 1820)**

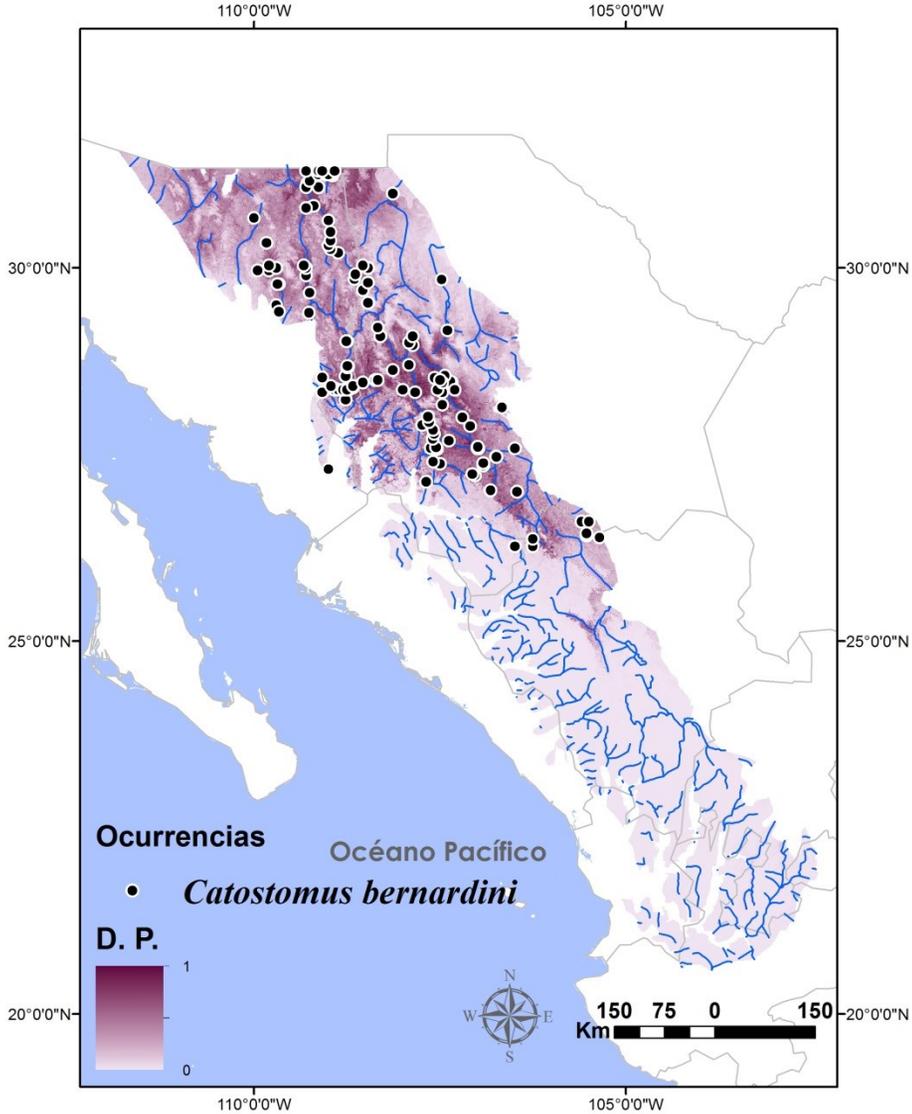
*Catostomus carpio* Rafinesque, 1820: 302. [Western Revue and Miscellaneous Magazine v. 2 (no. 5)]. Descr. original, Caídas del Río Ohio en Louisville, Kentucky, EUA.

**Nombre común:** "matalote chato"

- Sinonimias:** *Carpiodes bison* Agassiz, 1854  
*Carpiodes damalis* Girard, 1856  
*Carpiodes elongatus* Meek, 1904  
*Carpiodes forbesi* Hubbs (ex Forbes & Richardson), 1930  
*Carpiodes grayi* Cope, 1870  
*Carpiodes microstomus* Meek, 1904  
*Carpiodes nummifer* Cope, 1870

**Distribución:** Vertiente del Atlántico ampliamente desde Estados Unidos en la cuenca del Río Misisipi (Montana-Pensilvania), afluentes de la vertiente del Golfo (Luisiana), cuenca del Río Bravo (Nuevo México y Texas) hasta México en los Ríos Conchos, Salado y San Juan (Chih. Coah. y N. L.9 hasta la cuenca del Río Soto la Marina (Tamps.) En la SMOc se encontró en la cuenca del Río Bravo, Río Fuerte, Río Mayo (Chih.) y Río Yaqui (Son.)

**Observaciones:** La NOM-059-2010 la clasifica como Amenazada (A) (SEMARNAT, 2010) y fue introducida a principios de la década de los 70's en la cuenca del Río Yaqui (Hendrickson *et al.*, 1980).



***Catostomus bernardini* Girard, 1856**

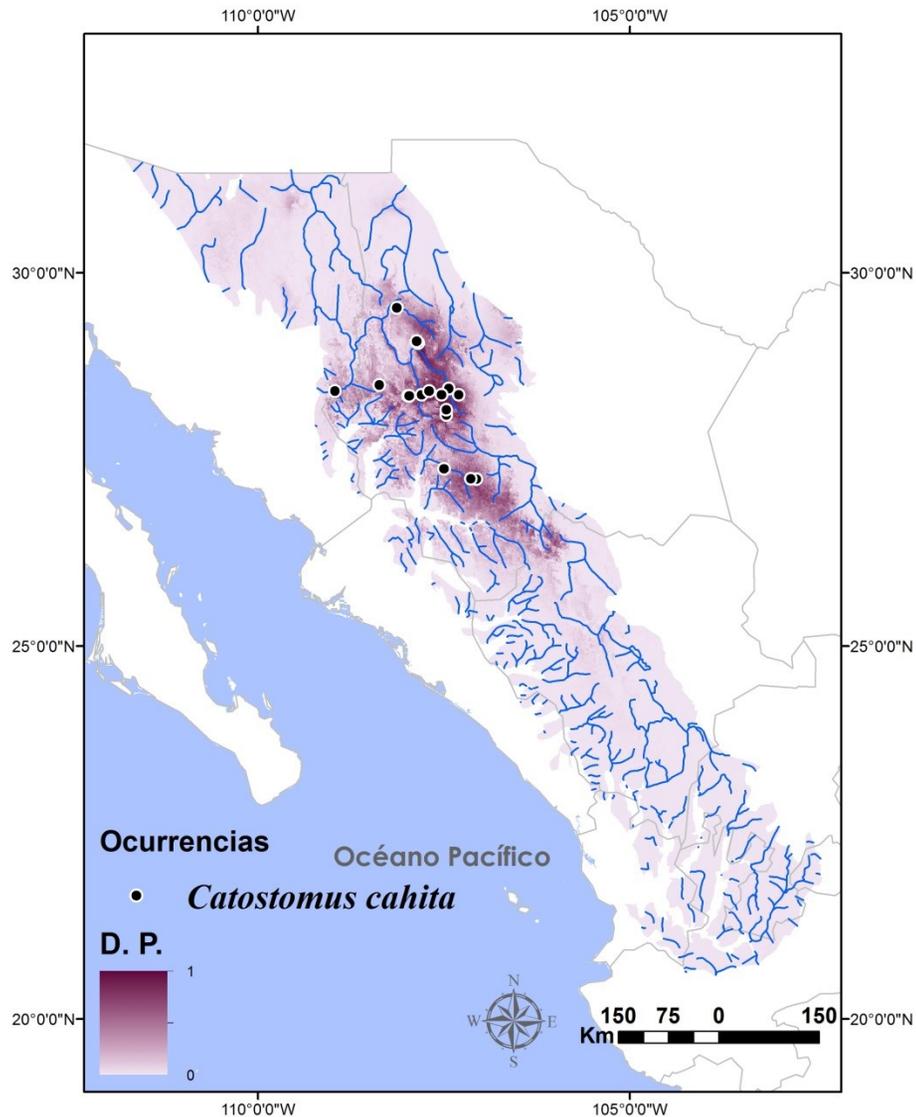
*Catostomus bernardini* Girard, 1856: 175. [Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia v. 8]. Descr. original, Río de San Bernardino, en cabeceras del Río Huagui, aproximadamente 29 km al E de Douglas, Arizona, en Sonora, México.

**Nombre común:** "matalote yaqui"

**Sinonimias:** Ninguna

**Distribución:** Vertiente del Atlántico en la cuenca del Río Conchos; vertiente del Pacífico en la Cuenca del Río Yaqui (sur de Arizona y Chihuahua-Sonora) hasta el Río Mayo (Son.) Las ocurrencias para la SMOc se encuentran en la cuenca del Río Bravo (Chih.-Dgo.), Río Casas Grandes, Río Fuerte (Chih.-Dgo.), Río Mayo (Chih.-Son.), Río Santa María (Chih.), Río Sonora y Río Yaqui (Chih.-Son).

**Observaciones:** La NOM-059-2010 la clasifica como especie sujeta a protección especial (Pr)



### ***Catostomus cahita* Siebert & Minckley, 1986**

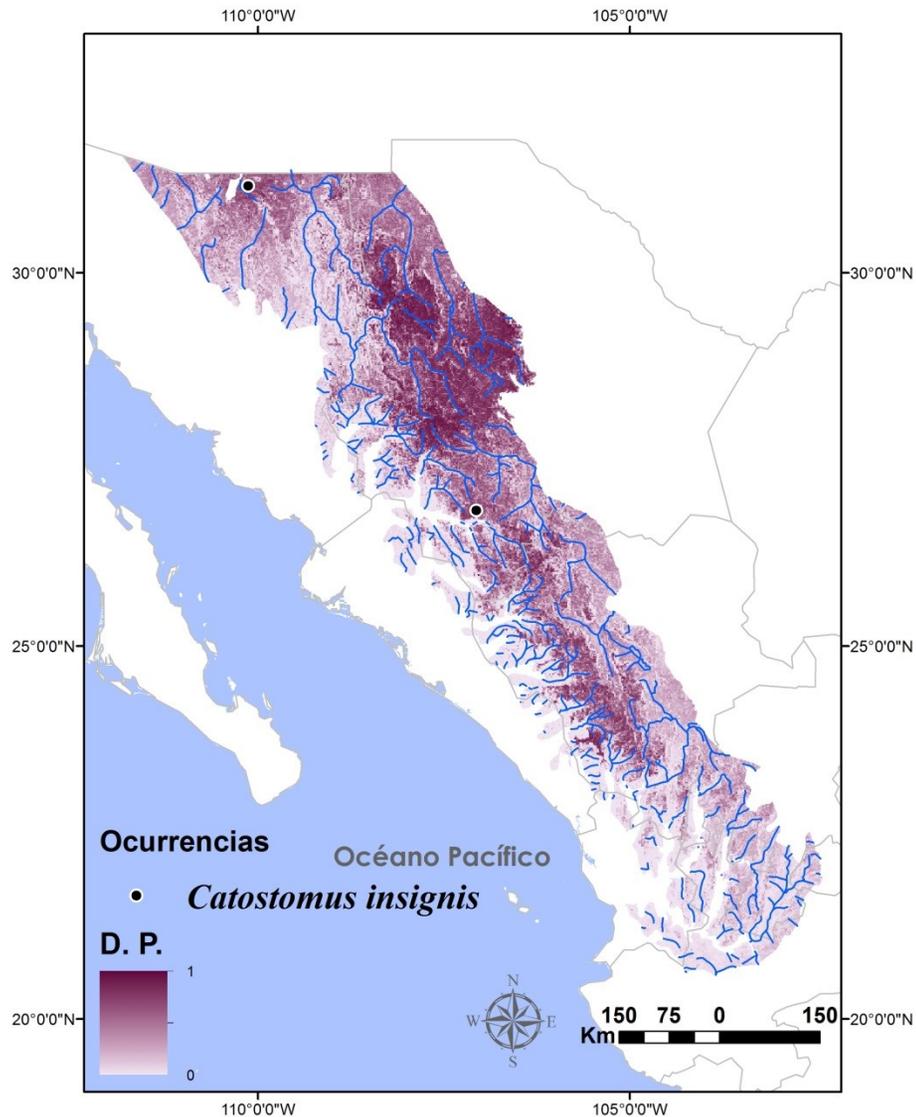
*Catostomus cahita* Siebert & Minckley, 1986:10, Figs. 2b, 3b, d, f, 5 [American Museum Novitates No. 2849]. Descr. original, Arroyo Ahumado, tributario del Río Tomóchic, 21.8 km de Tomóchic, 28°21'N, 107°58'W, Chihuahua, México.

**Nombre común:** "matalote cahita"

**Sinonimias:** Ninguna

**Distribución:** Vertiente del Pacífico en la cuenca del Río Yaqui, tributarios del sur y suroeste del Río Papigóchic. Los registros presentes en la SMOC se encuentran en la cuenca del Río Fuerte (Chih.) y Río Yaqui (Chih.-Son.)

**Observaciones:** Endémica de México y la NOM-059-2010 la considera en la categoría de Amenazada (A).



### ***Catostomus insignis* Baird & Girard, 1854**

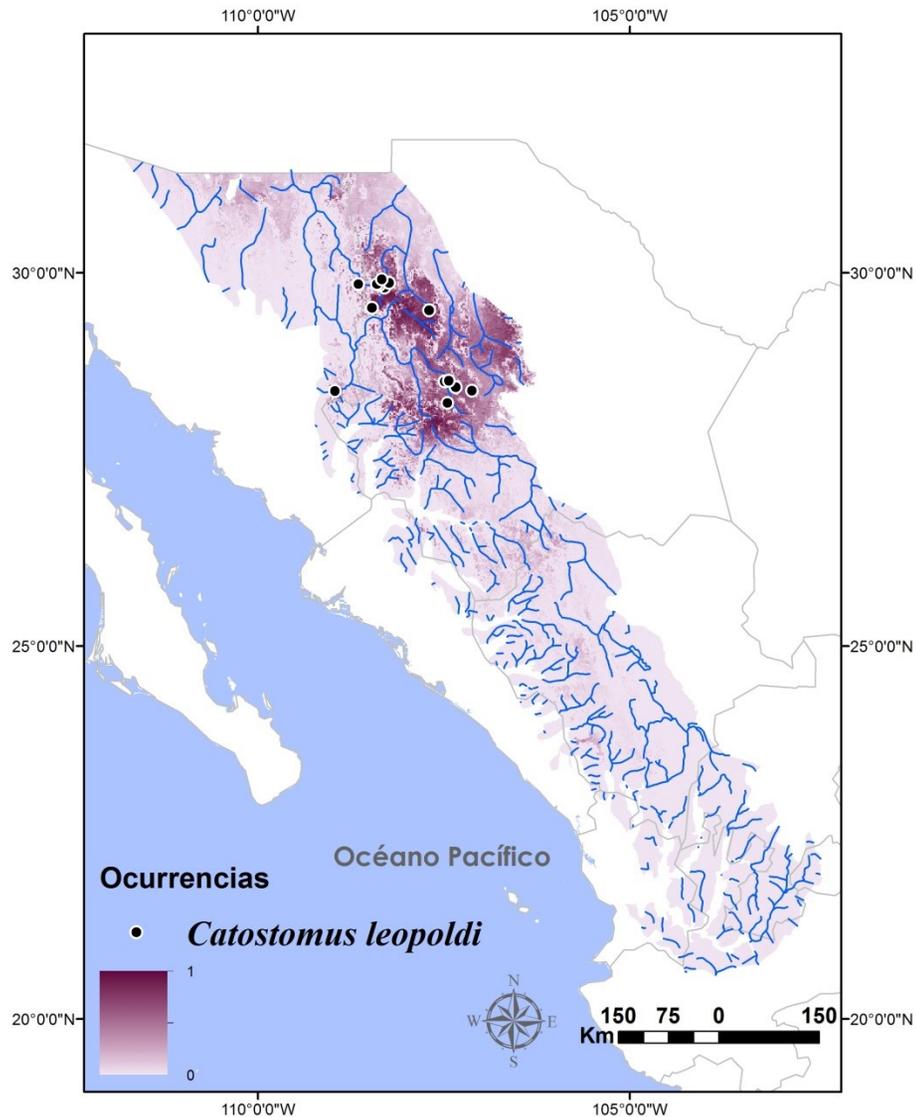
*Catostomus insignis* Baird & Girard, 1854:28 [Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia v. 7]. Descr. original, Río San Pedro, tributario del Río Gila, Cochise County, Arizona, EUA.

**Nombre común:** "matalote de Sonora"

**Sinonimias:** *Catostomus gila* Kirsch, 1889

**Distribución:** Similar a la de *C. clarkii*, cuenca del Río Colorado y Río Gila. En México en el norte de Sonora. En la SMOc se registró en la cuenca del Río Colorado (Son.) y Río Fuerte (Chih.)

**Observaciones:** La NOM-059-2010 la considera en peligro de extinción (P).



***Catostomus leopoldi* Siebert & Minckley, 1986**

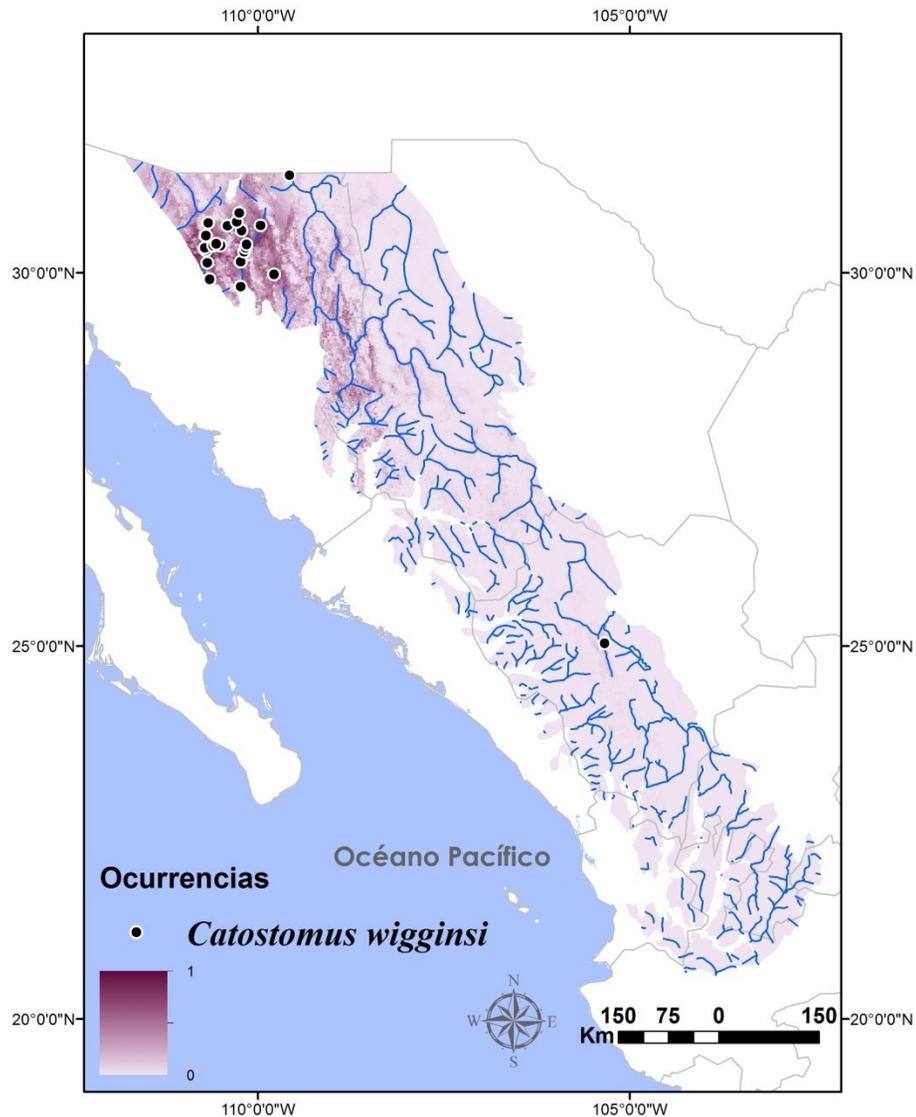
*Catostomus leopoldi* Siebert & Minckley, 1986: 2, Figs. 1, 2a, 3a, c, e [American Museum Novitates No. 2849]. Descr. Original, Arroyo Moctezuma, Río Gavilán, 29°51'N, 108°24'W, Chihuahua, México.

**Nombre común:** "matalote del Bavispe"

**Sinonimias:** Ninguna

**Distribución:** Vertiente del Pacífico cuenca del Río Yaqui (tributarios al Río Bavispe) y cuenca del Río Casas Grandes. En la SMOc se registró en estas mismas cuencas.

**Observaciones:** Especie endémica de la SMOc, y considerada en protección especial (Pr) por la NOM-059-2010.



### ***Catostomus wigginsi* Herre & Brock, 1936**

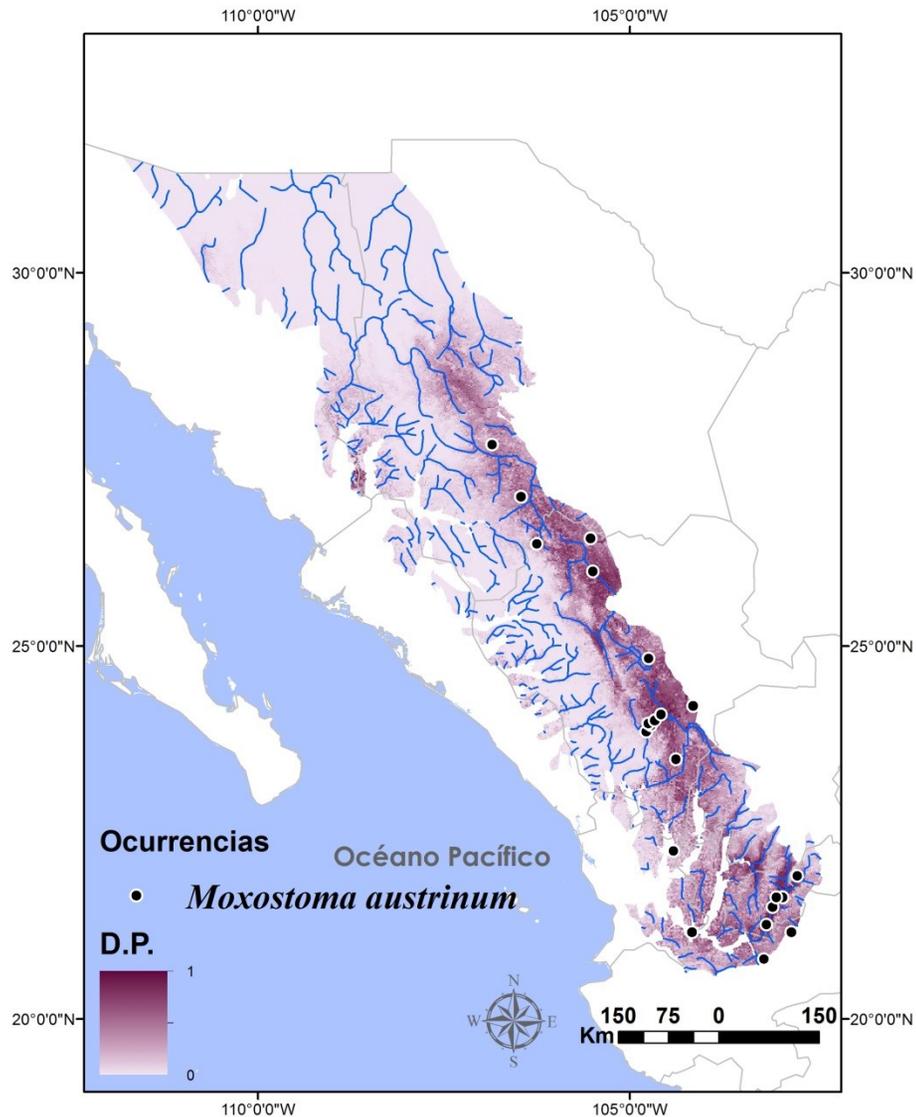
*Catostomus wigginsi* Herre & Brock, 1936: 11. [Proceedings of the Biological Society of Washington v. 49]. Descr. original, Oeste del Río San Miguel, 5 millas NO de Cucurpe, y 29 millas SE de Magdalena, Sonora, México.

**Nombre común:** "matalote ópata"

**Sinonimias:** Ninguna

**Distribución:** Cuenca del Río Sonora (vertiente del Pacífico). En la SMOC se encontró en los Ríos Asunción, Sonora, Yaqui (en Sonora) y Nazas (Durango).

**Observaciones:** La NOM-059-2010 la considera Amenazada, lo cual es importante debido a que esta especie es endémica de la SMOC.



### ***Moxostoma austrinum* Bean, 1880**

*Moxostoma austrinum* Bean, 1880: 302. [Proceedings of the United States National Museum v. 2]. Descr. original, Piedad, en Morelia, Michoacán, México.

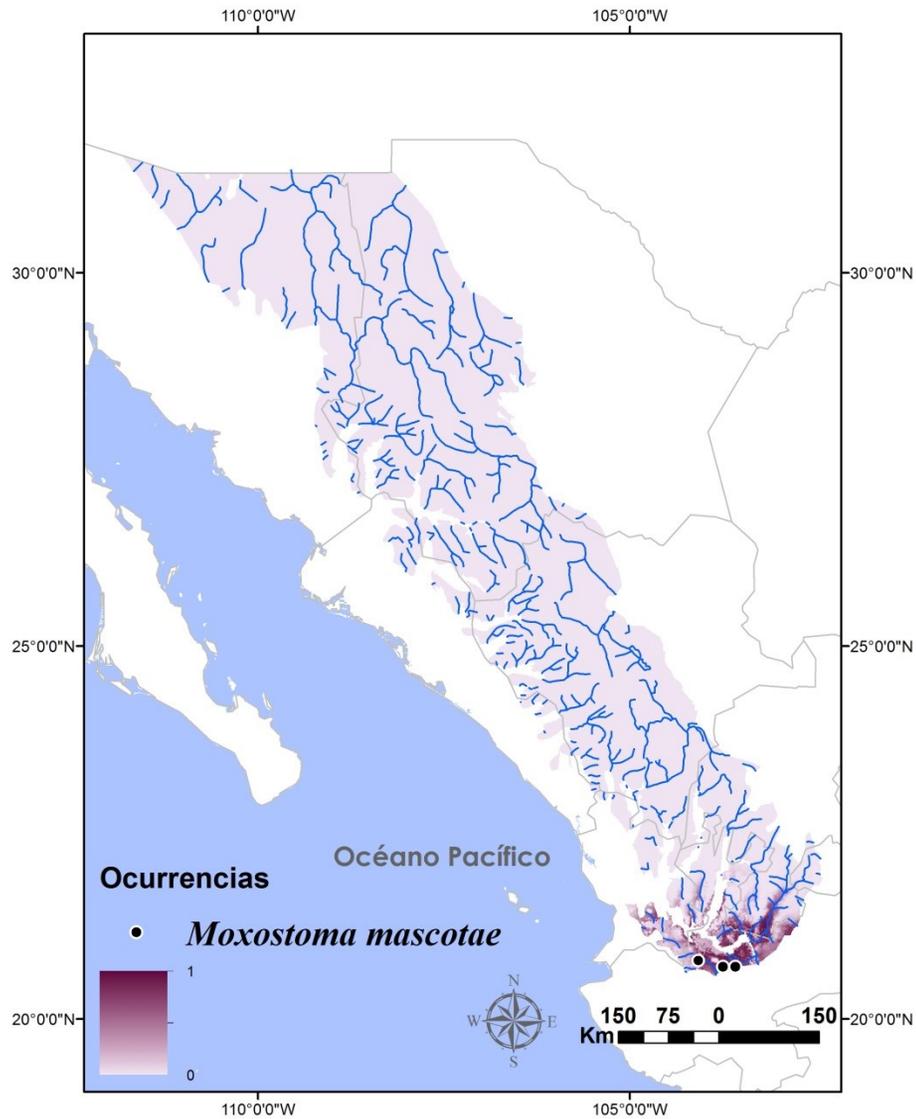
**Nombre común:** "matalote chuime"

**Sinonimias:** *Moxostoma austrinum milleri* Robins & Raney, 1957

*Scartomyzon austrinus* (Bean, 1880)

**Distribución:** Desde Estados Unidos en Alamito Creek en Texas hasta la cuenca del Río Lerma en México (Page y Burr, 1991). En la SMOc se registró en Lago de Santiaguillo, Río Bravo, Río Nazas, Río San Pedro y Río Santiago.

**Observaciones:** Se encuentra amenazada de acuerdo con la NOM-059-2010.



***Moxostoma mascotae* Regan, 1907**

*Moxostoma mascotae* Regan, 1907 Regan, 1907:147, Pl. 24 (fig. 2) [Biología Centrali-Americana Part 215]. Descr. original, cerca del nacimiento del Río Mascota, Jalisco, México.

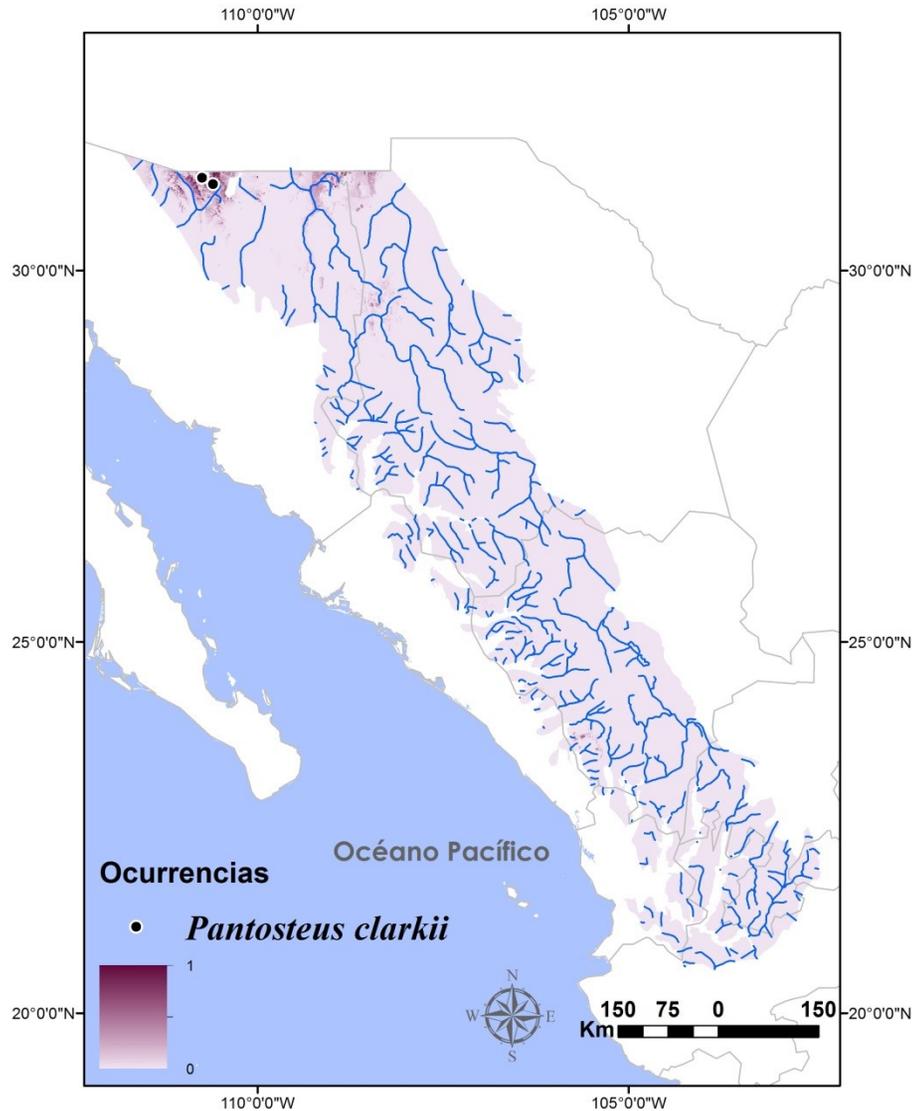
**Nombre común:** "matalote de Mascota"

**Sinonimias:** Ninguna.

**Distribución:** Río Ameca, Jalisco.

**Observaciones:** Endémica de la SMOc.

notropis



### ***Pantosteus clarkii* (Baird & Girard, 1854)**

*Catostomus clarkii* Baird & Girard, 1854: 27. [Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia v. 7]. Descr. original, Sonoito Creek, tributario del Río Santa Cruz, 10-15 millas N-NE de Nogales, Santa Cruz County, Arizona, EUA.

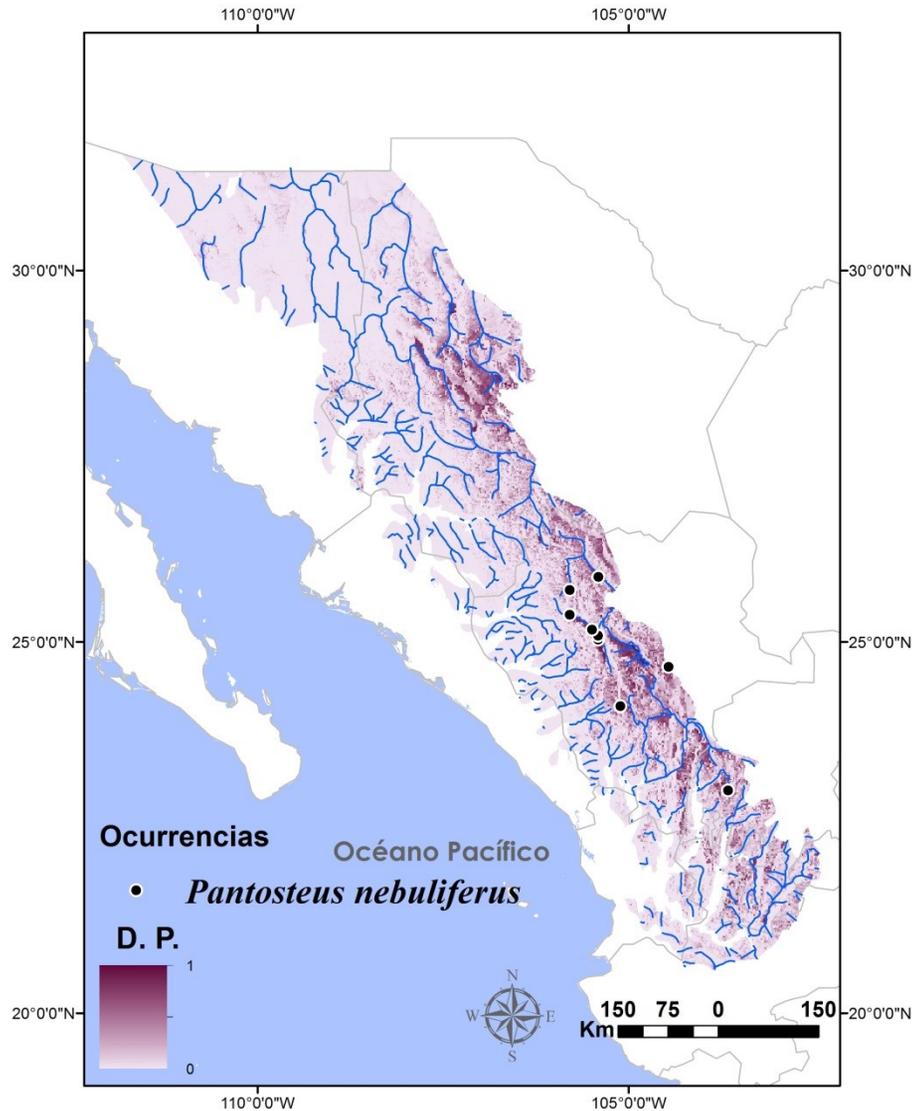
**Nombre común:** "matalote del desierto"

**Sinonimias:** *Notolepidomyzon utahensis* Tanner, 1932

*Pantosteus arizonae* Gilbert, 1896

**Distribución:** Vertiente del Pacífico en la cuenca del Río Colorado (en Estados Unidos) y cuenca del Río Gila. Los registros de la SMOc comprenden al Río Colorado, Sonora.

**Observaciones:** Moderadamente vulnerable (Froese y Pauly, 2013).



***Pantosteus nebuliferus* (Garman, 1881)**

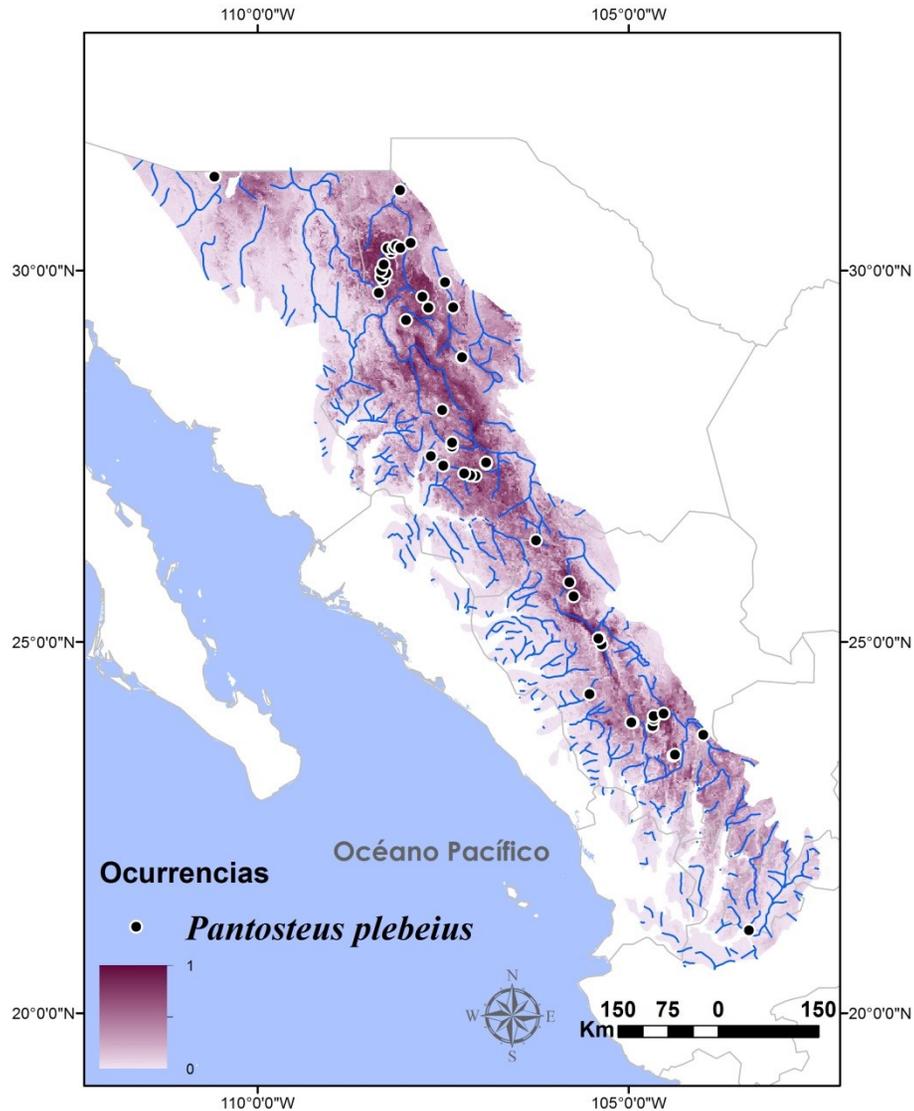
*Catostomus nebuliferus* Garman, 1881: 89 [Bulletin of the Museum of Comparative Zoology v. 8 (no. 3)]. Descr. original, Río Nazas, Coahuila, México.

**Nombre común:** "matalote del Nazas"

**Sinonimias:** Ninguna

**Distribución:** Limitada a las cuencas de los Ríos Nazas y Aguanaval, aunque en en la SMOc se encontró registros en la cuenca del Río Santiago (Zac.)

**Observaciones:** Endémica de México y amenazada de acuerdo con la NOM-059-2010.



### ***Pantosteus plebeius* (Baird & Girard 1854)**

*Catostomus plebeius* Baird & Girard, 1854:28 [Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia v. 7]. Descr. original, Río Mimbres, (cerca Deming, Luna County), tributario del Río Gila, New Mexico, EUA.

**Nombre común:** "matalote del Bravo"

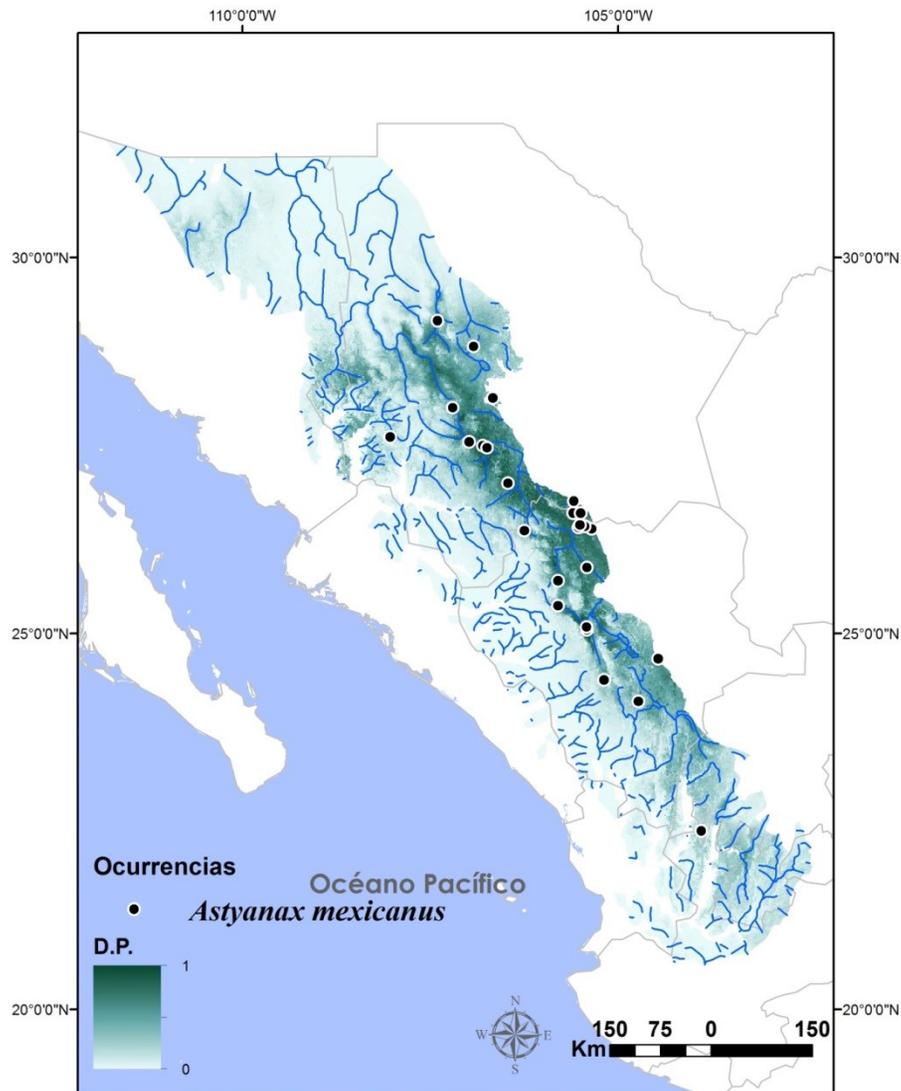
**Sinonimias:** *Catostomus (Acomus) generosus* Girard, 1856  
*Catostomus (Acomus) guzmaniensis* Girard, 1856

**Distribución:** Desde Estados Unidos (Alto Río Grande) a México en los Ríos Casas Grandes, Santa María y del Carmen, distribución disyunta en las vertientes del Atlántico e interiores. También se encuentra en el alto Río Conchos; tributarios del Río Bavispe (vertiente del Pacífico). En la SMOc se le registró también en el Lago Babícora (Chih.), en los Ríos Colorado, Fuerte, Nazas, Piaxtla, San Pedro y Yaqui.

**Observaciones:** Se encuentra en categoría Amenazada por la NOM-059-2010.

# ORDEN CHARACIFORMES

## Familia Characidae



### *Astyanax mexicanus* (De Filippi 1853)

*Tetragonopterus mexicanus*, De Filippi, 1853:166 [Revue et Magasin de Zoologie (Sér. 2) v. 5]. Descr. original, México.

**Nombre común:** "sardinita mexicana"

**Sinonimias:** *Astyanax argentatus* Baird & Girard, 1854

*Tetragonopterus brevimanus* Günther, 1864

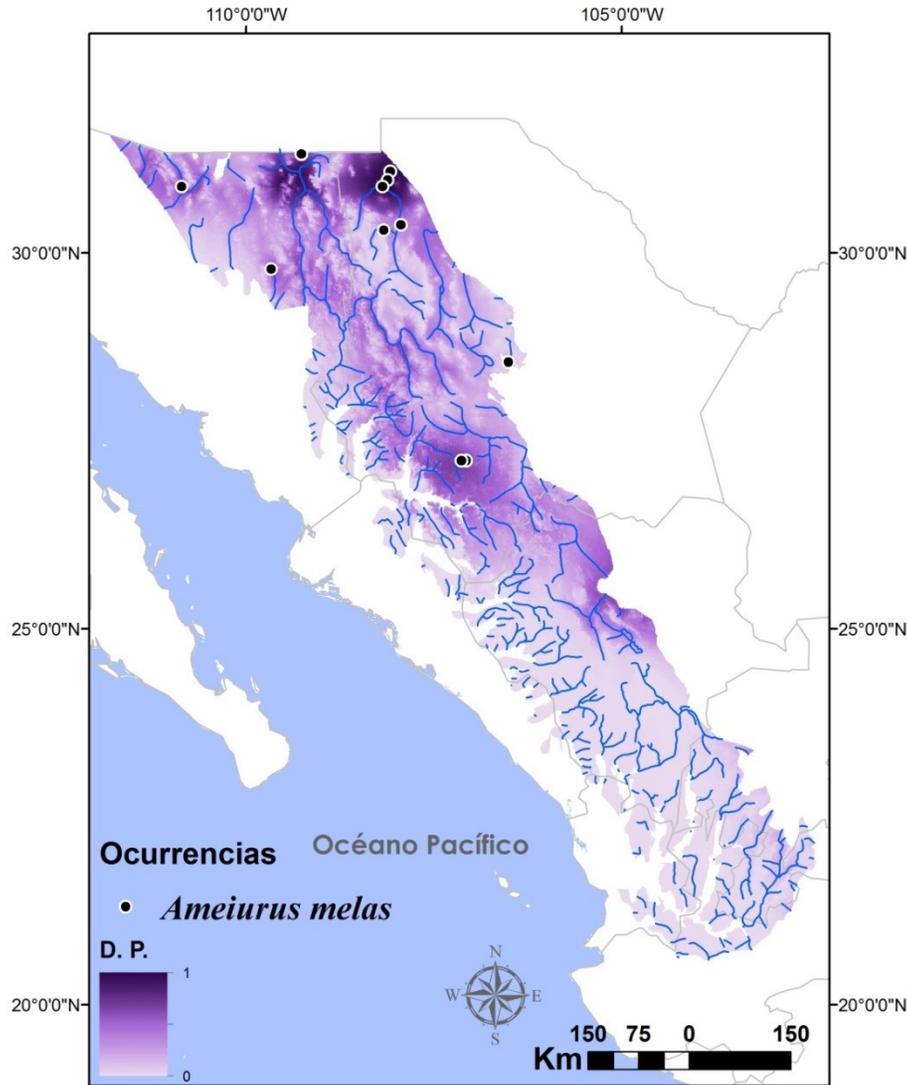
*Tetragonopterus fulgens* Bocourt, 1868

*Tetragonopterus streetsii* Cope, 1872

**Distribución:** Desde la cuenca del Río Bravo en Nuevo México y Texas al este de Sonora, hacia el sur hasta la cuenca del Río Pánuco. En la SMOc ocurre en la cuenca del Lago Bustillos, Río Fuerte, Río Nazas, Río San Pedro, Río Santa María y Río Santiago.

# ORDEN SILURIFORMES

## Familia Ictaluridae



### ***Ameiurus melas* (Rafinesque, 1820)**

*Silurus melas* Rafinesque [C. S.] 1820:51 [Quarterly Journal of Science, Literature and the Arts v. 9]. Descr. original, Río Ohio, EUA.

**Nombre común:** "bagre torito negro"

**Sinonimias:** *Amiurus brachyacanthus* Cope, 1880

*Amiurus cragini* Gilbert, 1884

*Amiurus obesus* Gill, 1861

*Ictalurus melas* (Rafinesque, 1820)

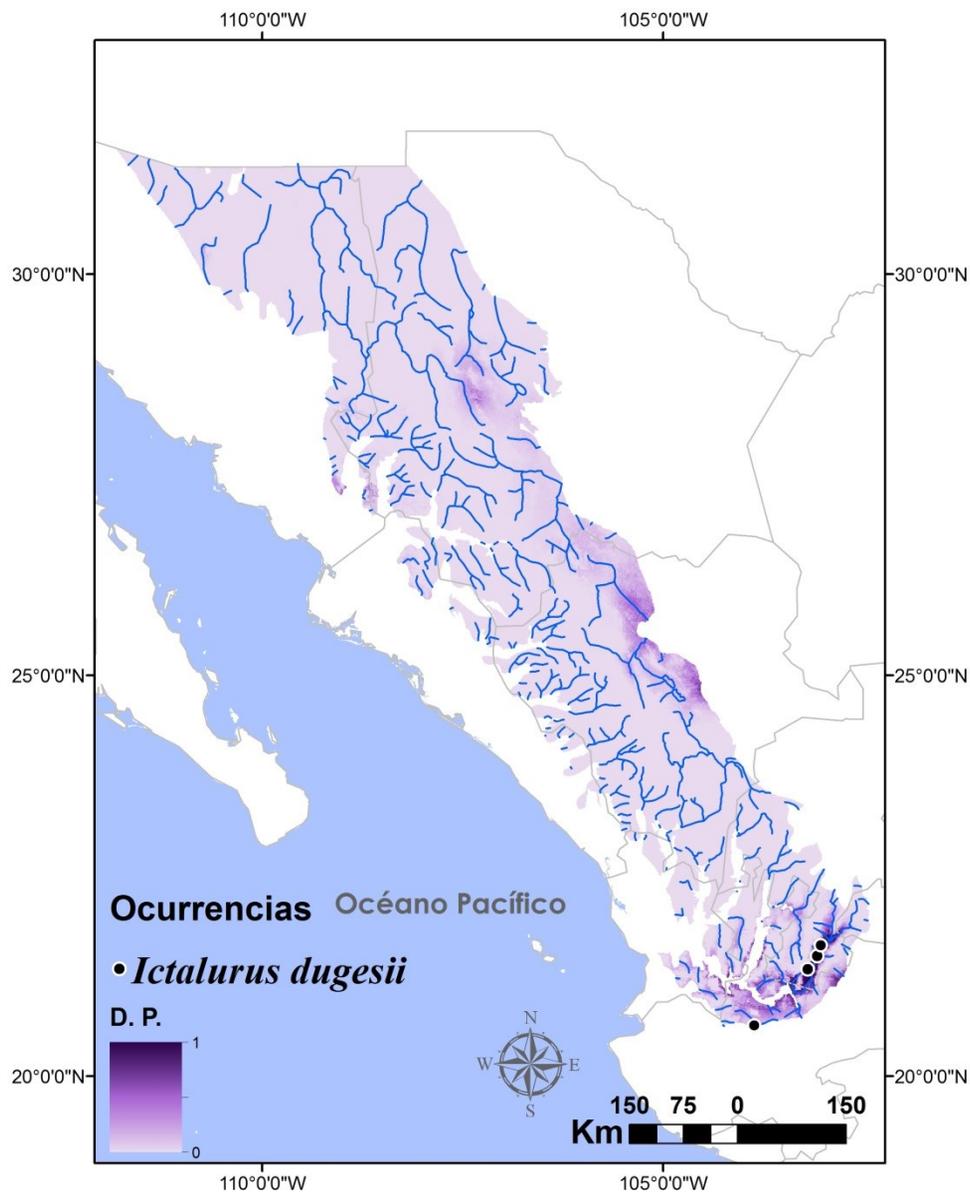
*Pimelodus catulus* Girard, 1858

*Pimelodus confinis* Girard, 1859

*Pimelodus cupreoides* Girard, 1859

**Distribución:** Desde Canadá en la cuenca del Río San Lorenzo y cuenca de los Grandes Lagos, llegando de manera natural hasta el Río Bravo, aguas abajo de Laredo, Tamaulipas (vertiente del Atlántico). Los registros en la SMOc corresponden a la cuenca de los Ríos Asunción, Bravo, Casas Grandes Oeste, Fuerte y Yaqui.

**Observaciones:** Introducida en la SMOc, en el Río Casas Grandes (donde se ha establecido), en la cuenca del Río Yaqui, en el Río Sonoyta y Río Colorado.



### *Ictalurus dugesii* (Bean 1880)

*Amiurus dugesii* Bean, 1880:304 [Proceedings of the United States National Museum v. 2 (no. 95). Descr. original, Río Turbio, Guanajuato, México.

**Nombre común:** "bagre del Lerma"

**Sinonimias:** Ninguna.

**Distribución:** Se encuentra en la cuenca del Río Lerma y Río Ameca (vertiente del Pacífico). También en el Río Ameca y Río Santiago (SMOc).

**Observaciones:** Especie endémica de México, amenazada de acuerdo con la NOM-059-2010.

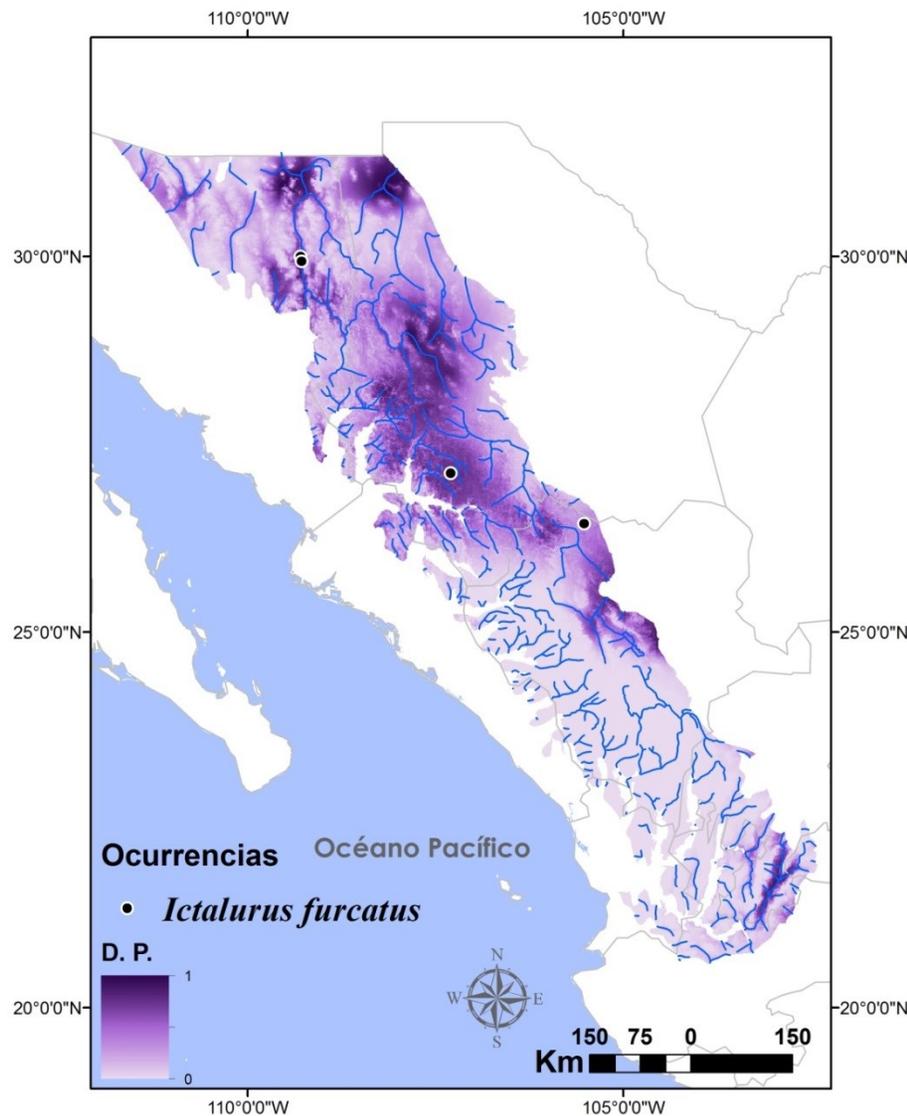


Figura 6. 1 Distribución potencial de *Ictalurus furcatus*.

### ***Ictalurus furcatus* (Valenciennes 1840)**

*Pimelodus furcatus* Valenciennes, (ex Lesueur) in Cuvier & Valenciennes 1840:136 [Histoire naturelle des poissons v. 15]. Descr. original, Río Wabash, Illinois, EUA.

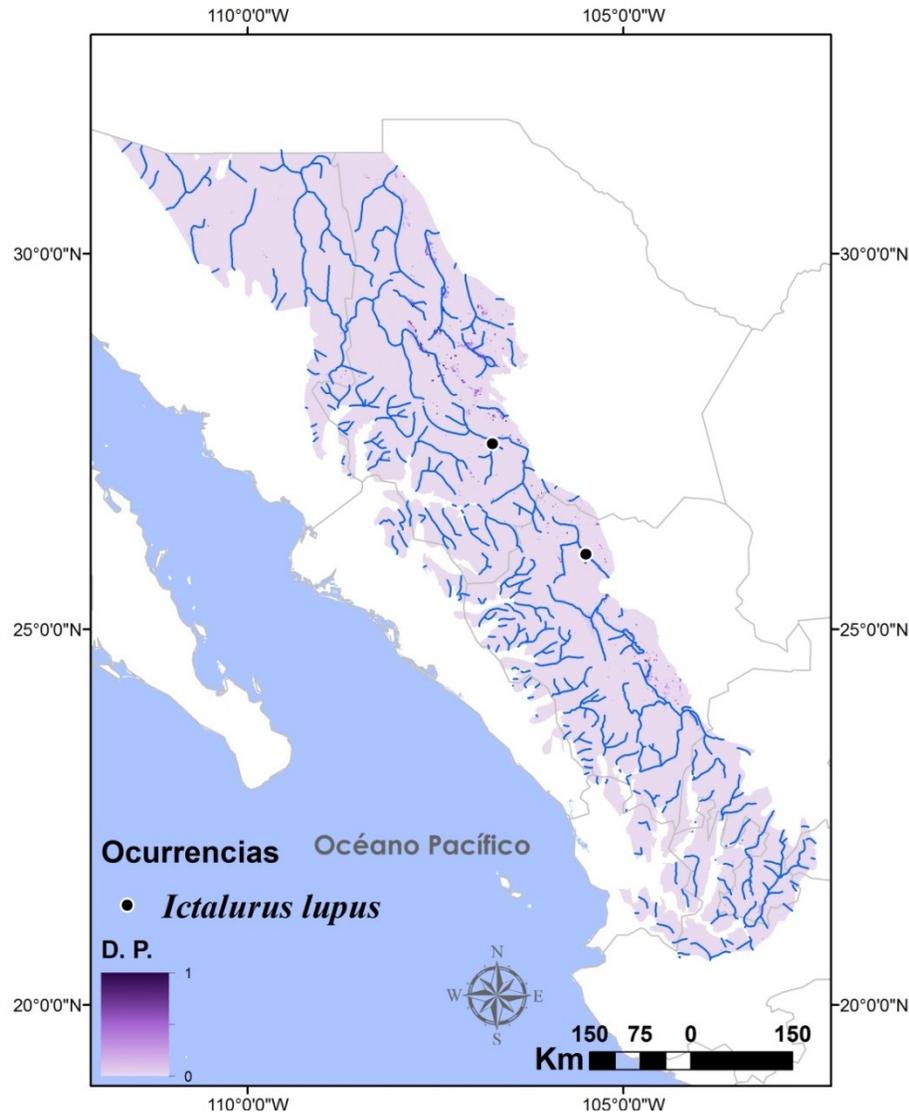
**Nombre común:** "bagre azul"

**Sinonimias:** *Pimelodus affinis* Baird & Girard, 1854

*Silurus cerulescens* Rafinesque, 1820

**Distribución:** En la vertiente del Atlántico desde el valle del Río Misisipi hacia el sur y oeste de Estados Unidos hasta la cuenca del Río Bravo, de allí hacia el sur, siguiendo la planicie costera hasta la cuenca del Río Usumacinta y el Río Belize. Los registros de *I. furcatus* en la SMOc corresponden a las cuencas de los Ríos Bravo, Fuerte y Yaqui.

**Observaciones:** Especie introducida en la SMOc en el Río Yaqui, Sonora y Fuerte, Chihuahua. Posiblemente las poblaciones del Conchos sean nativas.



### ***Ictalurus lupus* (Girard 1858)**

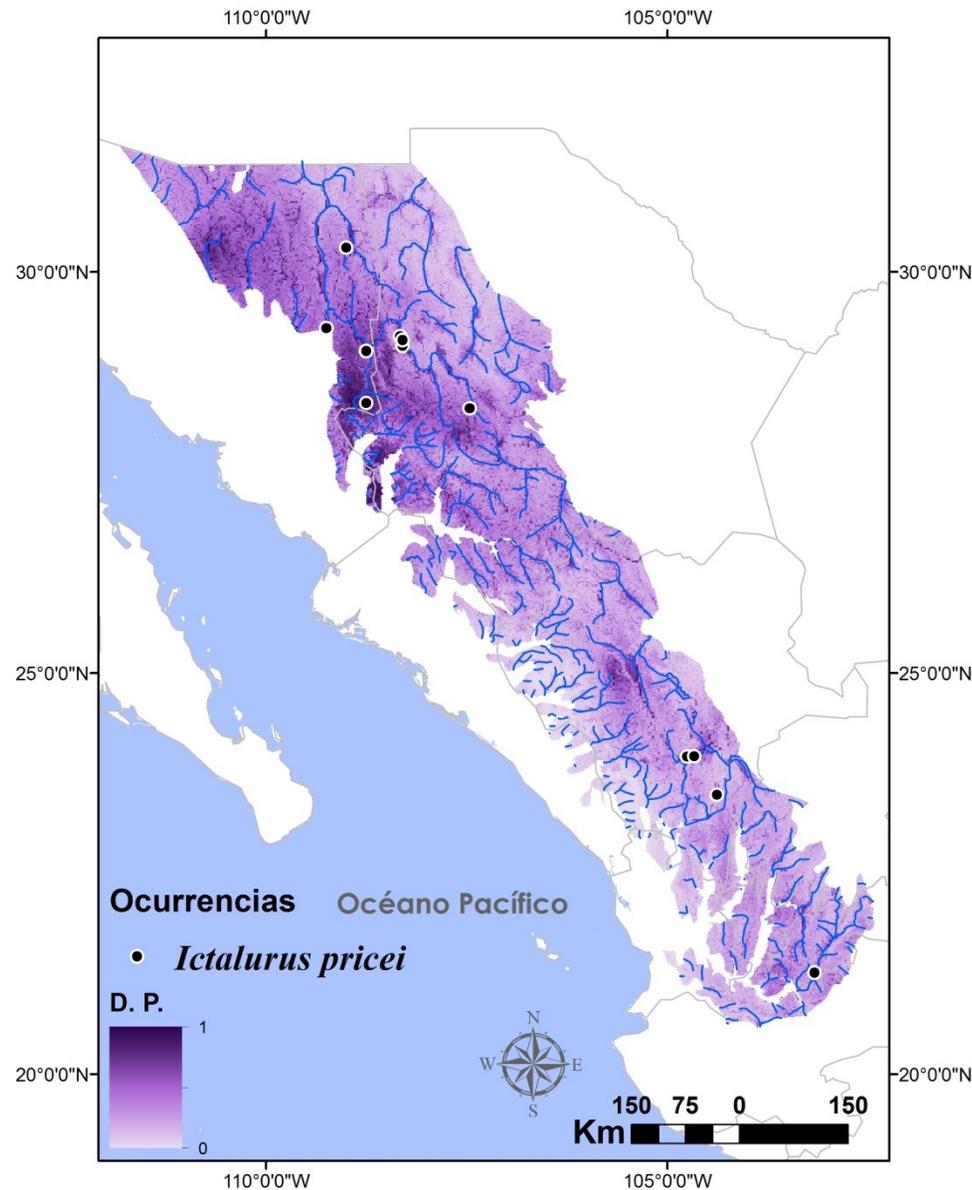
*Pimelodus lupus* Girard, 1858:211 [General report upon zoology of the several Pacific railroad routes, 1857]. Descr. original, Cabeceras del Río Pecos, Texas, EUA.

**Nombre común:** "bagre lobo"

**Sinonimias:** Ninguna

**Distribución:** Desde el Río Nueces en Texas, hacia el oeste en las cuencas del Río Bravo y del Río Pecos (vertiente del Atlántico), también se le encuentra en los Ríos Salado, San Juan, San Fernando y Soto la Marina. En la SMOc se registró en el Río Conchos, Durango y en la Ciénega de Norogachi, Río Nonoava, Chihuahua.

**Observaciones:** SEAMARNAT (2010) la considera como especie sujeta a protección especial.



***Ictalurus pricei* (Rutter 1896)**

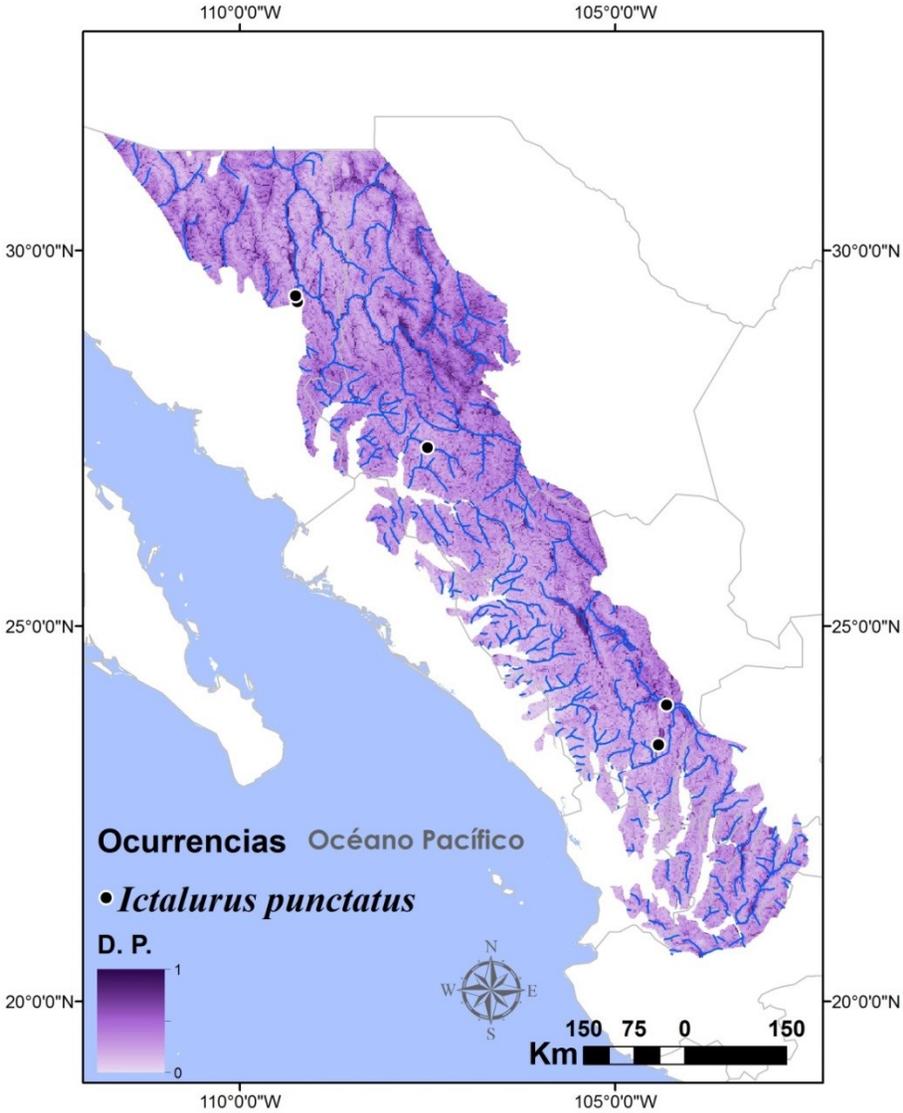
*Villarius pricei* Rutter, 1896:257 [Proceedings of the California Academy of Sciences (Series 2) v. 6]. Descr. original, San Bernardino Creek, Río Yaqui, Arizona, EUA o en la frontera norte de Sonora, México.

**Nombre común:** "bagre yaqui"

**Sinonimias:** *Amiurus meeki* Regan, 1907

**Distribución:** Se encuentra en la cuenca del Río Yaqui, así como en el Río Sonora y Río Mayo en la vertiente del Pacífico; también en la cuenca endorreica del Río Casas Grandes.

**Observaciones:** Endémica de México y amenazado (SEMARNAT, 2010) por competencia e hibridación con el bagre de canal (*Ictalurus punctatus*) el cual ha sido introducido.



***Ictalurus punctatus* (Rafinesque 1818)**

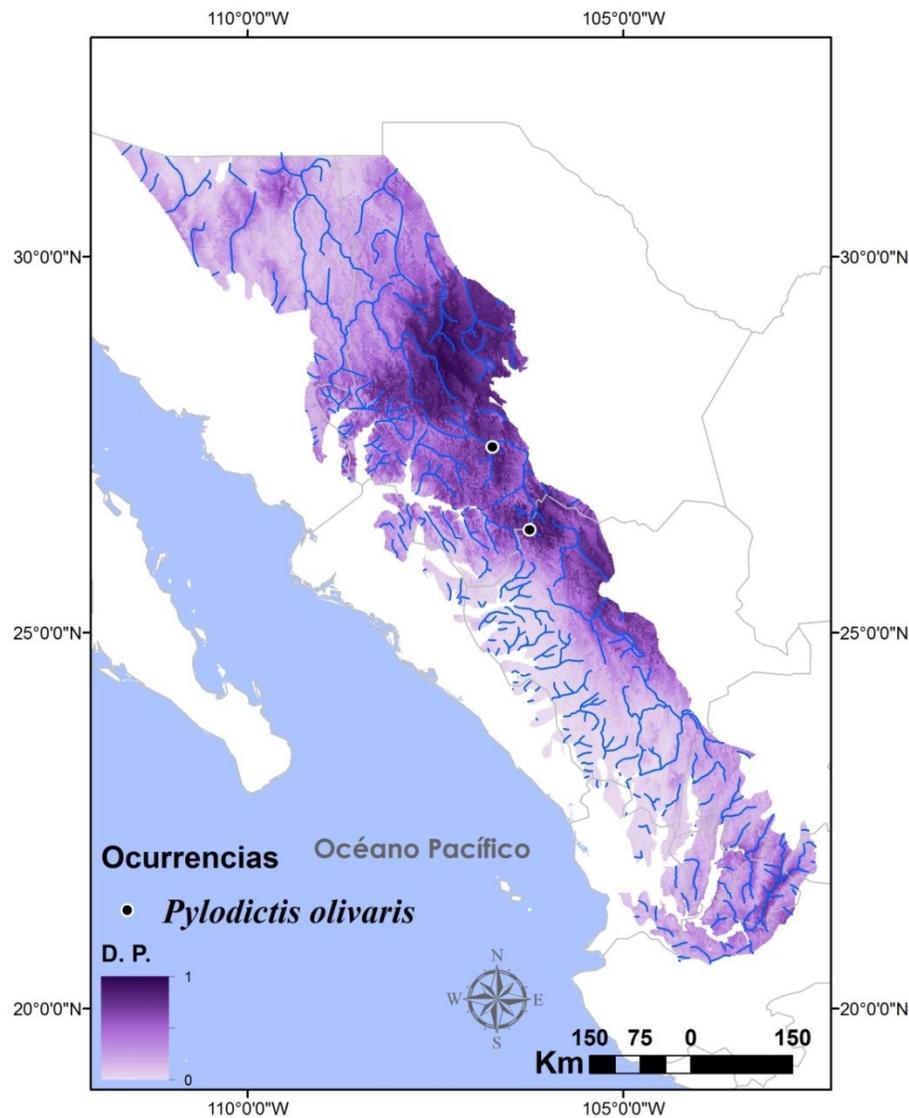
*Silurus punctatus* Rafinesque, 1818:355 [American Monthly Magazine and Critical Review v. 3 (no. 5) (art. 3) (Sept.)]. Descr. original, Río Ohio, EUA.

**Nombre común:** "bagre de canal"

- Sinonimias:** *Ichthaelurus robustus* Jordan, 1877  
*Ictalurus anguilla* Evermann & Kendall, 1898  
*Pimelodus graciosus* Girard, 1859  
*Pimelodus megalops* Girard, 1859  
*Pimelodus nigricans* Lesueur, 1819  
*Pimelodus olivaceus* Girard, 1858  
*Silurus maculatus* Rafinesque, 1820  
*Silurus pallidus* Rafinesque, 1820  
*Synechoglanis beadleii* Gill, 1859

**Distribución:** Desde el sur de Canadá, através del centro de Estados Unidos, hacia el sur de Florida llegando al Río Bravo, siguiendo la vertiente atlántica hasta la cuenca del Río Cazones. En la SMOc se registró en las cuencas del Río Fuerte, Río San Pedro y Río Yaqui.

**Observaciones:** Especie introducida



### ***Pylodictis olivaris* (Rafinesque 1818)**

*Silurus olivaris* Rafinesque, 1818:355 [American Monthly Magazine and Critical Review v. 3 (no. 5) (art. 3) (Sept.)]. Descr. original, Río Ohio, EUA.

**Nombre común:** "bagre piltontle"

**Sinonimias:** *Pimelodus aeneus* Lesueur, 1819

*Pimelodus lutescens* Rafinesque, 1832

*Pimelodus punctulatus* Valenciennes, 1840

*Silurus cupreus* Rafinesque, 1820

*Silurus nebulosus* Rafinesque, 1820

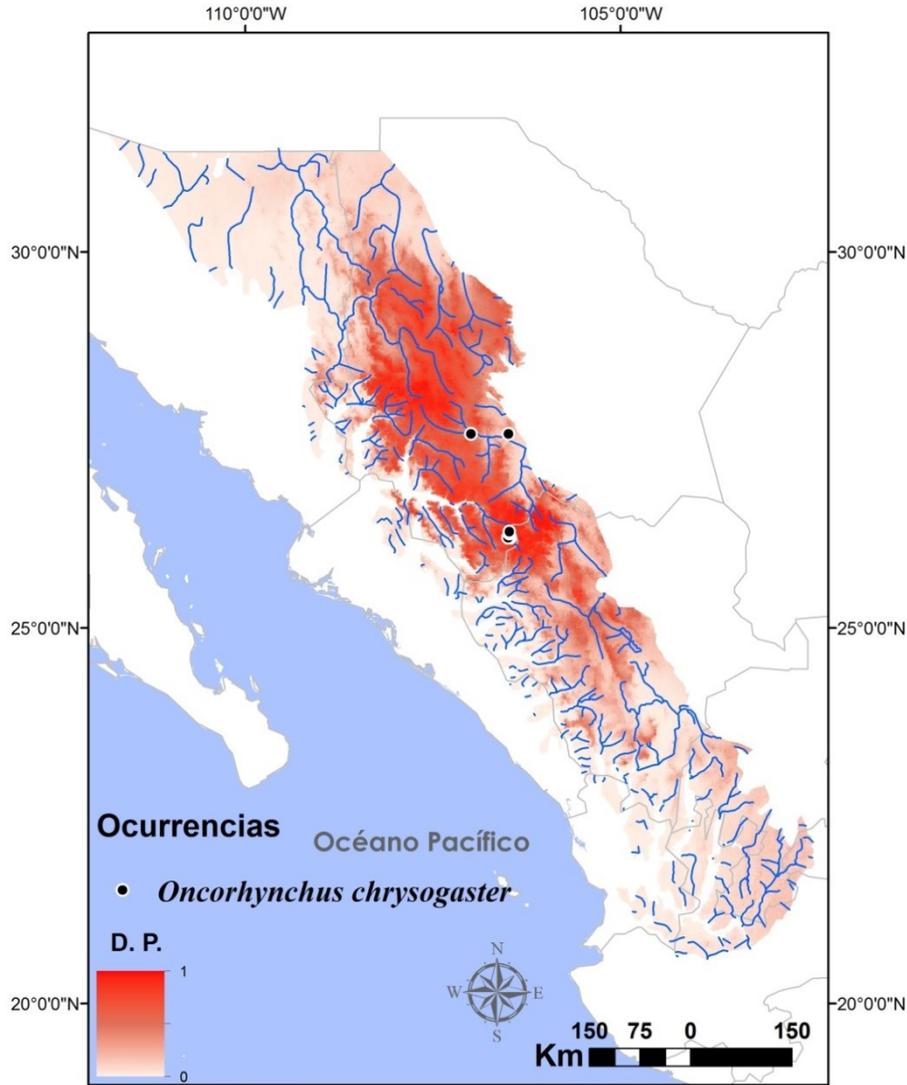
*Silurus viscosus* Rafinesque, 1820

**Distribución:** Originaria de Norte América, en las cuencas bajas de Lagos Grandes y el Río Mississippi desde el oeste de Pennsylvania en el sistema White-Little River Missouri en Dakota del Norte, y el sur de Louisiana en EUA En la SMOc se distribuye en los tributarios de la cuenca del Río Bravo.

**Observaciones:** Especie introducida.

# ORDEN SALMONIFORMES

## Familia Salmonidae



### *Oncorhynchus chrysogaster* (Needham & Gard 1964)

*Salmo chrysogaster* Needham & Gard 1964:169 [Copeia 1964 (no. 1)].  
Descr. original, Arroyo de la Rana, un tributario del Río Verde de la cuenca del Río Fuerte, Chihuahua, México.

**Nombre común:** "trucha dorada mexicana"

**Sinonimias:** Ninguna

**Distribución:** Se encuentra en el Río Fuerte y Río Culiacán, vertiente del Pacífico

**Observaciones:** Endémica de la SMOC aunque no se conoce bien su distribución ni abundancia actual, sin embargo se encuentra amenazada (SEMARNAT, 2010) como consecuencia de la introducción de especies exóticas como lo es la trucha arcoíris (*O. mykiss*), además de factores antropogénicos que destruyen el hábitat como lo es la sedimentación de arroyos causada por la erosión al incrementar la tala de árboles (Miller *et al.*, 2005).

***Oncorhynchus mykiss* (Walbaum 1792)**

*Salmo mykiss* Walbaum, 1792:59 [Petri Artedi sueci genera piscium Part 3]. Descr. original, Kamchatka, Russia.

**Nombre común:** "trucha arcoiris"

**Sinonimias:** *Oncorhynchus kamloops* Jordan, 1892

*Salmo aquilarum* Snyder, 1917

*Salmo gibbsii* Suckley, 1859

*Salmo masoni*, Suckley, 1860

*Salmo nelsoni* Evermann, 1908

*Salmo purpuratus* Pallas, 1814

*Salmo regalis* Snyder, 1912

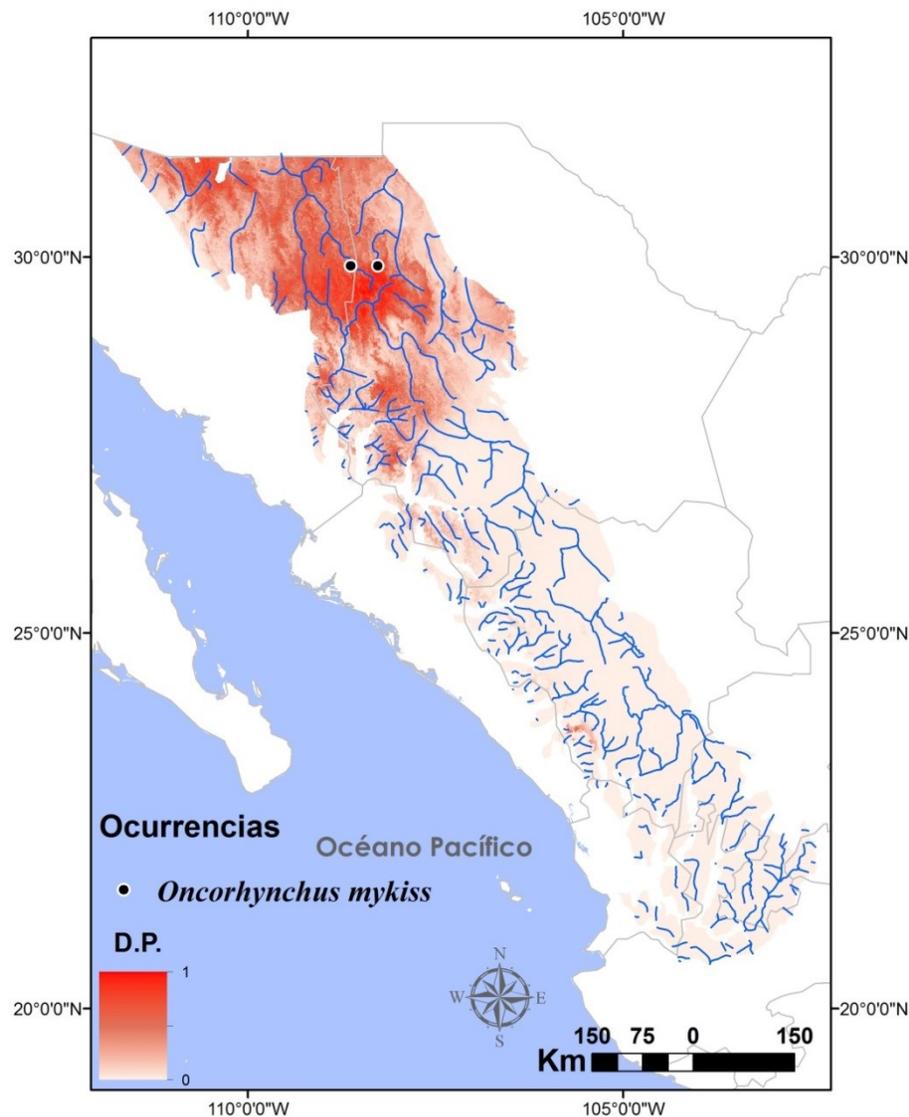
*Salmo rivularis* Ayres, 1855

*Salmo smaragdus* Snyder, 1917

*Salmo whitei* Evermann, 1906

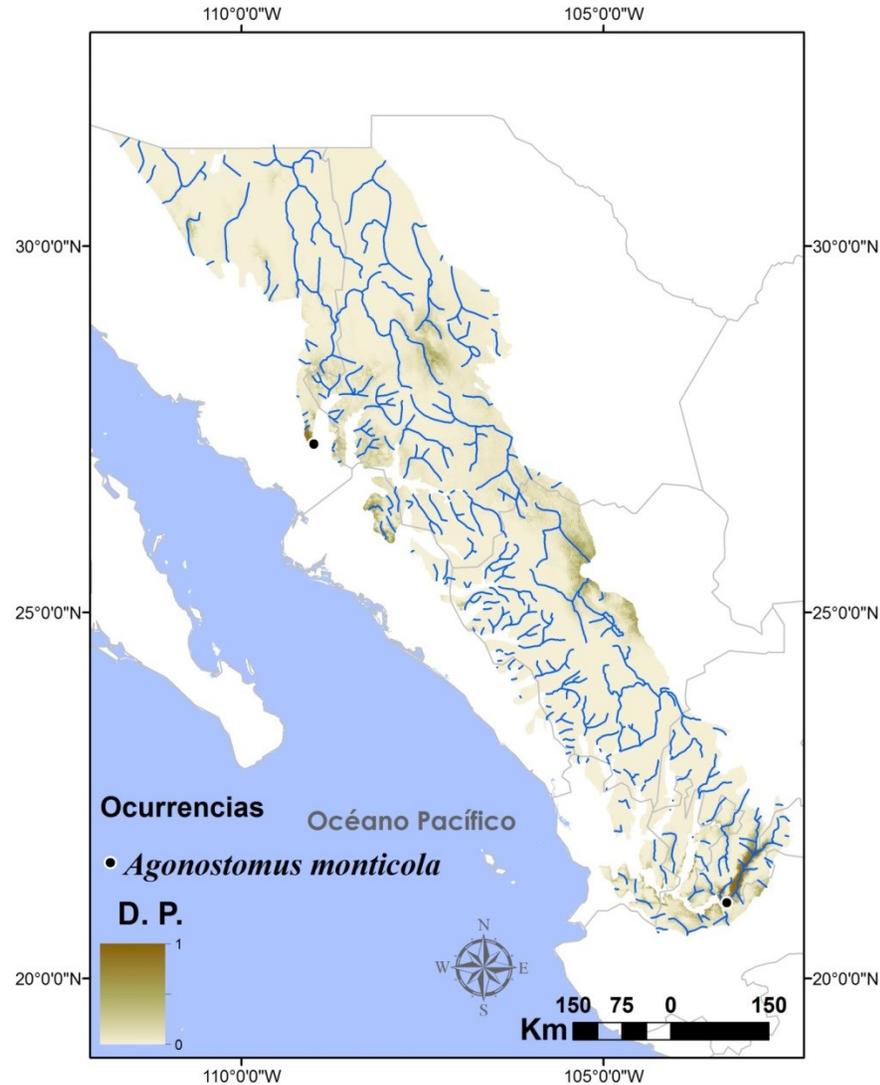
**Distribución:** Vertiente del Pacífico desde Alaska en el Río Kuskokwim hasta el Río Santo Domingo, en la vertiente occidental de la Sierra San Pedro Mártir, Baja California, En México se encuentra introducida ampliamente en la SMOc y en localidades como en el río Presidio, Durango, incluyendo algunas áreas interiores.

**Observaciones:** Especie introducida y sujeta a protección especial de acuerdo con SEMARNAT (2010).



# ORDEN MUGILIFORMES

## Familia Mugilidae



### ***Agonostomus monticola* (Bancroft, 1834)**

*Mugil monticola* Bancroft in Griffith & Smith 1834:367, Pl. 36 (opp. p. 366)  
[The class Pisces, arranged by the Baron Cuvier]. Descr. original, Jamaica.

**Nombre común:** "trucha de tierra caliente"

**Sinonimias:** *Joturus daguae* Eigenmann, 1918

*Neomugil digueti* Vaillant, 1894

*Dajaus elongatus* Kner, 1863

*Agonostomus hancocki* Seale, 1932

*Agonostoma percoides* Günther, 1861

*Agonostomus salvini* Regan, 1907

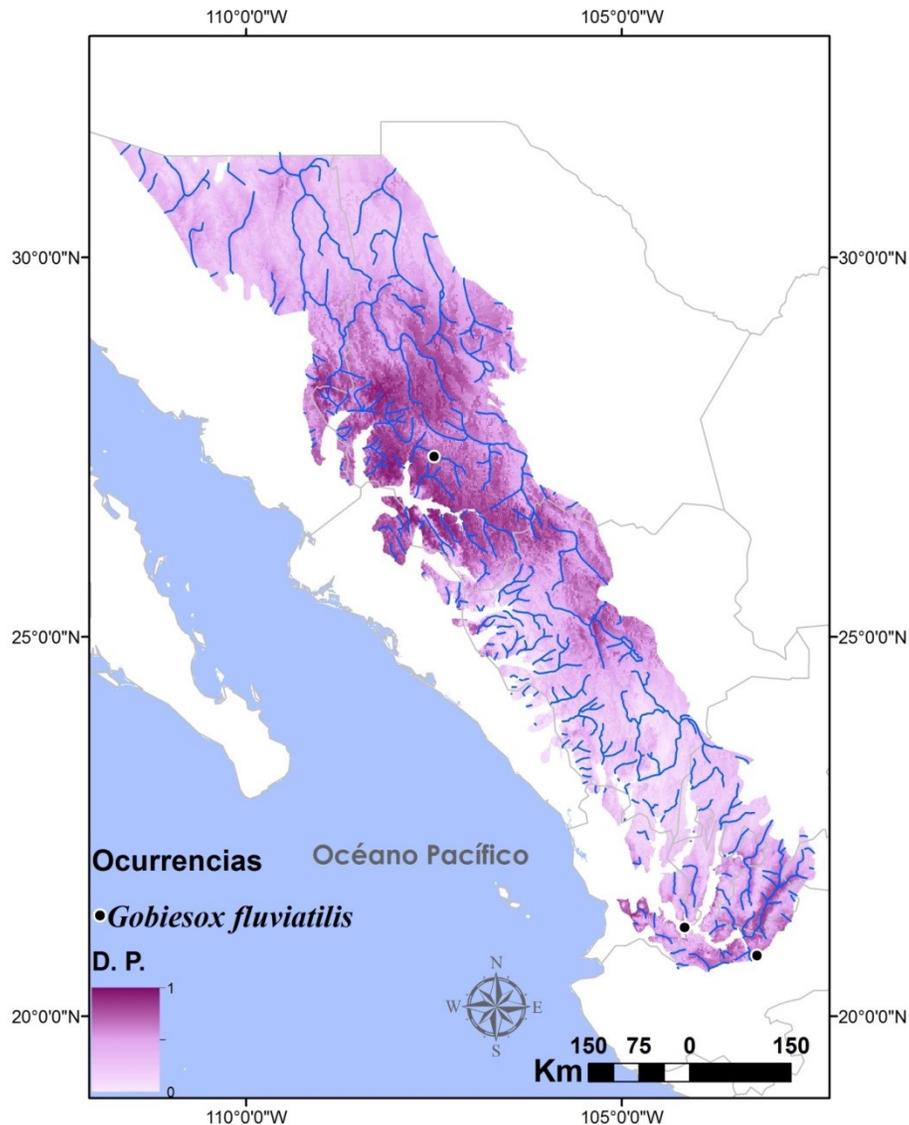
*Agonostoma squamipinne* Mohr, 1927

*Mugil irretitus* Gosse, 1851

**Distribución:** En la vertiente del Atlántico desde Carolina del Norte hasta Venezuela; en la vertiente del Pacífico desde Baja California hasta Colombia y las Islas Galápagos. En la SMOc se registró en la cuenca de los Ríos Mayo y Santiago.

# ORDEN GOBIESOCIFORMES

## Familia Gobiesocidae



### *Gobiesox fluviatilis* Briggs & Miller 1960

*Gobiesox fluviatilis* Briggs & Miller, 1960:2, Pls. 1-2 [Occasional Papers of the Museum of Zoology University of Michigan No. 616]. Descr. original, Barranca de Barranquitas, Barranquitas, Jalisco, 69 millas por la carretera 15 al sureste de Tepic, Nayarit, México.

**Nombre común:** "cucharita de Río"

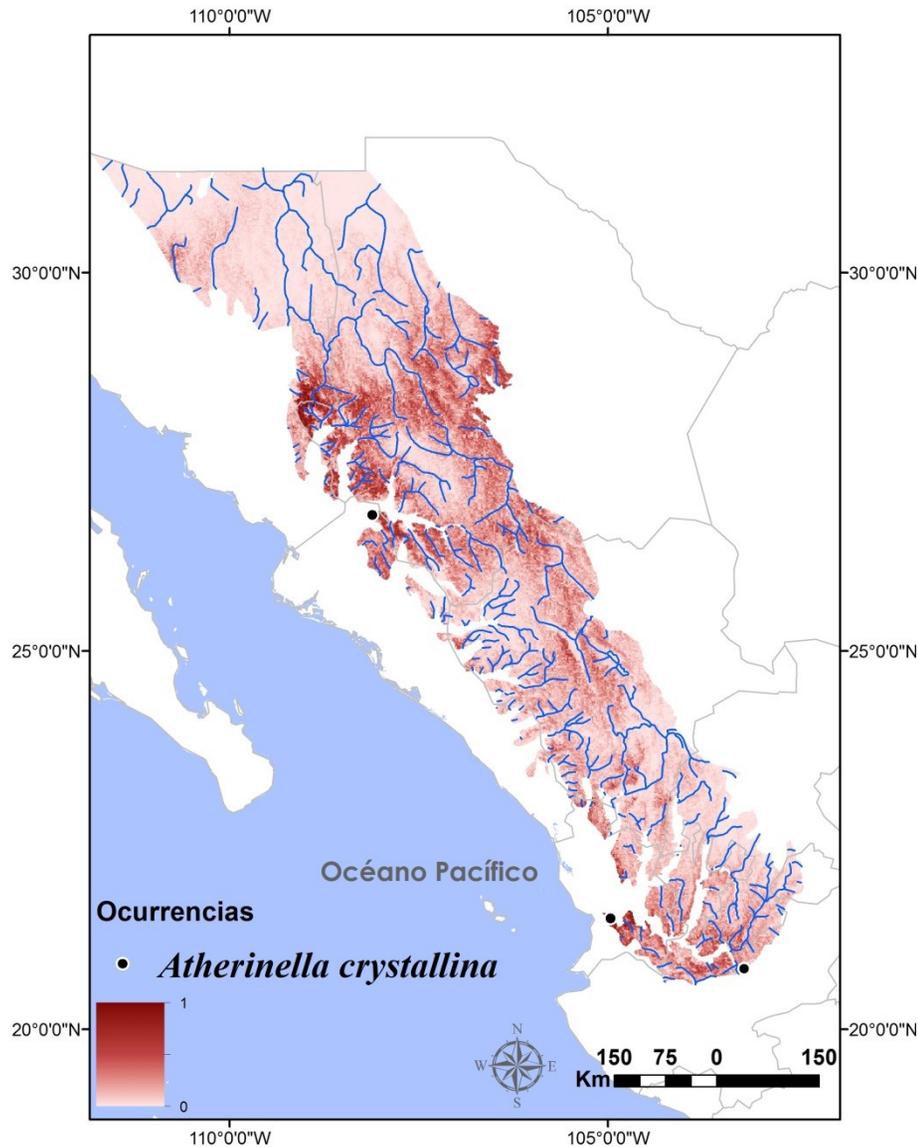
**Sinonimias:** Ninguna

**Distribución:** En los tributarios del Río Grande de Santiago, Río Mezquital y Río Fuerte, vertiente del Pacífico.

**Observaciones:** Especie endémica de la SMOc, amenazada según la NOM-059-2010.

# ORDEN ATHERINIFORMES

## Familia Atherinopsidae



### ***Atherinella crystallina* (Jordan & Culver, 1895)**

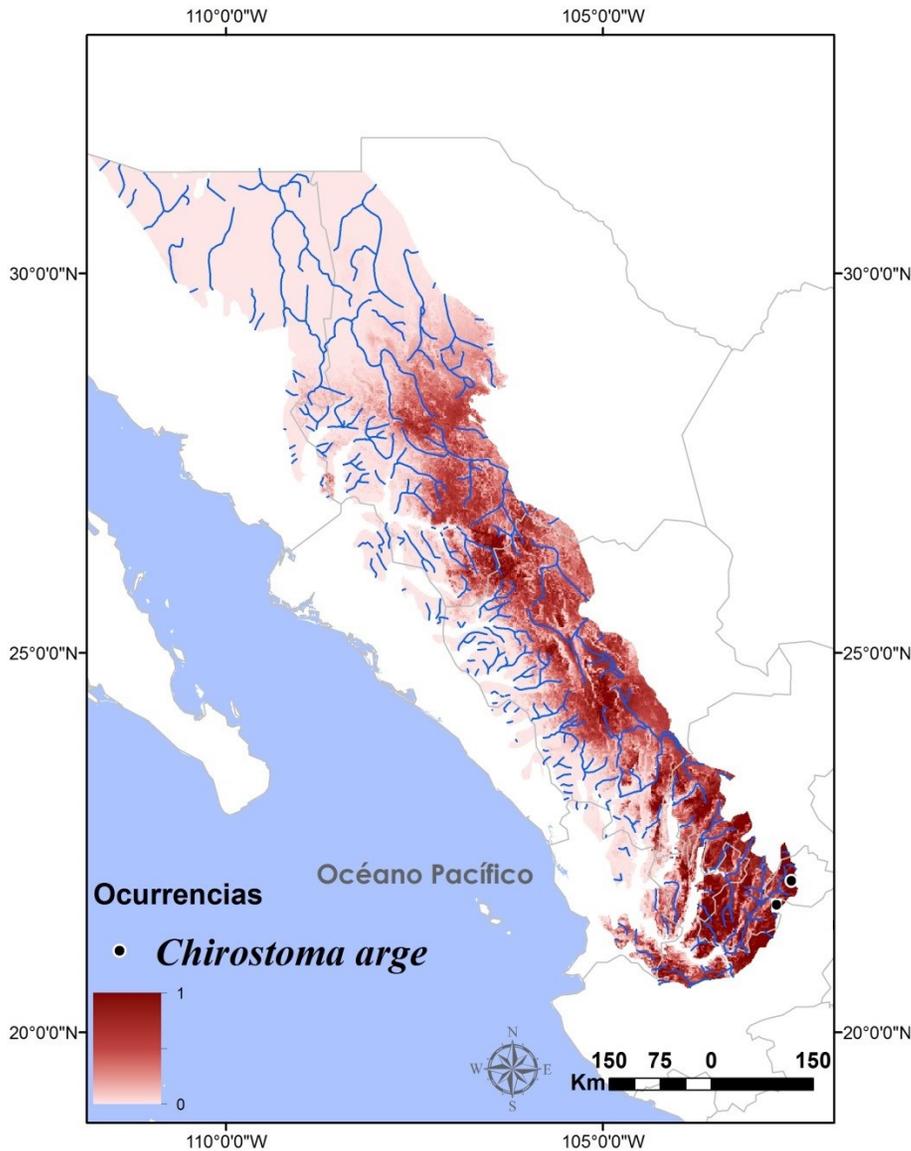
*Thyrina crystallina* Jordan & Culver, 1895. [Jordan 1895:42 Descr. original, Proceedings of the California Academy of Sciences (Series 2) v. 5]. Río Presidio, Sinaloa, México.

**Nombre común:** “plateadito del Presidio”

**Sinonimias:** *Thyrina evermanni* Jordan & Culver, 1895

**Distribución:** Restringida desde la vertiente del Río Fuerte, hasta el sur del Río Grande de Santiago. En la SMOc se le registró en la Cuenca del Río Fuerte (Sin.) y en la Cuenca del Río Santiago (Jal. y Nay.)

**Observaciones:** Especie nativa y endémica, la IUCN la considera “cercano a ser amenazado” debido a que el área de distribución está por debajo de los 20,000 km<sup>2</sup>, además por la creciente destrucción del hábitat (Iwamoto, 2010).



### ***Chirostoma arge* (Jordan & Snyder 1899)**

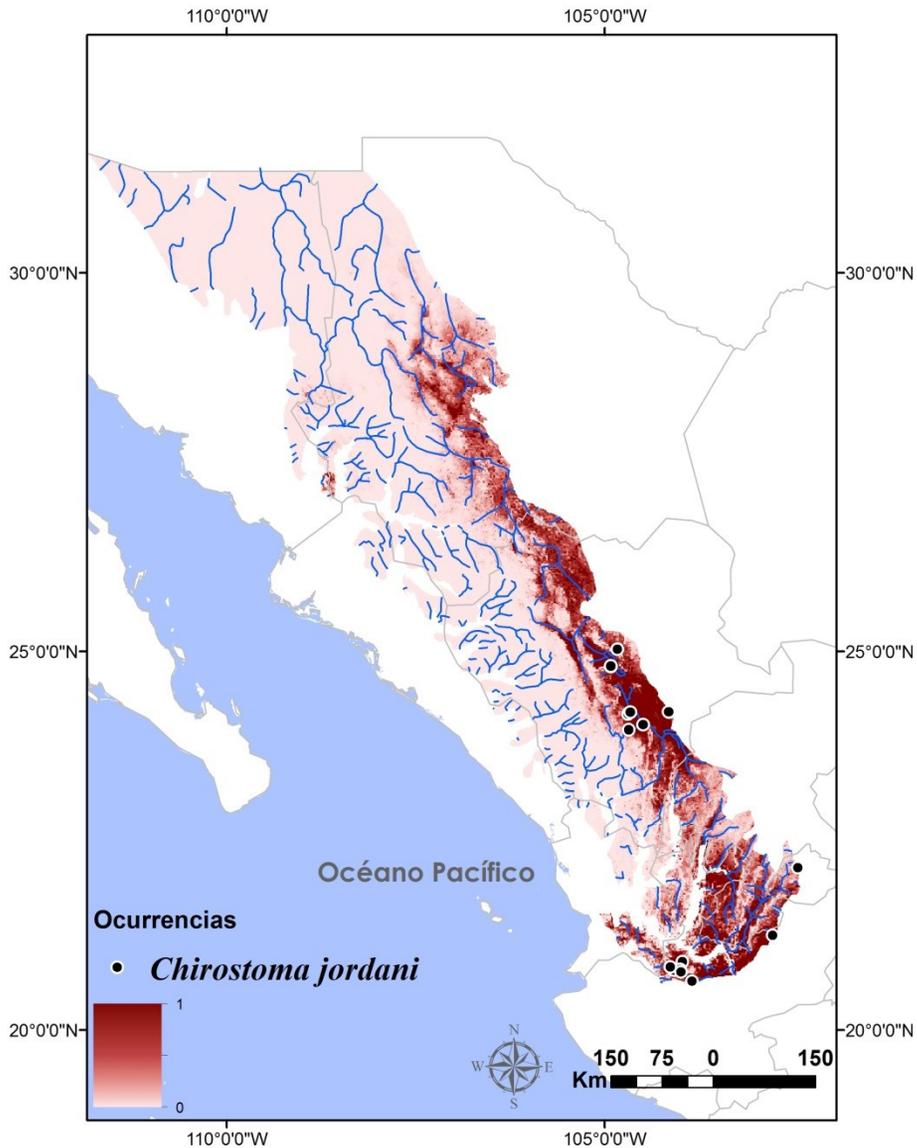
*Eslopsarum arge* Jordan & Snyder, 1899: 133, Fig. 12. [Bulletin of the U. S. Fish Commission v. 19 (1899)]. Descr. original, Río Verde, cerca de Aguascalientes, México.

**Nombre común:** "charal del Verde"

**Sinonimias:** Ninguna

**Distribución:** Vertiente del Pacífico, tributarios de las cuencas del Río Lerma y el alto Río Verde. En la SMOc se registró en la cuenca del Río Santiago (Ags.)

**Observaciones:** Nativa y endémica de México. La lista roja IUCN la clasifica como Vulnerable A2c; B1ab (i,iii), debido a la degradación del hábitat extensiva, además de habitar en áreas restringidas, la cual se ha visto gravemente afectada por la contaminación. Se ha inferido disminución de la población a partir de los niveles de disminución de la calidad del hábitat (Snoeks *et al.*, 2009).



### ***Chirostoma jordani* Woolman, 1894**

*Chirostoma jordani* Woolman, 1894: 62, Pl. 2. [Bulletin of the U. S. Fish Commission v. 14 (art. 8) (for 1894)]. Descr. original, Canales en Salamanca y Ciudad de México.

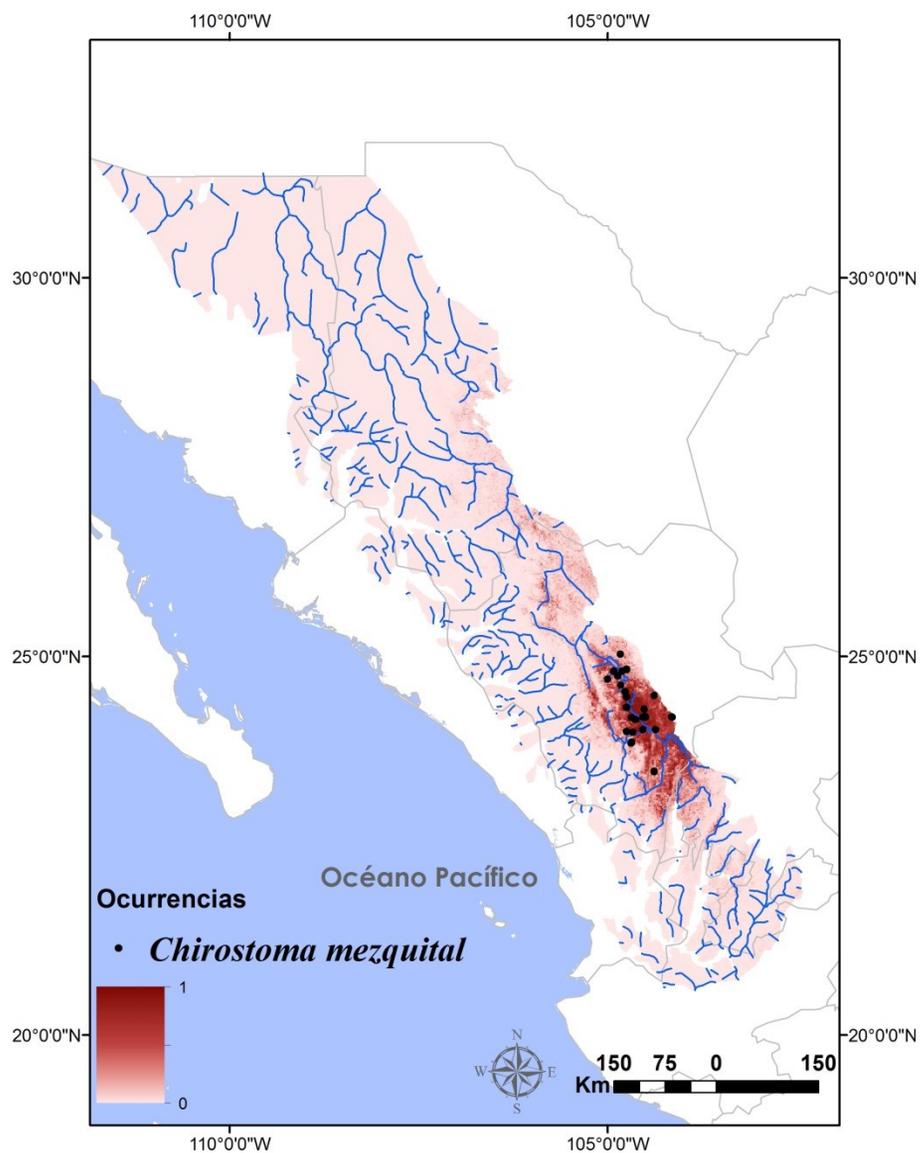
**Nombre común:** "Charal"

**Sinonimias:** *Menidia jordani* (Woolman 1894)

*Atherinichthys brevis* Steindachner, 1894

**Distribución:** Amplia en el centro de México, vertiente del Pacífico, cuenca del Río Lerma, Río Grande de Santiago y Río Ameca; cuencas interiores, Valle de México; vertiente del Atlántico cuenca del Río Pánuco, y Río Cazones. En La SMOc se encontró en Lago de Santiaguillo (Dgo.), Río Ameca (Jal.), Río Nazas, (Dgo.), Río San Pedro (Dgo.) y Río Santiago (Ags. y Jal.)

**Observaciones:** Nativa de México, endémica. Introducida en Durango y Chihuahua, trasfaunada.



### ***Chirostoma mezquital* Meek, 1904**

*Chirostoma mezquital* Meek, 1904:170, Fig. 53 [Field Columbian Museum, Zoological Series v. 5]. Descr. original, Río Mezquital, Durango, México.

**Nombre común:** “charal del Mezquital”

**Sinonimias:** *Chirostoma jordani* Woolman 1894

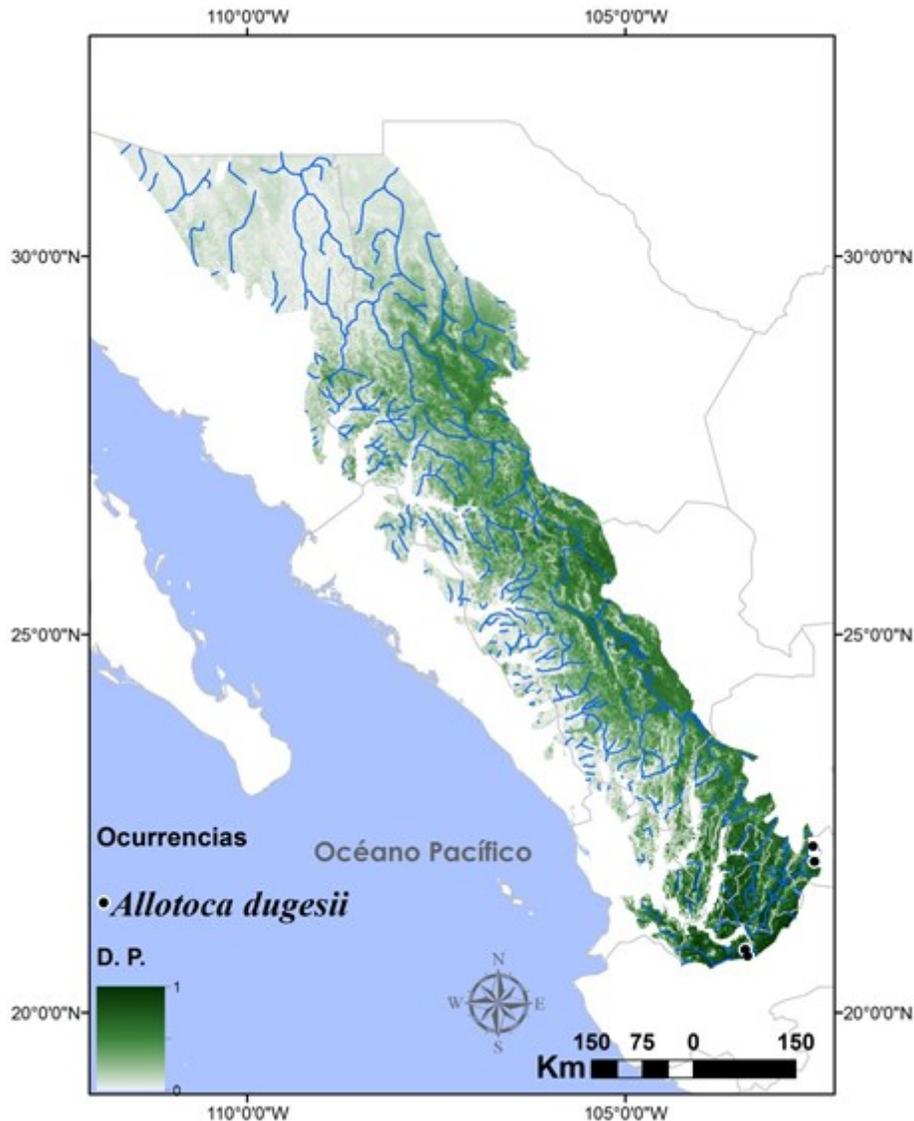
*Menidia mezquital* (Meek 1904)

**Distribución:** Vertiente del Pacífico en la cabecera del Río Mezquital; Cuencas interiores, Laguna de Santiaguillo, además de estas, se registró en la SMOc en Río Nazas y Río San Pedro (Dgo.)

**Observaciones:** Nativa y endémica de México y de la SMOc.

# ORDEN CYPRINODONTIFORMES

## Familia Goodeidae



### ***Allotoca dugesii* (Bean, 1887)**

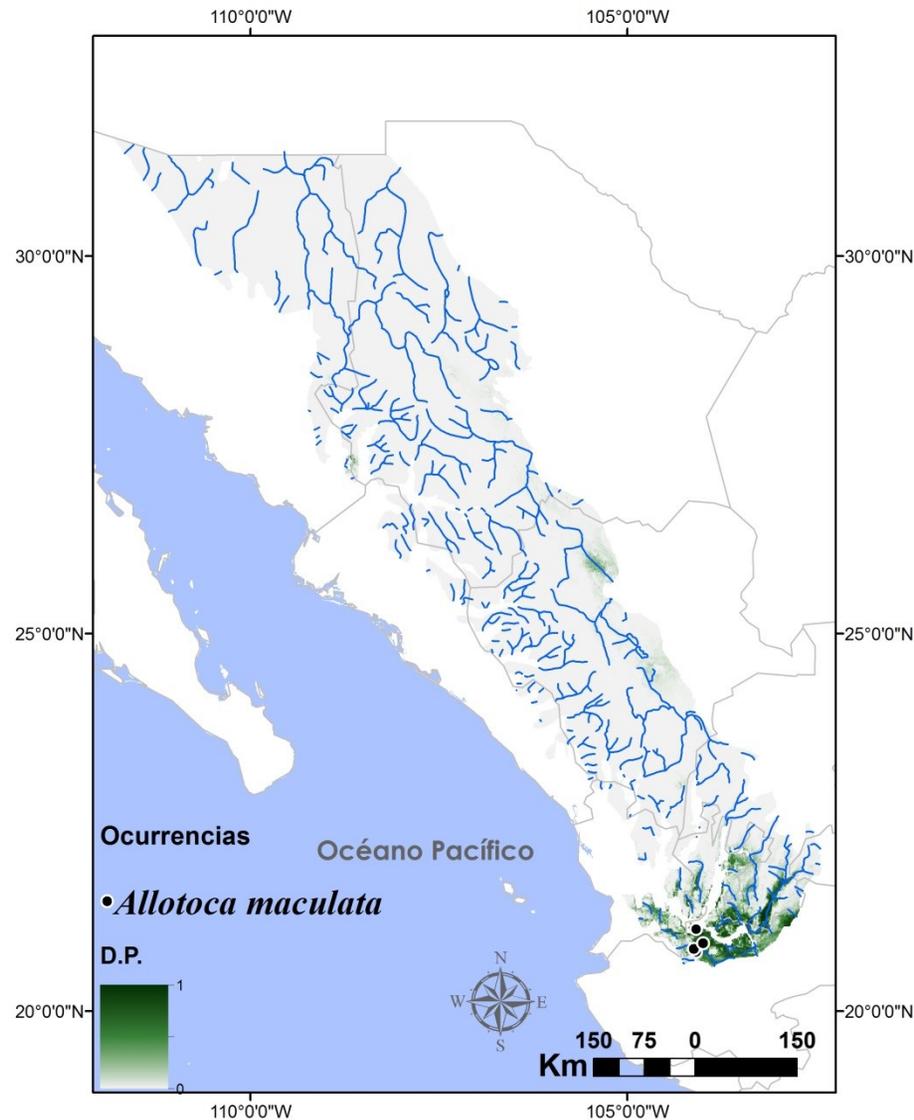
*Fundulus dugesii* Bean, 1887:373, Pl. 20 (fig. 5). [Proceedings of the United States National Museum v. 10 (no. 637)]. Descr. original, Guanajuato, México.

**Nombre común:** "tiro chato"

**Sinonimias:** *Allotoca vivipara* de Buen, 1940

**Distribución:** En el centro de México, en la cuenca del Río Lerma-GRande de Santiago, Río Grande de Morelia (vertiente del Pacífico). En cuencas interiores en lagos Cuitzeo, Pátzcuaro, Zirahuén, laguna de San Marcos y lago de Magdalena.

**Observaciones:** Especie endémica de México y bajo la categoría de peligro por la SEMARNAT (2010).



### ***Allotoca maculata* Smith & Miller 1980**

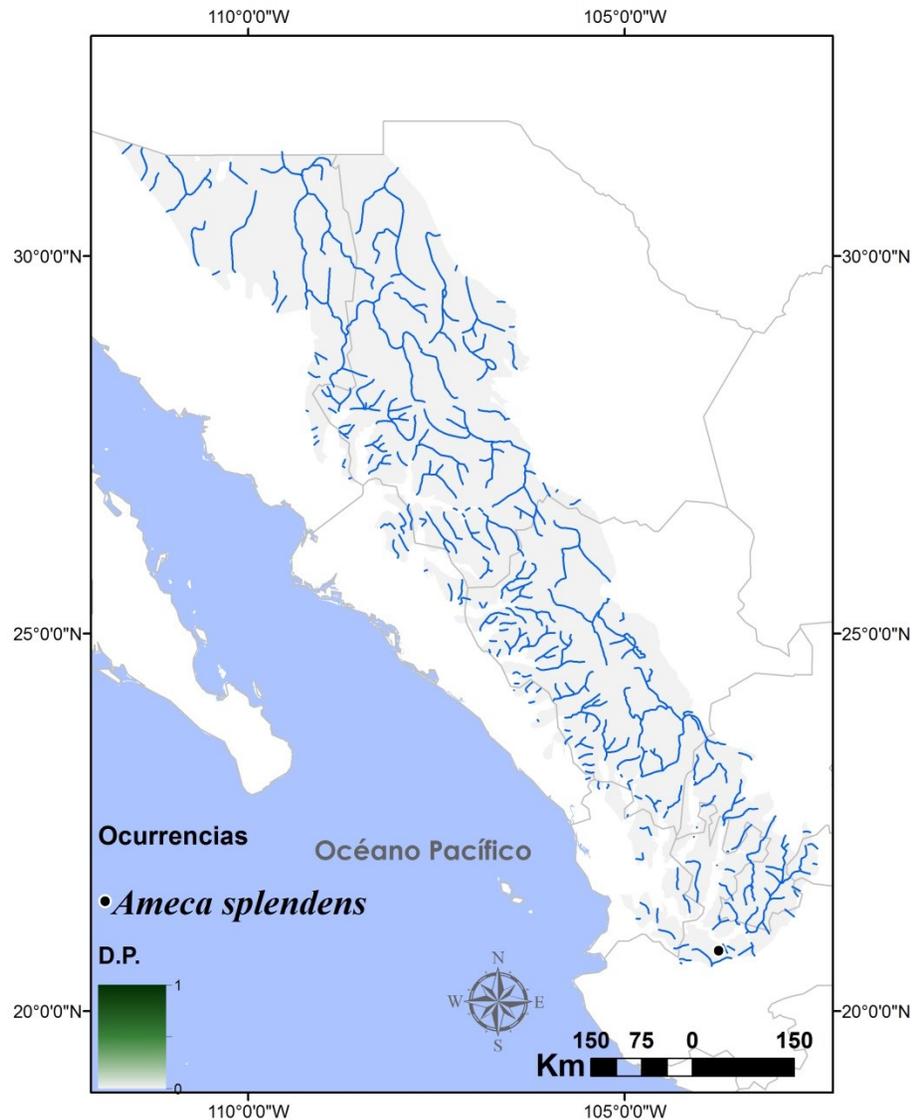
*Allotoca maculata* Smith & Miller, 1980:410, Figs. 1A-B, 2 [Copeia 1980 (no. 3)]. Descr. original, Laguna de Santa Magdalena, sobre el kilómetro 82 al oeste de Guadalajara por la autopista 15, Jalisco, México.

**Nombre común:** "tiro manchado"

**Sinonimias:** Ninguna

**Distribución:** Encontrado sólo en la cuenca endorreica del lago de Magdalena

**Observaciones:** Especie endémica de la SMOc, la IUCN (2013) la considera en peligro.



### ***Ameca splendens* Miller & Fitzsimons 1971**

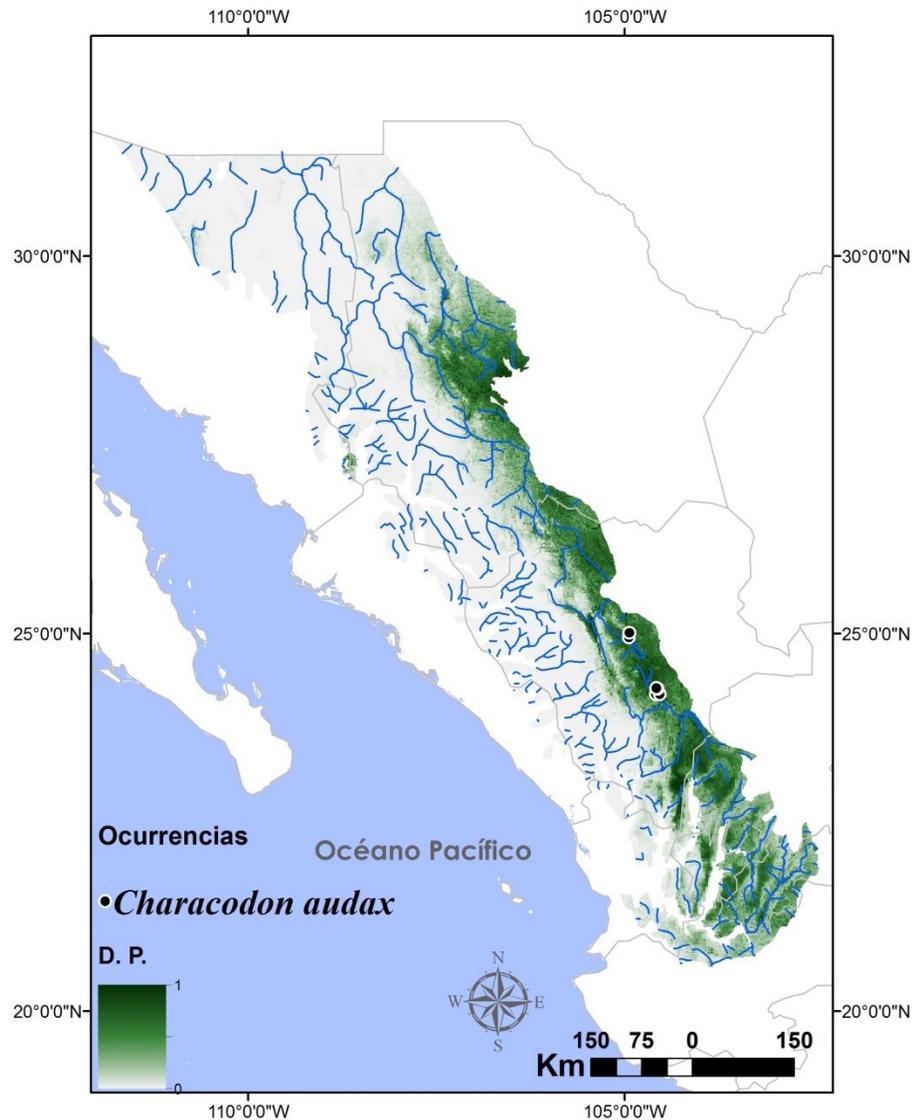
*Ameca splendens* Miller & Fitzsimons, 1971:3, Fig. 1-2, 4-6 [Copeia 1971 (no. 1)]. Descr. original, Río Teuchitlán, justo debajo de Teuchitlán, Jalisco, México.

**Nombre común:** "mexclapique mariposa"

**Sinonimias:** Ninguna

**Distribución:** En el Río Teuchitlán, tributario del Río Ameca de la vertiente del Pacífico

**Observaciones:** Endémica de la SMOc, la NOM-059-2010 la considera en peligro.



***Characodon audax* Smith & Miller, 1986**

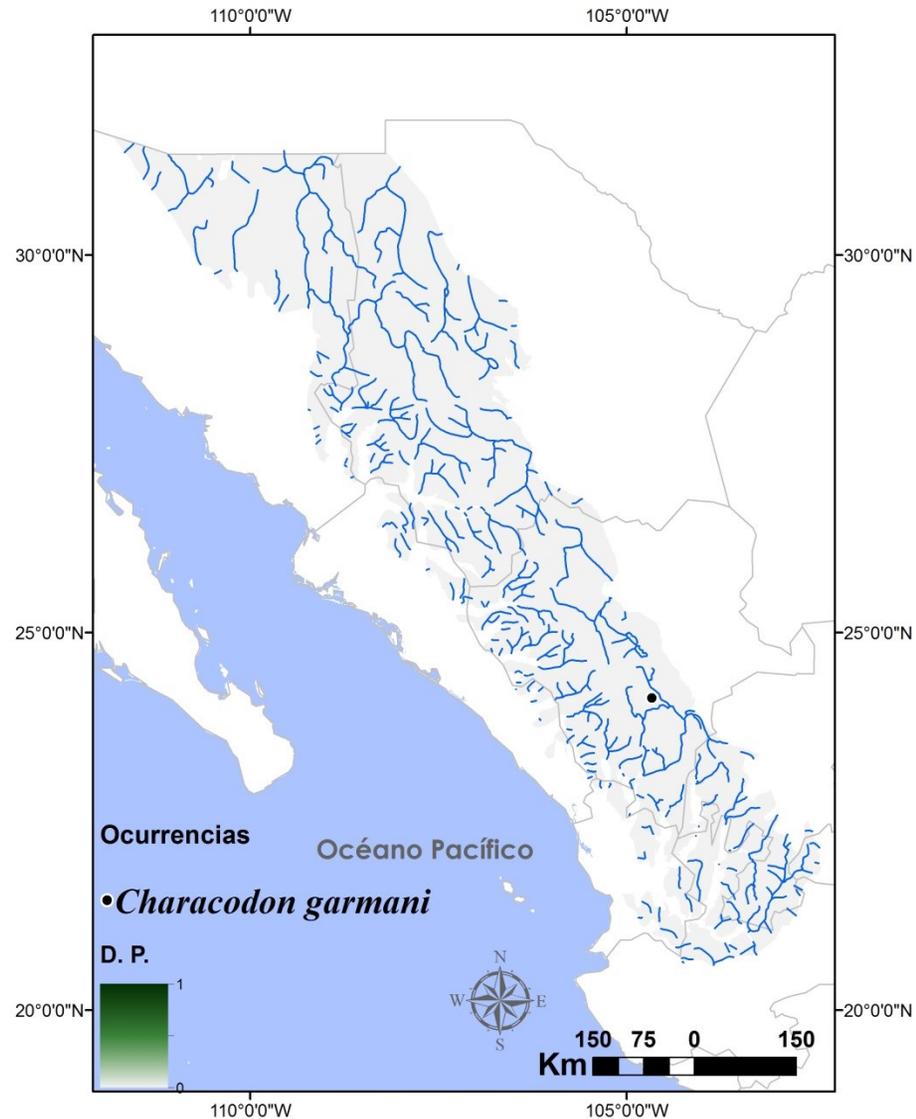
*Characodon audax* Smith, & Miller, 1986:3, Figs. 2-3. [American Museum Novitates No. 2851]. Descr. original, Estanque de El Ojo de Agua de Las Mujeres, cerca de la localidad de El Toboso (24°16'35"N, 104°34'50"W), Durango, México

**Nombre común:** "mexclapique del Toboso"

**Sinonimias:** Ninguna

**Distribución:** Muy restringida, en el ojo de agua de las Mujeres en El Toboso, Dgo.

**Observaciones:** Es endémica de la SMOc, y se encuentra en peligro, acuerdo con la NOM-059-2010.



***Characodon garmani* Jordan & Evermann, 1898**

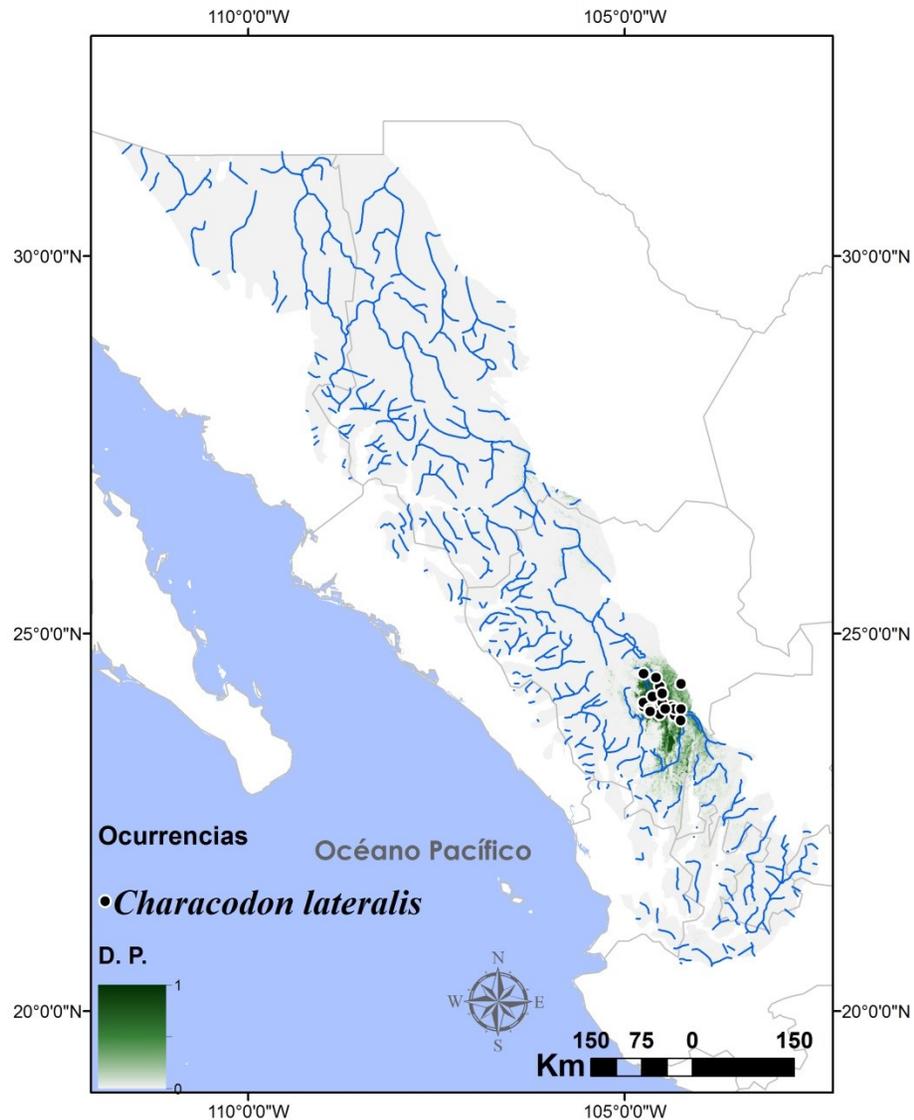
*Characodon garmani* Jordan & Evermann, 1898:2831. [Bulletin of the United States National Museum No. 47]. Descr. original, Parras, Coahuila, México.

**Nombre común:** "mexclapique de Parras"

**Sinonimias:** Ninguna

**Distribución:** Disminuida, sólo se conoció en efluentes de manantiales cerca de Parras, Coahuila.

**Observaciones:** Especie extinta, endémica de México (IUCN, 2013).



***Characodon lateralis* Günther, 1866**

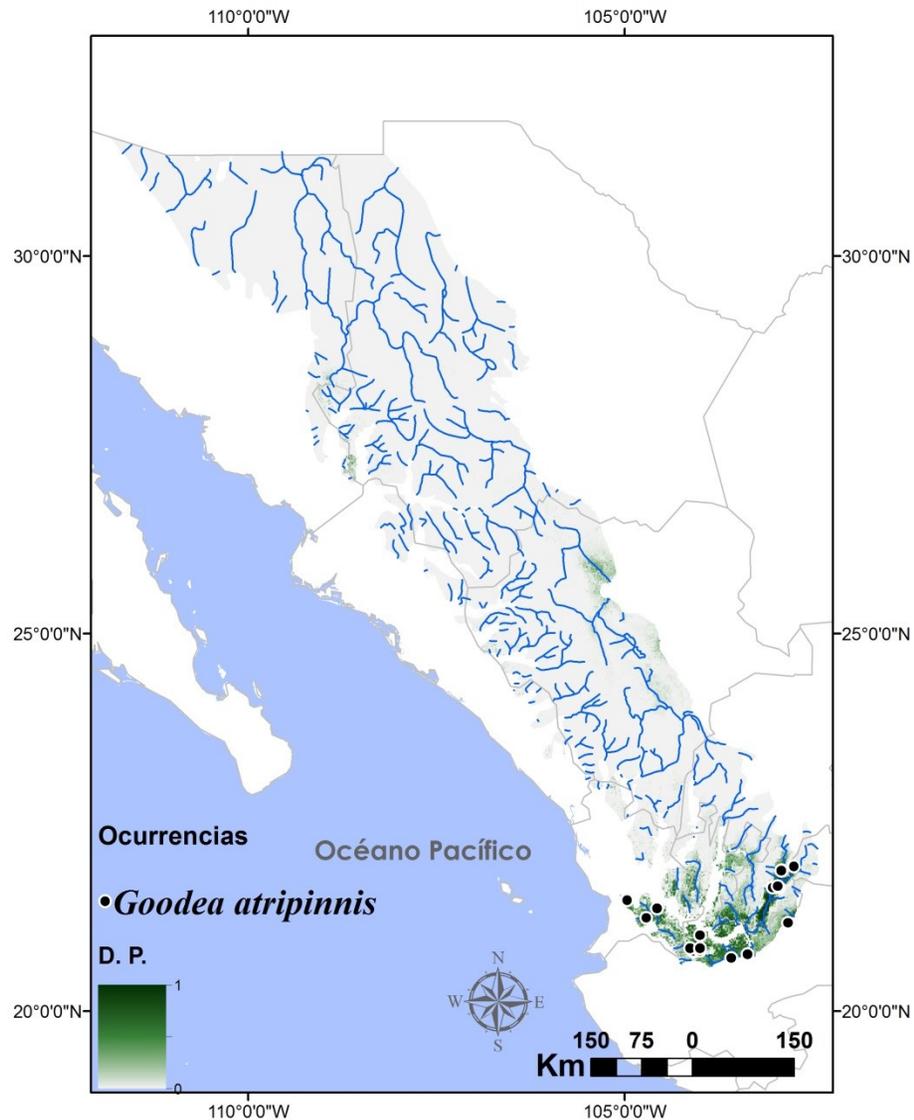
*Characodon lateralis* Günther, 1866:308. [Catalogue of the fishes in the British Museum v. 6]. Descr. original, América Central).

**Nombre común:** "mexclapique arcoirris"

**Sinonimias:** Ninguna

**Distribución:** Cabeceras del Río Mezquital, Durango (vertiente del Pacífico).

**Observaciones:** Endémica de la SMOc y considerada en peligro por SEMARNAT (2010).



### ***Goodea atripinnis* Jordan 1880**

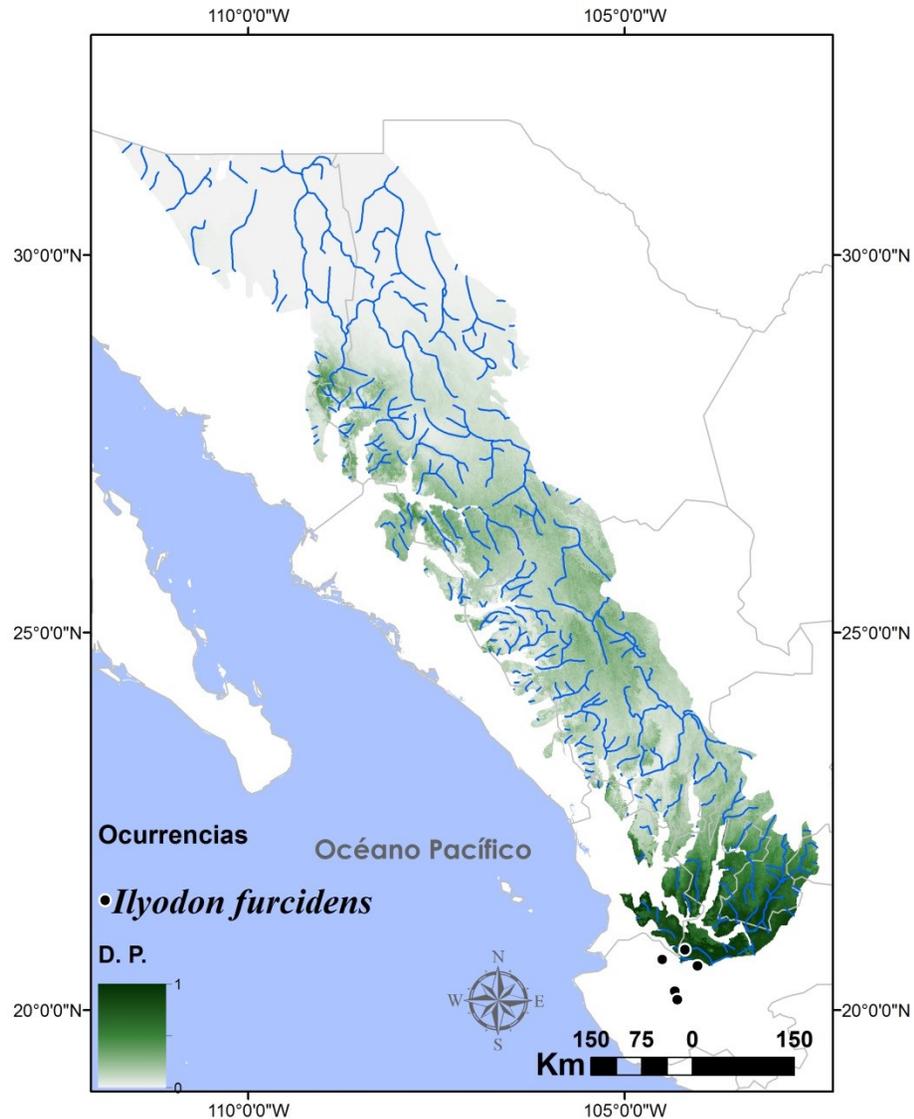
*Goodea tripinnis* Jordan, 1880:299. [Proceedings of the United States National Museum v. 2 (no. 94)]. Descr. original, León, Guanajuato, México.

**Nombre común:** "tiro"

**Sinonimias:** Ninguna

**Distribución:** Amplia en el oeste del centro de México, se encuentra en la cuenca del Río Lerma-Grande de Santiago, cuenca del Río Ameca, cuenca del Río Balsas y del Río Armería (vertiente del Pacífico).

**Observaciones:** Especie endémica de México.



### *Ilyodon furcoides* (Jordan & Gilbert 1882)

*Characodon furcoides* Jordan & Gilbert 1882:354. [Proceedings of the United States National Museum v. 5 (no. 290)]. Descr. original, Cerca de Cabo San Lucas, Baja California, México.

**Nombre común:** "mexclapique del Armería"

**Sinonimias:** *Ilyodon paraguayense* Eigenmann, 1907

*Balsadichthys xantusi* Hubbs & Turner, 1939

**Distribución:** Vertiente del Pacífico, en las cuencas de los Ríos Ameca, Armería, Cihuatlán y Coahuayana.

**Observaciones:** Endémica de México, SEMARNAT en 2010 la consideró amenazada.

***Xenotoca eiseni* (Rutter 1896)**

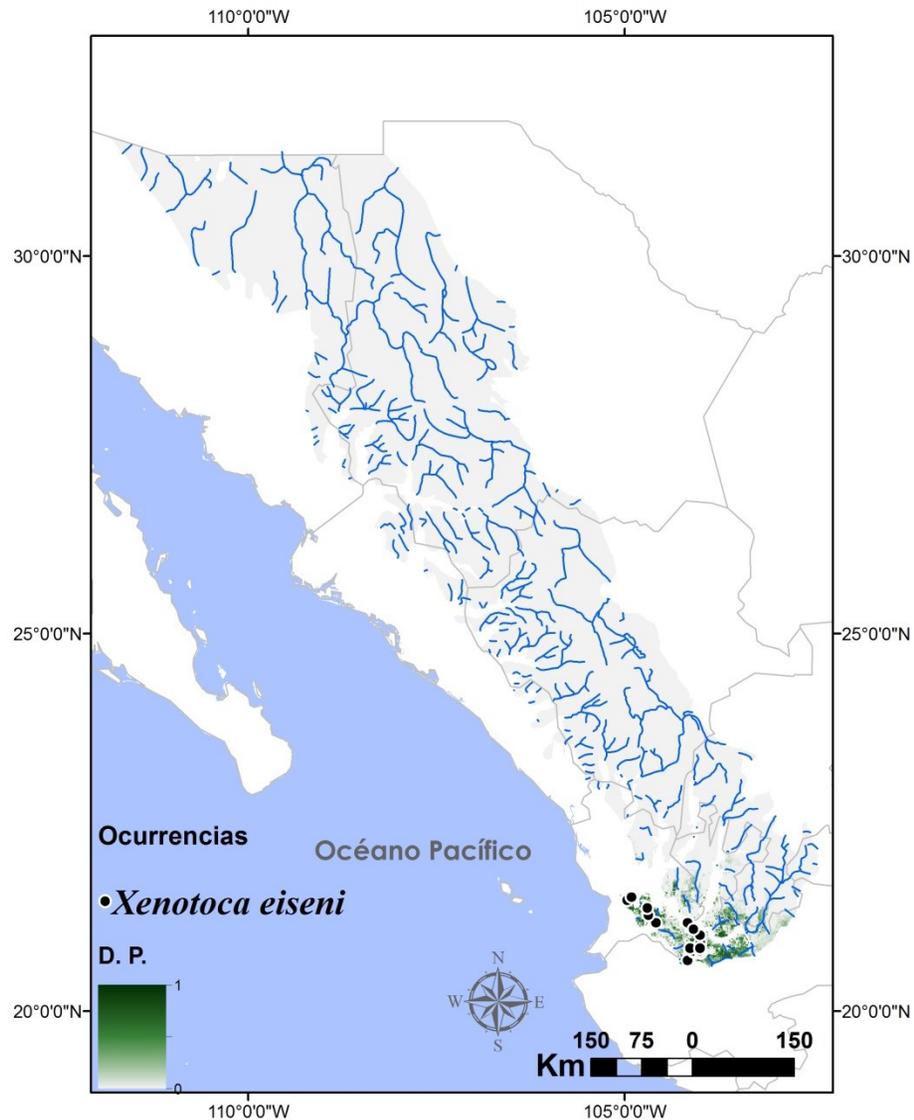
*Characodon eiseni* Rutter, 1896:266. [Proceedings of the California Academy of Sciences (Series 2) v. 6]. Descr. original, Rama del Río Grande de Santiago, Tepic, México.

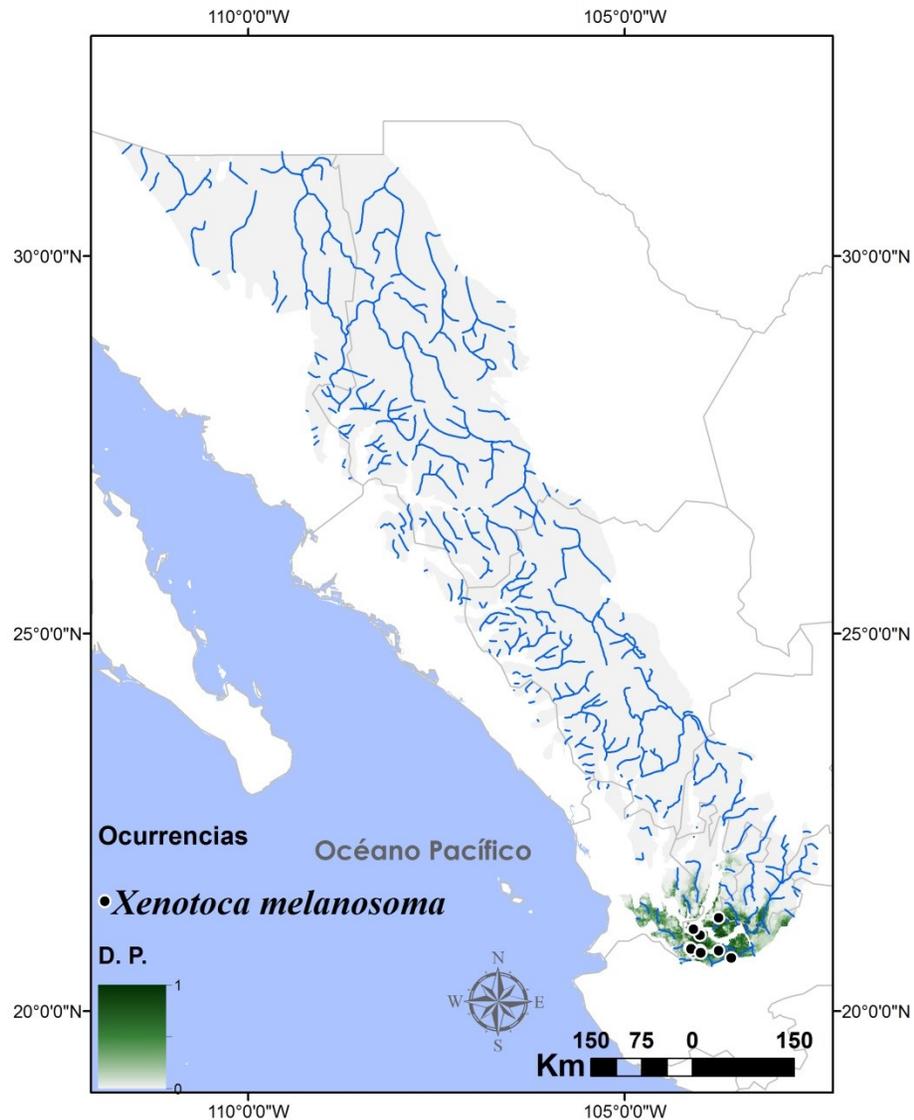
**Nombre común:** "mexclapique cola roja"

**Sinonimias:** Ninguna

**Distribución:** Cuenca del río Grande de Santiago y río Ameca (vertiente del Pacífico), y en la cuenca endorreica del Lago de Magdalena.

**Observaciones:** Endémica de México y sujeta a protección especial por la NOM-059-2010.





### ***Xenotoca melanosoma* Fitzsimons 1972**

*Xenotoca melanosoma* Fitzsimons, 1972:750. [Copeia 1972 (no. 4)]. Descr. original, Río Tamazula, 5 kilómetros al sur de Guzmán, Jalisco, México.

**Nombre común:** "mexclapique negro"

**Sinonimias:** Ninguna

**Distribución:** Cuencas del Río Lerma-Grande de Santiago en la vertiente del Pacífico; en cuencas interiores en las lagunas de Magdalena, Zacacoalco, San Marcos, Atotonilco y Zapotlán.

**Observaciones:** Endémica de México, aparece como en peligro en la NOM-059-2010.

***Xenotoca variata* (Bean 1887)**

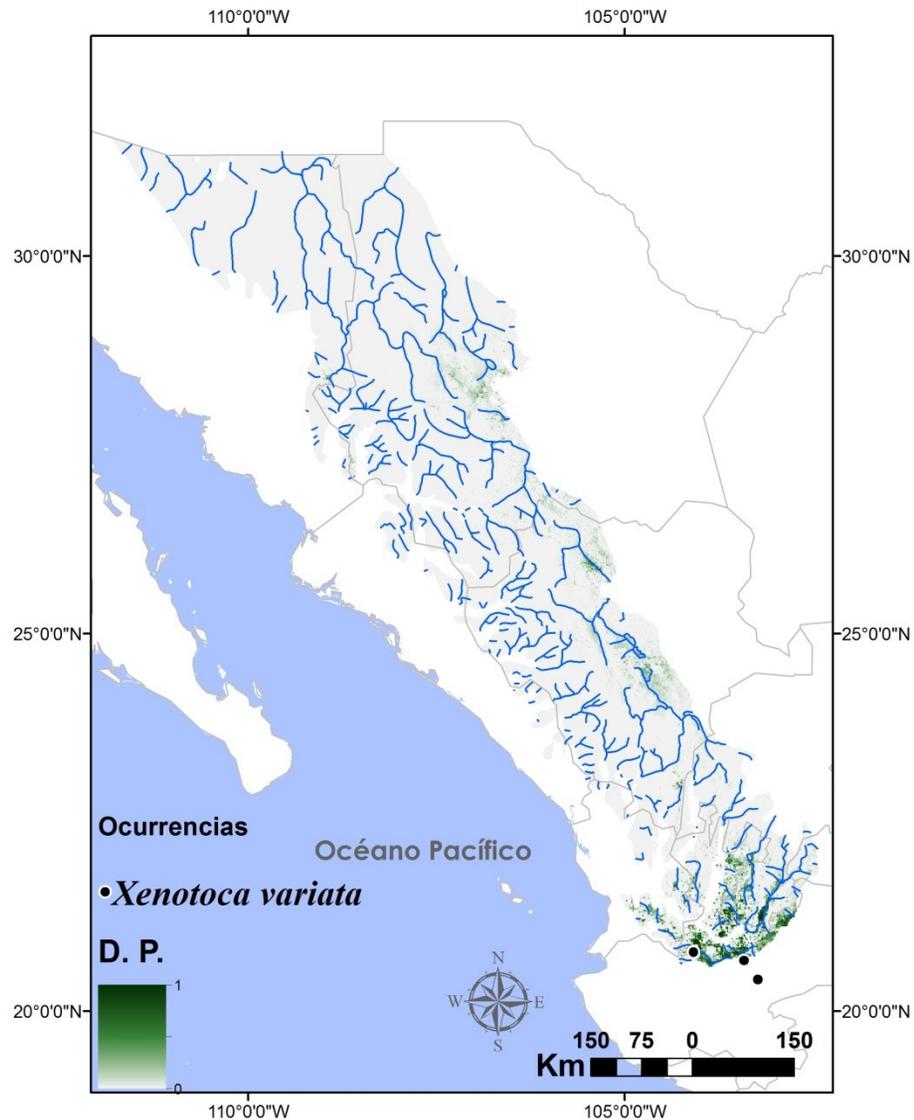
*Characodon variatus* Bean, 1887:370, Pl. 20 (fig. 1). [Proceedings of the United States National Museum v. 10 (no. 637)]. Descr. original, Manantiales en Guanajuato, México.

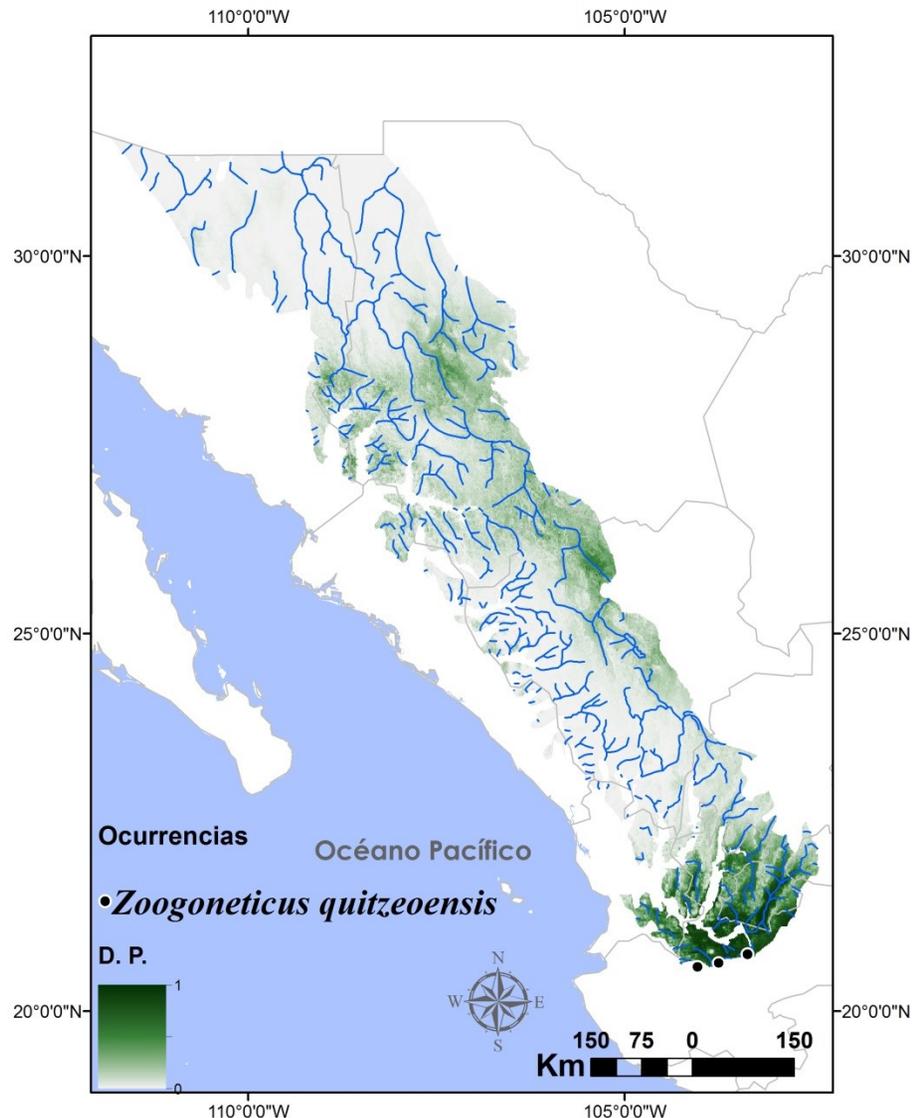
**Nombre común:** "pintada"

**Sinonimias:** Ninguna

**Distribución:** Vertiente del Pacífico, cuenca de los Ríos Lerma-Grande de Santiago; cuencas interiores en el Lago de Cuitzeo y la cuenca del Río Grande de Morelia; vertiente del Atlántico, cuenca del Río Santa María, tributario del alto Río Pánuco. En la SMOc se registró en la cuenca del Río Ameca.

**Observaciones:** Especie endémica de México.





### ***Zoogoneticus quitzeoensis* (Bean 1898)**

*Platyopocilus quitzeoensis* Bean, 1898:540, Fig. [Proceedings of the United States National Museum v. 21 (no. 1159)]. Descr. original, Laogo Quitzeo [Cuitzeo], México).

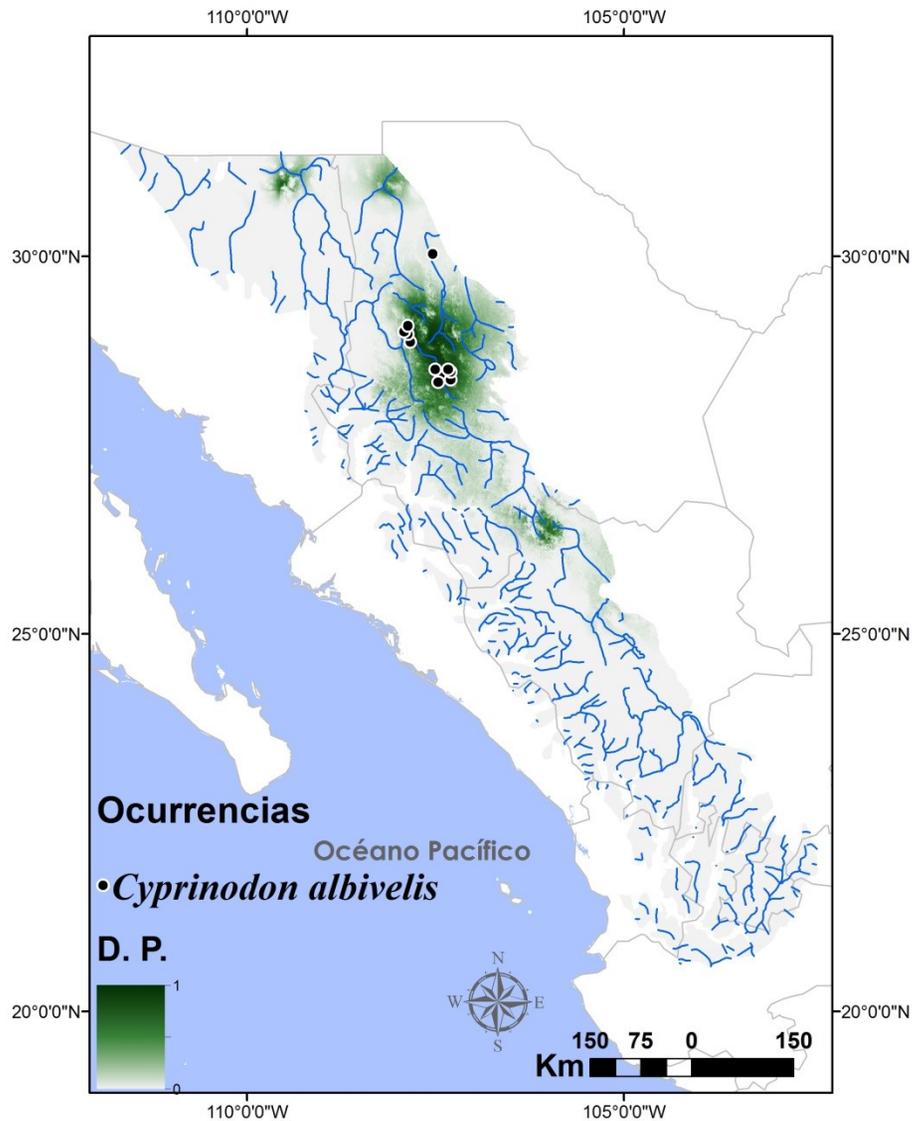
**Nombre común:** "picote"

**Sinonimias:** *Zoogoneticus cuitzeoensis* Meek, 1904

**Distribución:** En cuencas de los Ríos Ameca y Lerma-Grande de Santiago, en los lagos de Chapala y Cuitzeo, y el Río Armería (vertiente del Pacífico); en la cuenca endorreica del lago de Atotonilco y San Marcos.

**Observaciones:** Endémica de México, la NOM-059-2010 la considera especie amenazada.

## Familia Cyprinodontidae



### *Cyprinodon albivelis* Minckley & Miller 2002

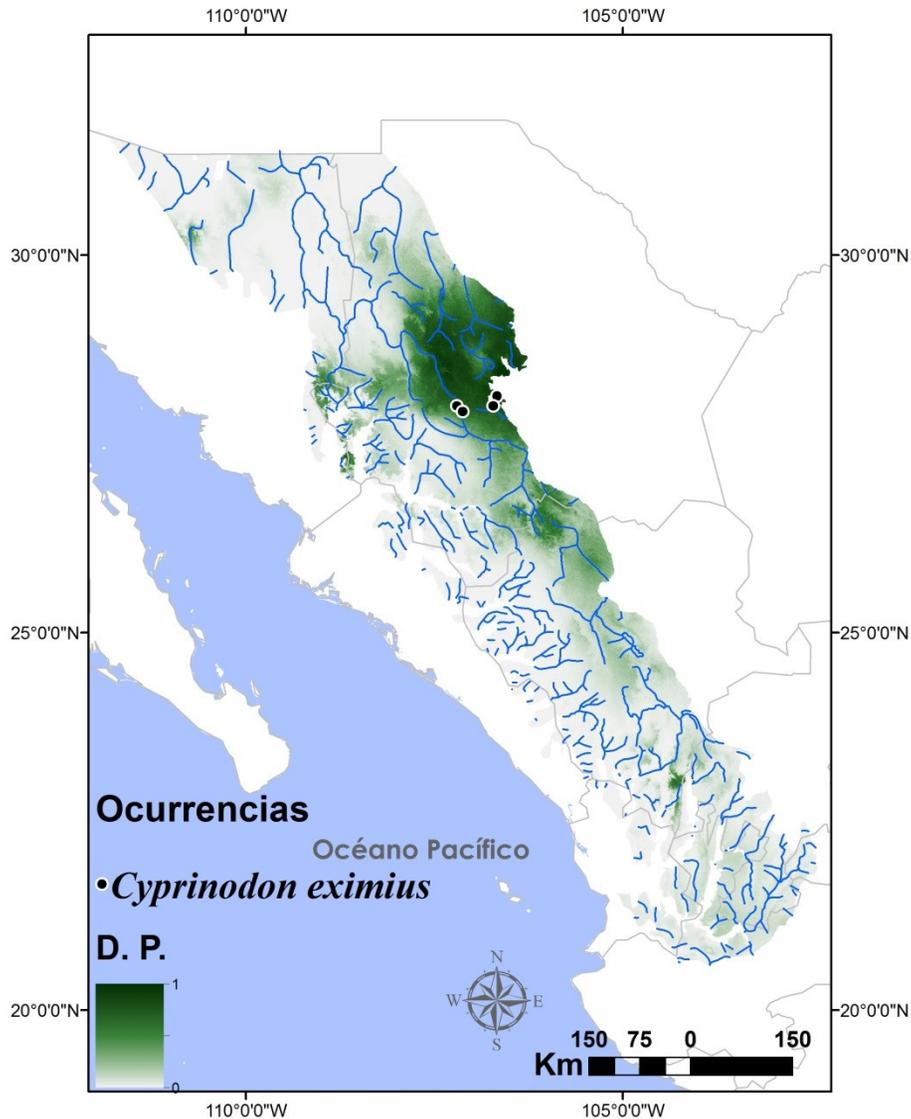
*Cyprinodon albivelis* Minckley & Miller in Minckley, Miller & Norris 2002:697, Fig. 4 [Copeia 2002 (no. 3)]. Descr. original, Río Papigóchic en Yepomera, 28°32'W, 107°29'N, Chihuahua, México.

**Nombre común:** "cachorrito aletas blancas"

**Sinonimias:** Ninguna

**Distribución:** Restringida en la cuenca del Río Yaqui (alto Río Papagóchic, vertiente del Pacífico), y en la cuenca endorreica del Río Santa María.

**Observaciones:** Endémica de México.



### *Cyprinodon eximius* Girard 1859

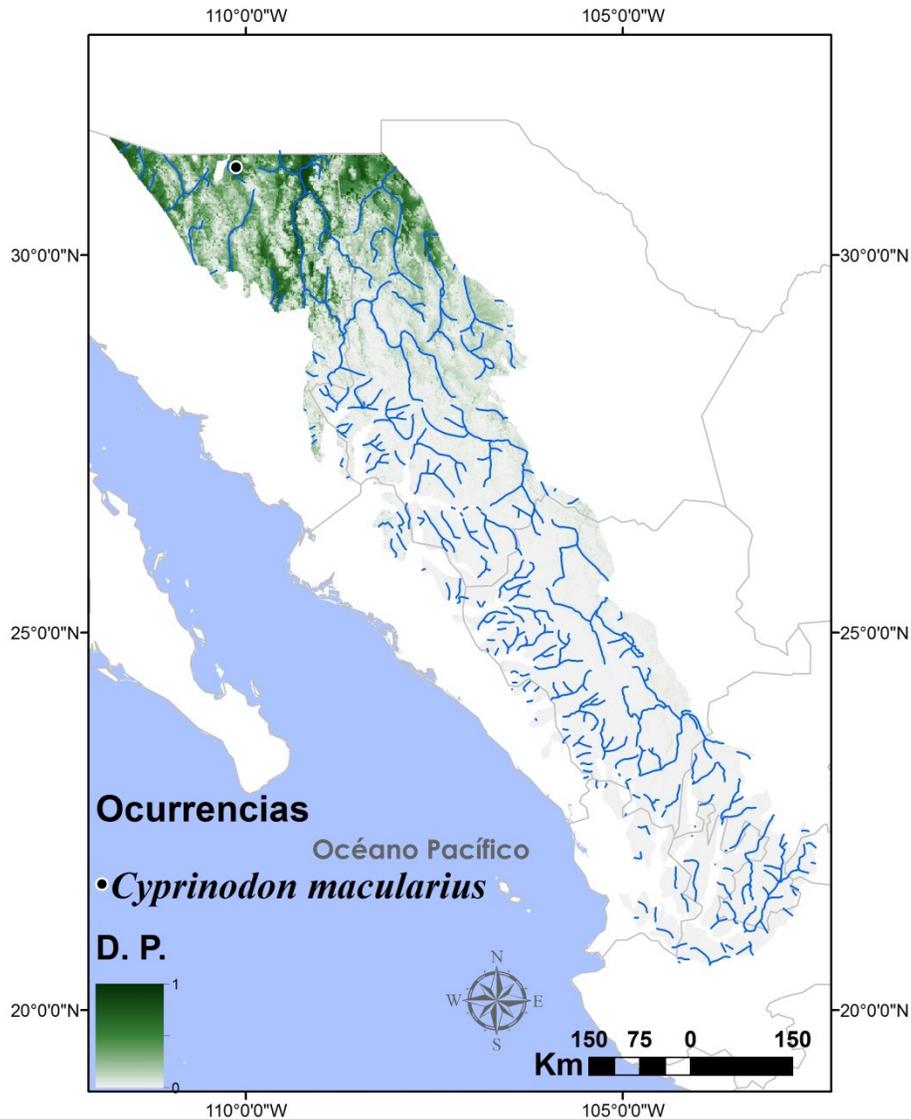
*Cyprinodon eximius* Girard, 1859: 158. [Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia v. 11]. Descr. original, Río Chihuahua [Río Chuviscar en la Ciudad de Chihuahua], México.

**Nombre común:** "cachorrito del Conchos"

**Sinonimias:** Ninguna

**Distribución:** Desde el Río Devil's en Texas, afluentes del Río Bravo y cuenca del Río Conchos (vertiente del Atlántico), también en la cuenca endorreica del Río Saúz.

**Observaciones:** Especie amenazada de acuerdo con la SEMARNAT (2010).



### ***Cyprinodon macularius* Baird & Girard 1853**

*Cyprinodon macularius* Baird & Girard, 1853: 389. [Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia v. 6]. Descr. original, Río San Pedro, afluente del Río Gila, Arizona, EUA.

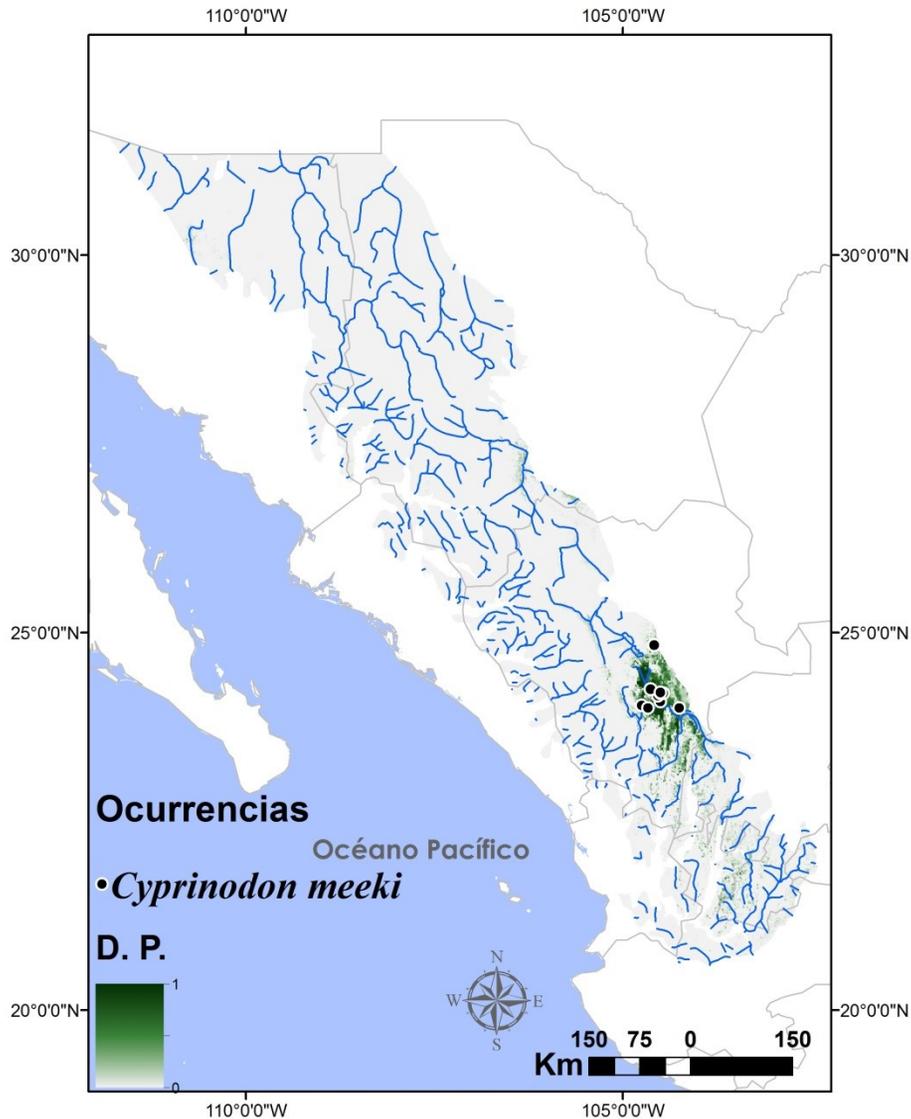
**Nombre común:** "cachorrito del desierto"

**Sinonimias:** *Lucania browni* Jordan & Richardson, 1907

*Cyprinodon californiensis* Girard, 1859

**Distribución:** Cuenca del Río Colorado, cuenca del Río Gila y cuencas del Mar de Salton y Laguna Salada del sur de California y Baja California, vertiente del Pacífico.

**Observaciones:** Se encuentra en peligro (SEMARNAT, 2010).



### ***Cyprinodon meeki* Miller 1976**

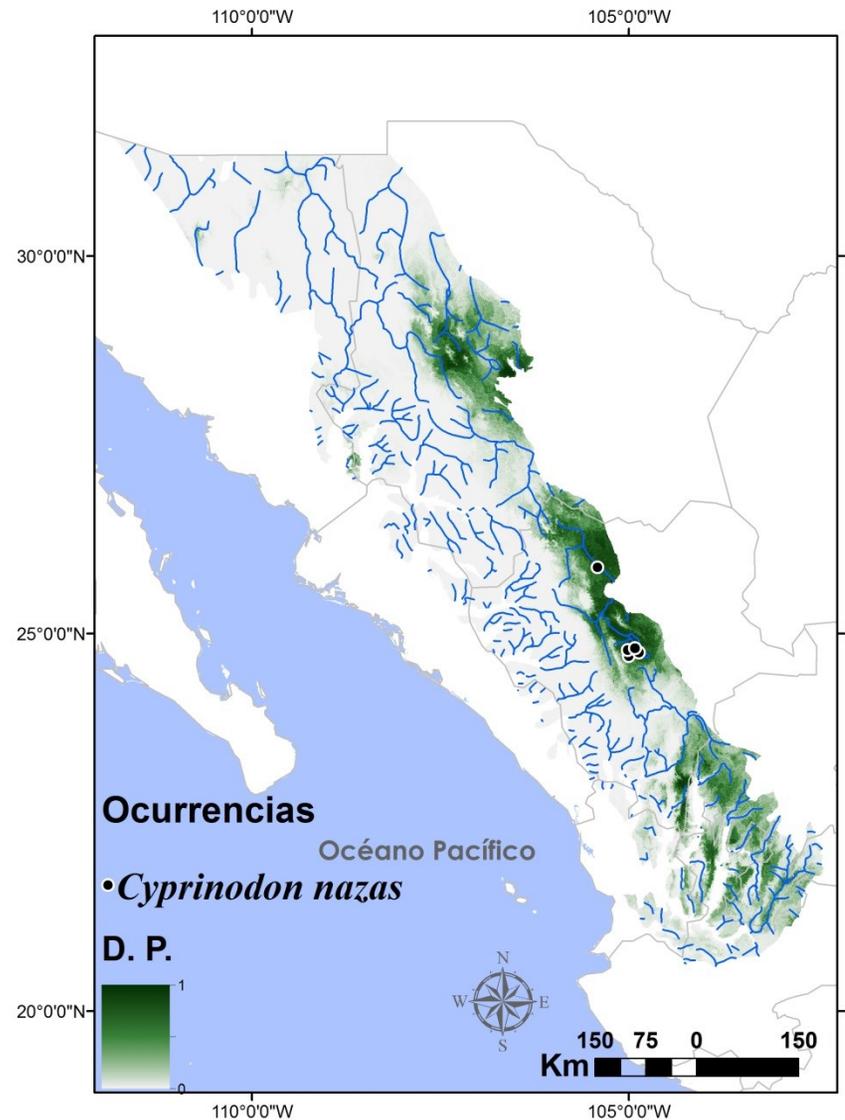
*Cyprinodon meeki* Miller, 1976:73, Fig. 1E. [Bulletin of the Southern California Academy of Sciences v. 75 (no. 2)]. Descr. original, Estanque alimentado por aguas termales, afluente del Río Tunal, a unos 9 kilómetros al este de la ciudad de Durango, Durango, México.

**Nombre común:** "cachorrito del Mezquital"

**Sinonimias:** Ninguna

**Distribución:** Restringida en el Río Mezquital, vertiente del Pacífico.

**Observaciones:** Reducción del hábitat y vulnerable por la presencia de especies exóticas. Endémica de la SMOc y bajo la categoría de peligro según SEMARNAT (2010).



### ***Cyprinodon nazas* Miller 1976**

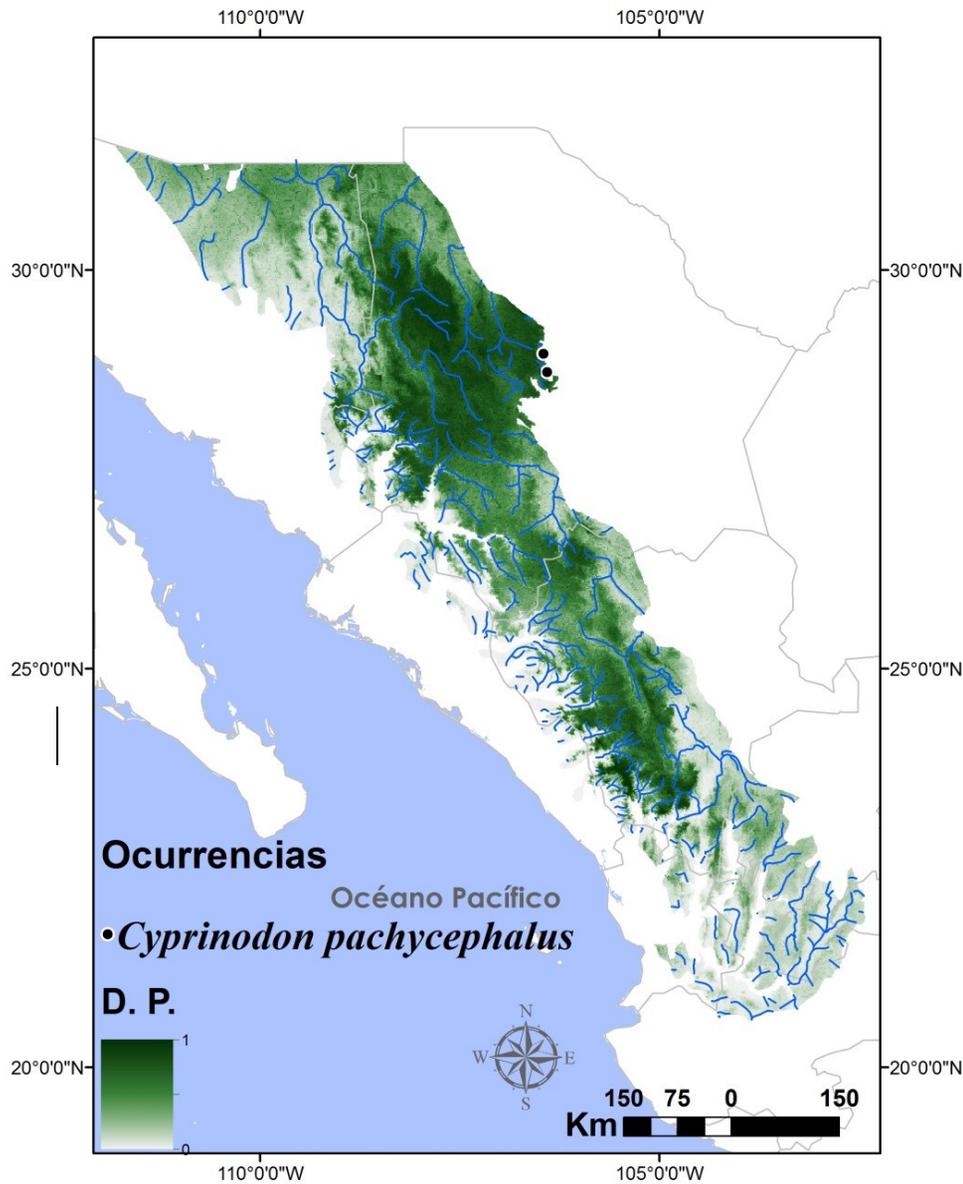
*Cyprinodon nazas* Miller, 1976:72, Fig. 1C. [Bulletin of the Southern California Academy of Sciences v. 75 (no. 2)]. Descr. original, Río Nazas, cerca de su desembocadura en San Miguel, cerca del borde de la Laguna de Mayrán, Coahuila, México.

**Nombre común:** "cachorrito del Nazas"

**Sinonimias:** Ninguna

**Distribución:** Se encuentra en cuencas interiores de los Ríos Nazas-Aguanaval y en la Laguna de Santiaguillo

**Observaciones:** Endémica de la SMOc, considerada amenazada en la NOM-059-2010.



***Cyprinodon pachycephalus* Minckley & Minckley 1986**

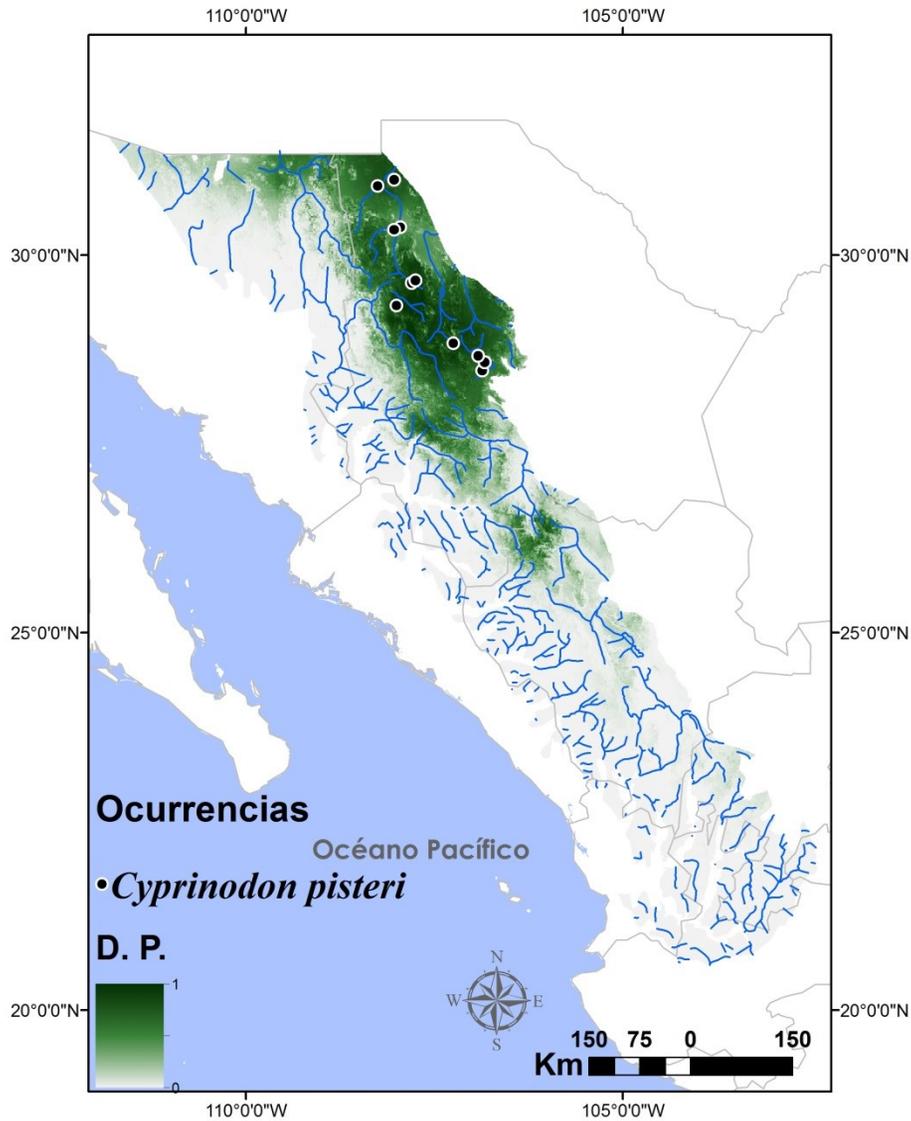
*Cyprinodon pachycephalus* Minckley & Minckley, 1986:184, Figs. 1-2. [Copeia 1986 (no. 1)]. Descr. original, Baños de San Diego, este de Chihuahua, México.

**Nombre común:** "cachorrito cabezón"

**Sinonimias:** Ninguna

**Distribución:** Tributario del Río Conchos (a través del Río Chuvíscar, al este de Chihuahua), vertiente del Atlántico.

**Observaciones:** Especie endémica de México, está considerada en peligro por la NOM-059-2010.



### ***Cyprinodon pisteri* Miller & Minckley 2002**

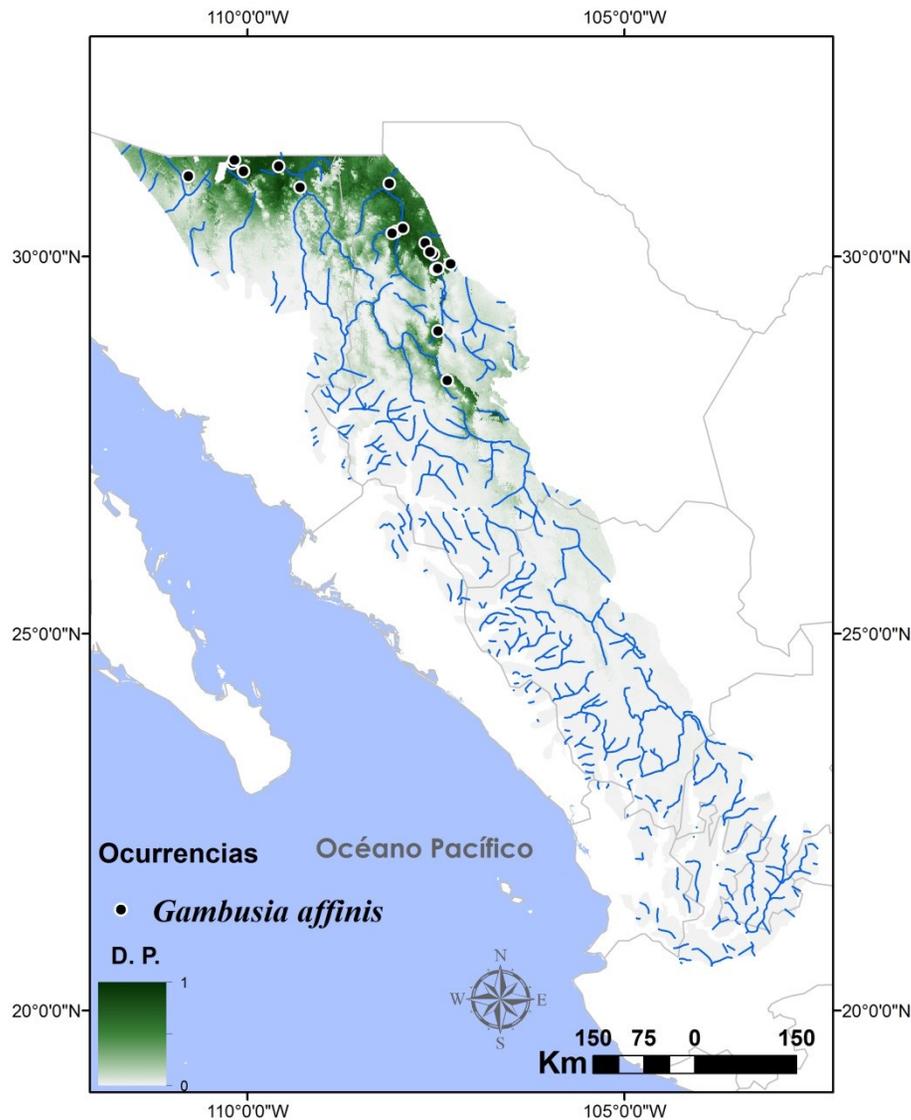
*Cyprinodon pisteri* Miller & Minckley in Minckley, Miller & Norris 2002:687, Figs. 1-2 [Copeia 2002 (no. 3)]. Descr. original, Ojo de Palomas Viejo (ahora seco), 5.2 kilometros al sur de Las Palomas, 31°45'N, 107°40'W, Chihuahua, México.

**Nombre común:** "cachorrito de Palomas"

**Sinonimias:** *Cyprinodon artatus*

**Distribución:** Cuencas endorreicas del Río Casas Grandes, Santa María del Carmen y Laguna Bustillos.

## Familia Poeciliidae



### *Gambusia affinis* (Baird & Girard 1853)

*Heterandria affinis* Baird & Girard, 1853:390 [Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia v. 6]. Descr. original, Río Medina y Río Salado, Texas, EUA.

**Nombre común:** "guayacón mosquito"

**Sinonimias:** *Zygonectes atrilatus* Jordan & Brayton, 1878

*Gambusia gracilis* Girard, 1859

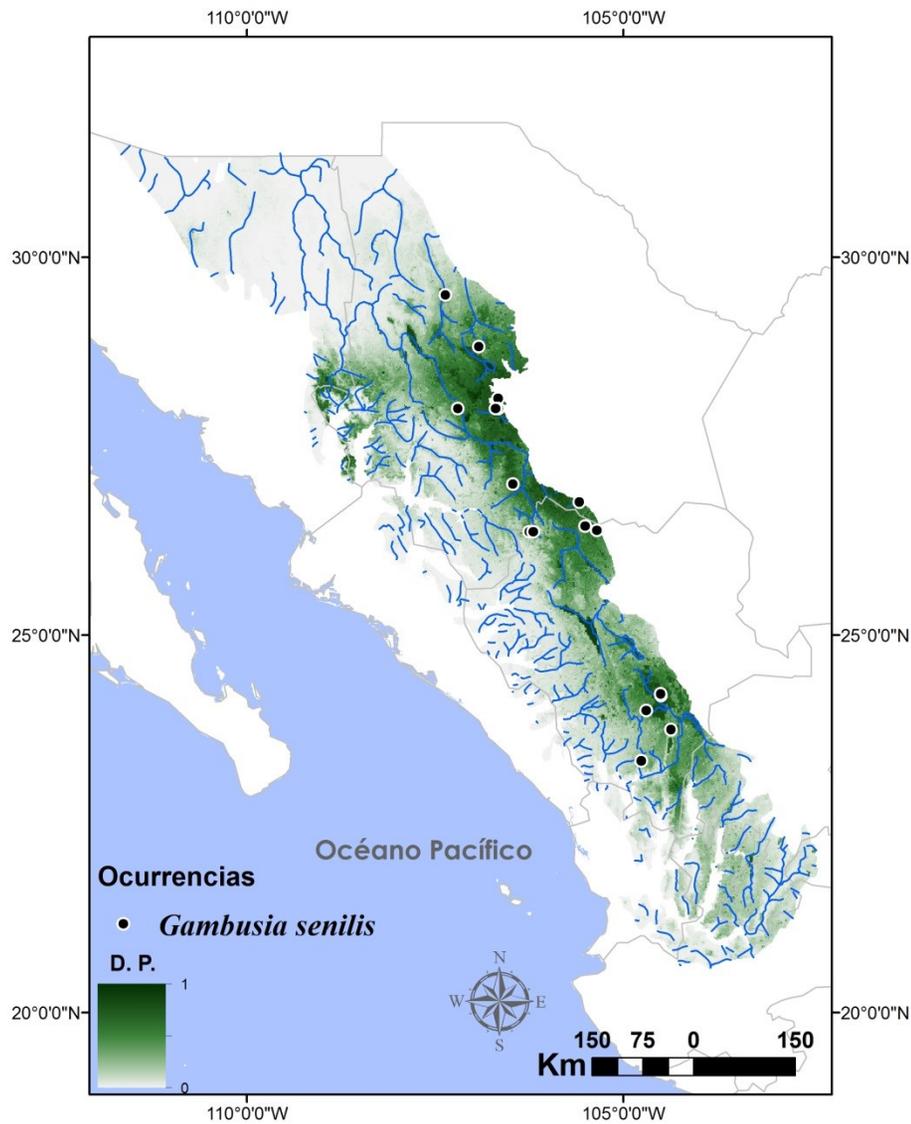
*Gambusia humilis* Günther, 1866

*Haplochilus melanops* Cope, 1870

*Heterandria patruelis* Baird & Girard, 1853

**Distribución:** Desde el valle del Río Misisipi hasta al oeste del Río Bravo, llegando hasta el sur empresa la cuenca del Río Pánuco y en la Laguna de Tamiahua. En la SMOc se incluyeron los registros de las cuencas del Río Casas Grandes Oeste, Río Colorado, Río Santa María y Río Yaqui.

**Observaciones:** Especie introducida en la SMOc para control de mosquitos, es una especie altamente depredadora, pues se ha documentado el declive de especies nativas debido a la introducción de *G. affinis* (Miller, 2005).



### ***Gambusia senilis* Girard 1859**

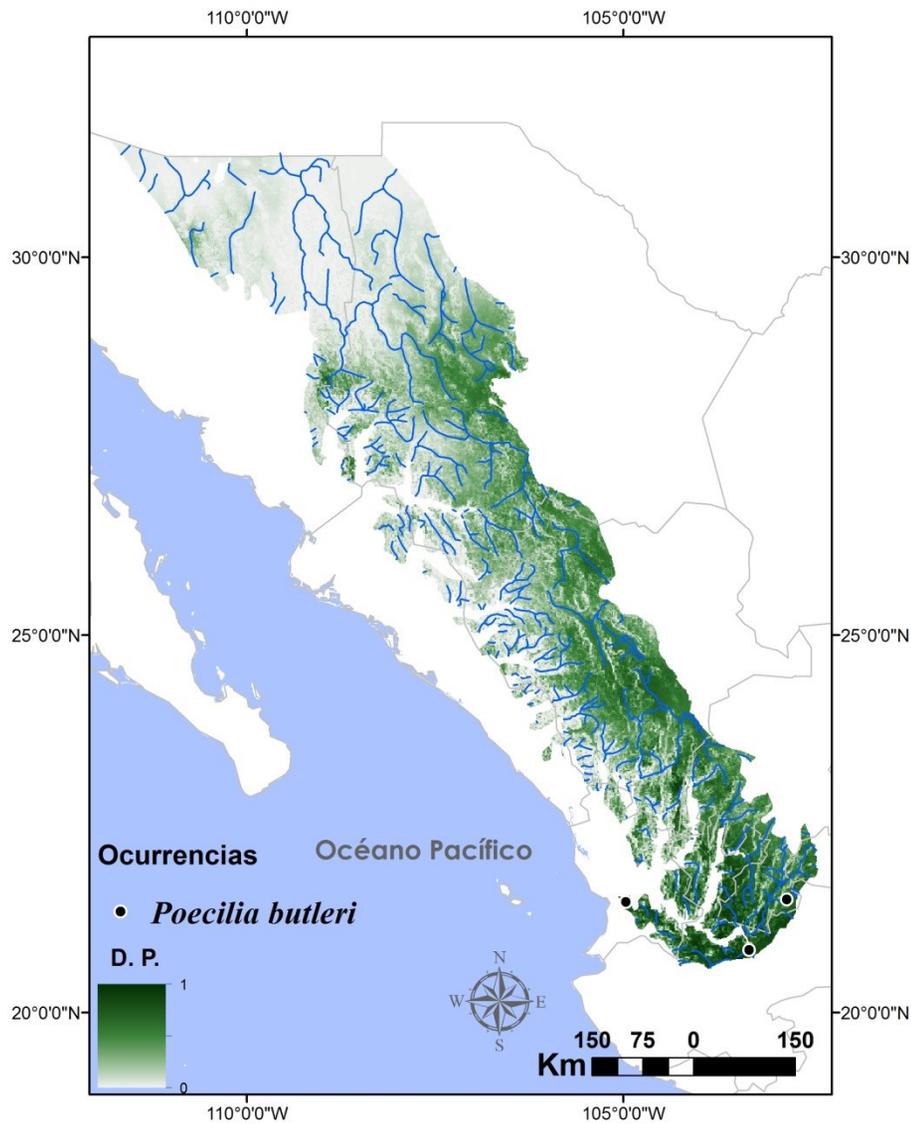
*Gambusia senilis* Girard, 1859:122. [Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia v. 11]. Descr. original, Río Chihuahua, drenaje del Río Grande, México)

**Nombre común:** "Guayacón del Bravo"

**Sinonimias:** Ninguna

**Distribución:** Desde el Río Devil's, Texas en el Río Bravo (vertiente del Atlántico), al oeste y sur hasta la alta cuenca del Río Conchos, y al norte hasta la cuenca endorreica del Río Saúz.

**Observaciones:** Se considera extirpada del Río Devil's lo cual la convierte en endémica de México, sin embargo, se ha introducido en diversos sitios del país.



### ***Poecilia butleri* Jordan 1889**

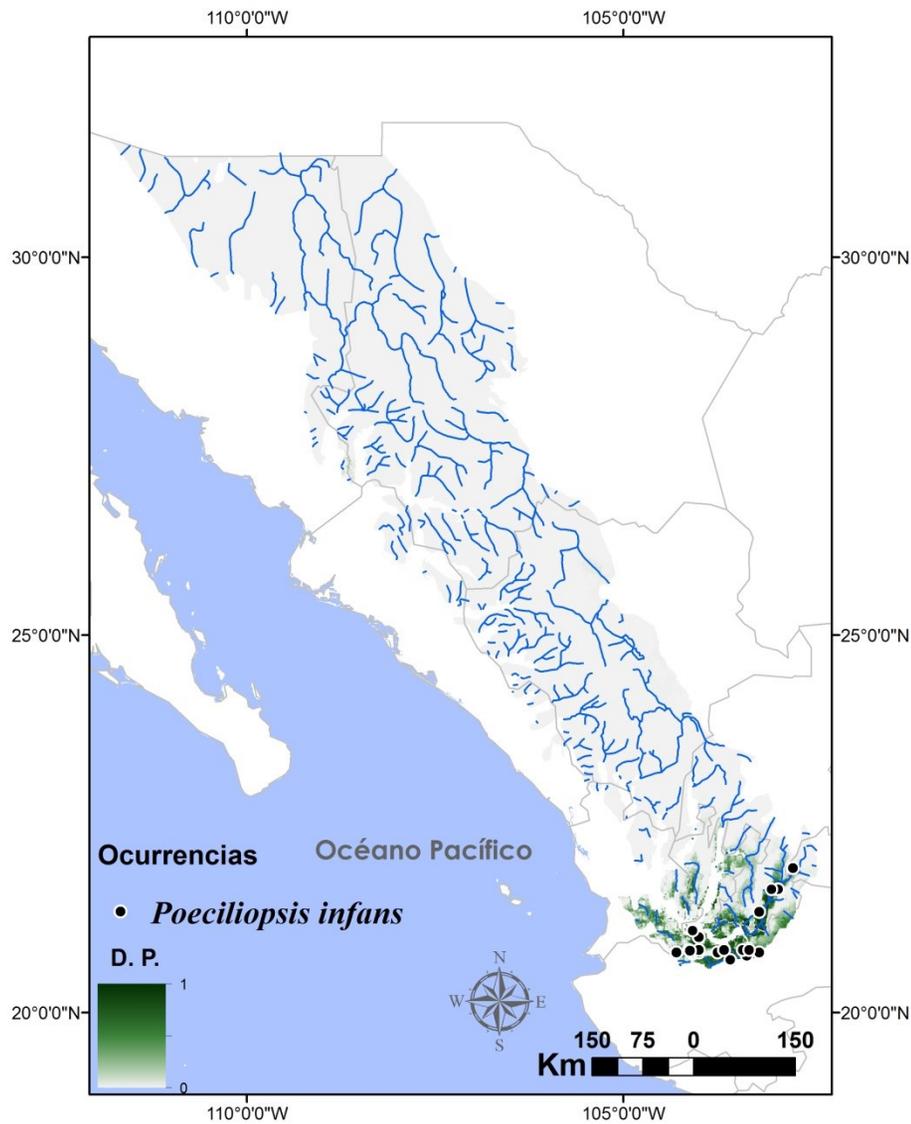
*Poecilia butleri* Jordan, 1889:330. [Proceedings of the United States National Museum v. 11 (no. 719)]. Descr. original, Río Presidio, cerca de Mazatlán, Sinaloa, México.

**Nombre común:** "topote del Pacífico"

**Sinonimias:** Ninguna

**Distribución:** Desde México a Mesoamérica, en la cuenca del Río Fuerte en Sonora, hasta la boca del Río Comasagua en El Salvador (vertiente del Pacífico). En la SMOc se registró en la cuenca del Río Santiago.

**Observaciones:** Aparentemente fue introducida en los Ríos Ameca y Coahuayana (Miller *et al.*, 2006).



***Poeciliopsis infans* (Woolman 1894)**

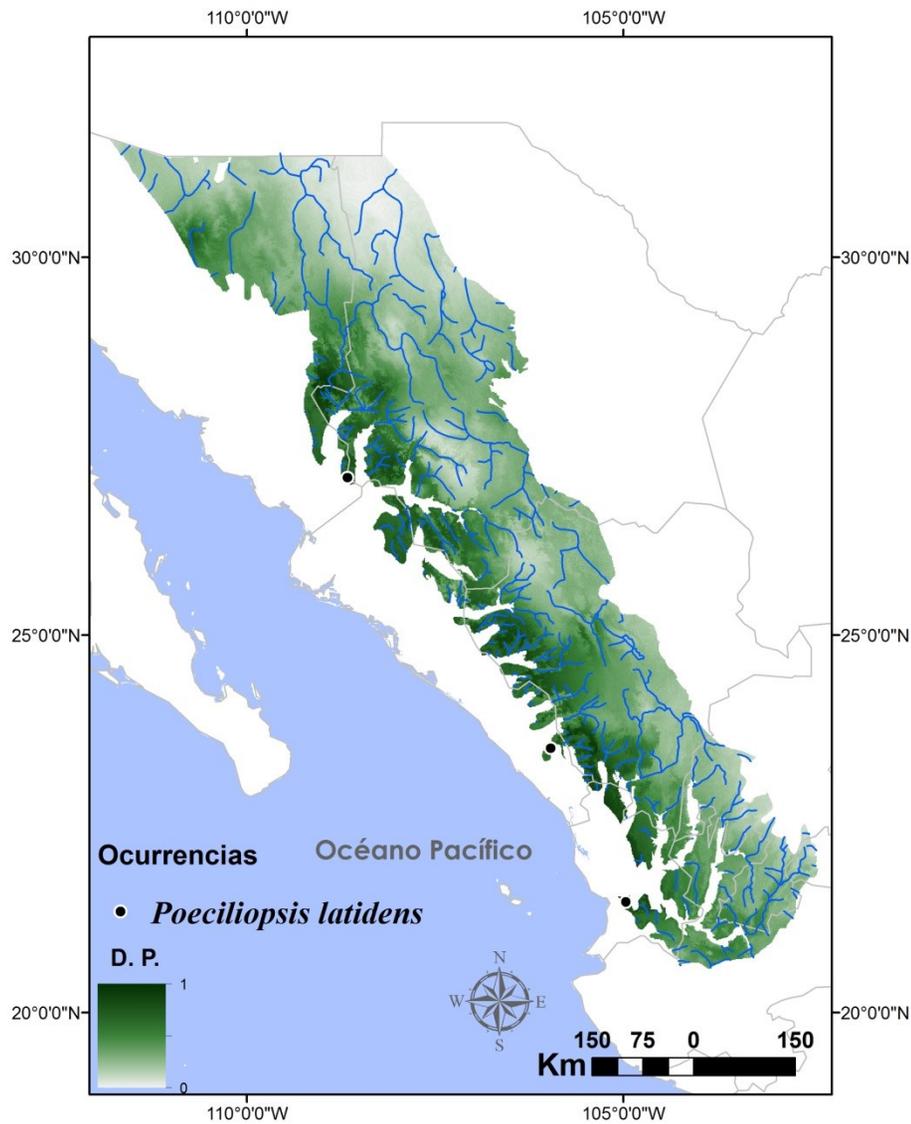
*Gambusia infans* Woolman, 1894:62, Pl. 2 [Bulletin of the U. S. Fish Commission v. 14 (art. 8) (for 1894)]. Descr. original, Río Lerma, en Salamanca, México).

**Nombre común:** "guatopote del Lerma"

**Sinonimias:** *Poeciliopsis porosus* de Buen, 1943

**Distribución:** Vertiente del Pacífico, cuenca del Río Lerma-Grande de Santiago y tributarios de los Ríos Ameca, Armería, Coahuayana y Balsas; en la vertiente del Atlántico, la cuenca del Río Pánuco.

**Observaciones:** Especie endémica de México.



***Poeciliopsis latidens* (Garman 1895)**

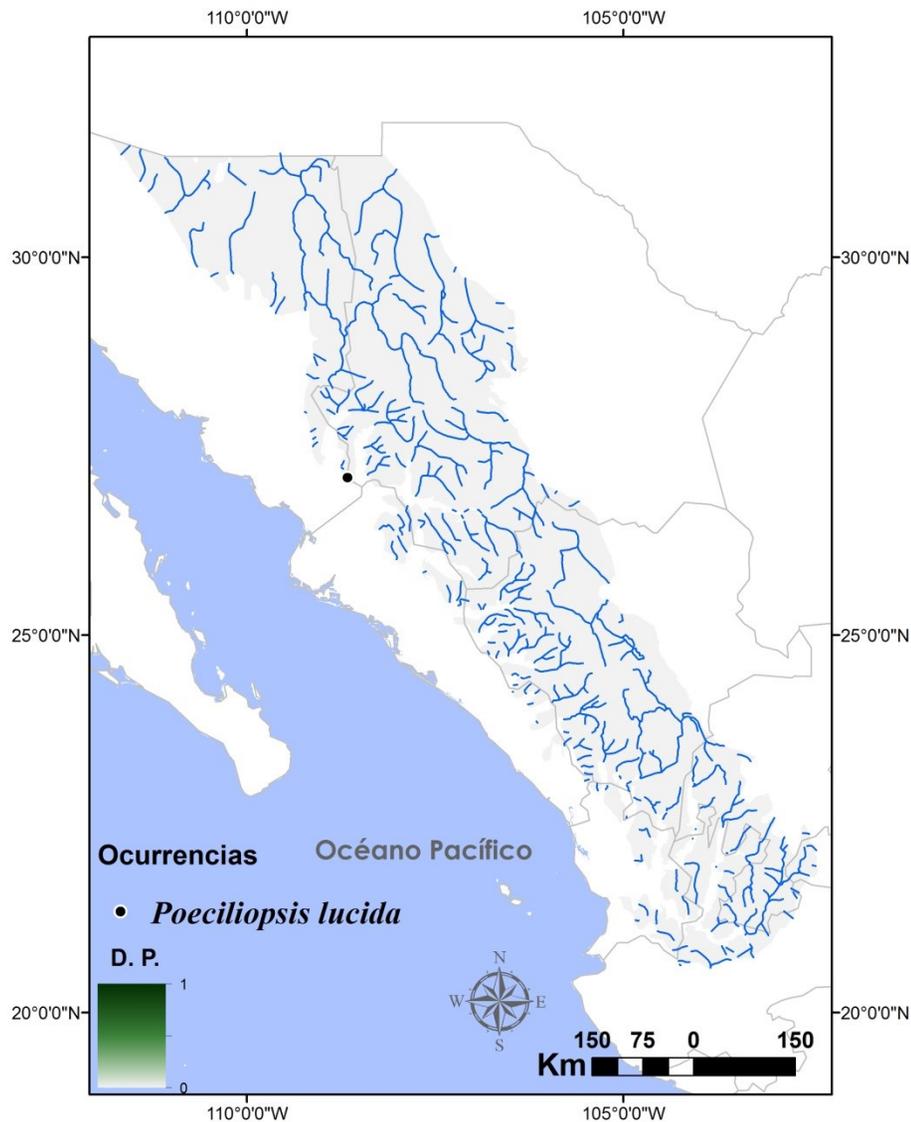
*Glaridodon latidens* Garman, 1895:42, Pl. 5 (fig. 11). [Memoirs of the Museum of Comparative Zoology v. 19 (pt 1)]. Descr. original, Chihuahua, México.

**Nombre común:** "guatopote del Fuerte"

**Sinonimias:** Ninguna

**Distribución:** Desde la cuenca del Río Fuerte en Sonora hasta San Blas, Nayarit en la vertiente del Pacífico

**Observaciones:** Especie endémica de la SMOc y en 2010 la SEMARNAT la considera amenazada.



### ***Poeciliopsis lucida* Miller 1960**

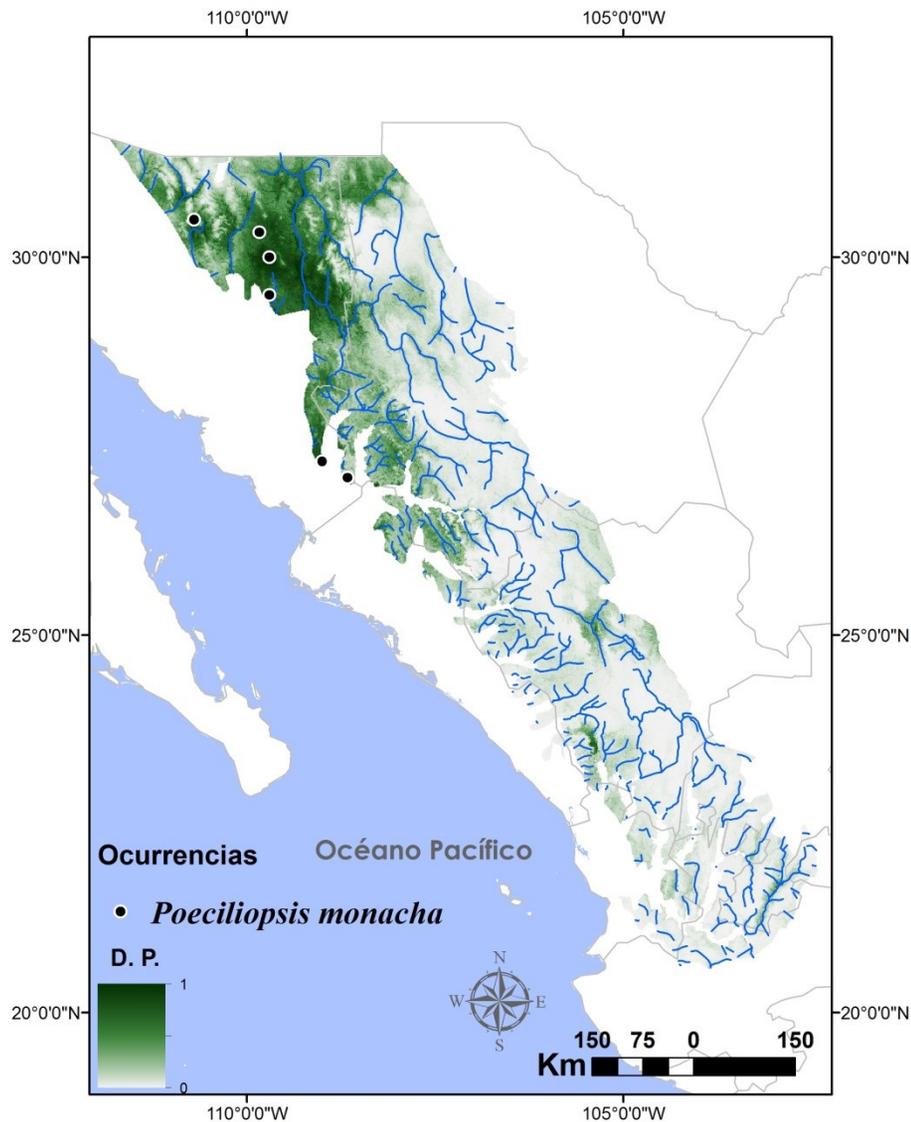
*Poeciliopsis lucida* Miller, 1960:2, Pl. 1 (figs. A-B). [Occasional Papers of the Museum of Zoology University of Michigan No. 619]. Descr. original, Pequeño tributario del Río Mocorito, 0.9 millas al norte de San Benito, Sinaloa, Sinaloa, noroeste de México.

**Nombre común:** "guatopote del Mocorito"

**Sinonimias:** Ninguna

**Distribución:** Cuenca del Río Fuerte, Sonora hasta la cuenca del Río Mocorito, Sinaloa (vertiente del Pacífico).

**Observaciones:** Endémica de México.



### ***Poeciliopsis monacha* Miller 1960**

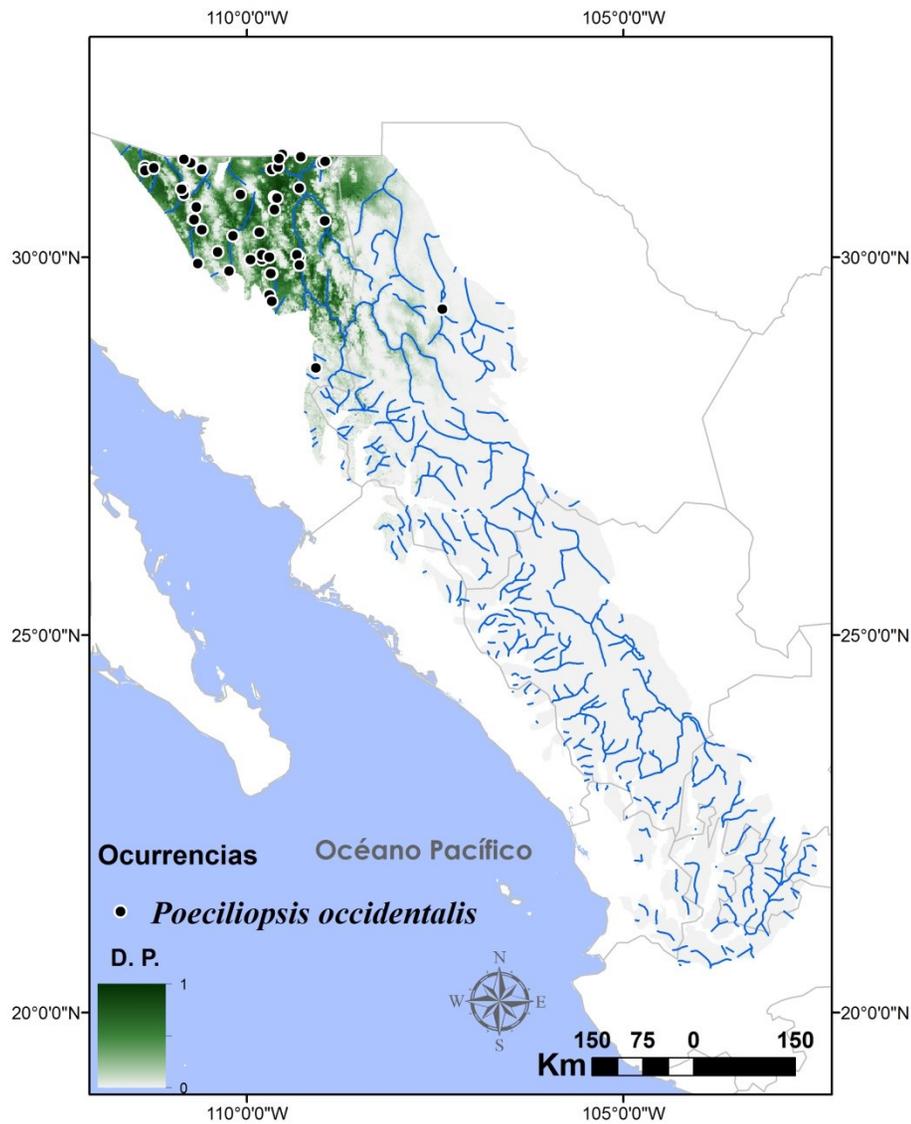
*Poeciliopsis monacha* Miller, 1960:3, Pl. 1 (figs. C-D). [Occasional Papers of the Museum of Zoology University of Michigan No. 619]. Descr. original, Arroyo San Benito, sobre la milla 1.5 este-sureste del Rancho Guirocoba, Sonora, noroeste de México.

**Nombre común:** "guatopote del Mayo"

**Sinonimias:** Ninguna

**Distribución:** Vertiente del Pacífico en afluentes del Río Mayo, Fuerte y Sinaloa.

**Observaciones:** Endémica de México. Las hembras se reproducen con *P. occidentalis*, produciendo la hibridización de *Poeciliopsis monacha-occidentalis*.



***Poeciliopsis occidentalis* (Baird & Girard 1853)**

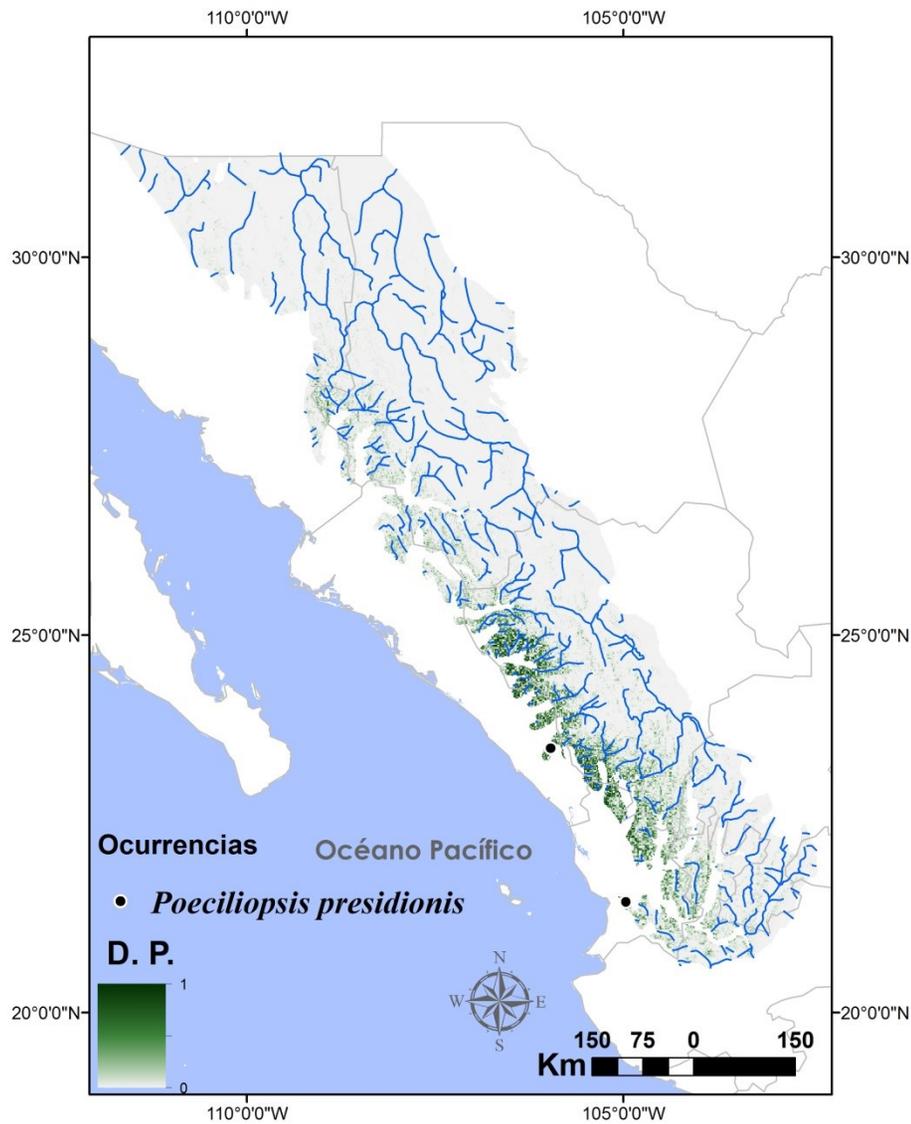
*Heterandria occidentalis* Baird & Girard, 1853:390 [Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia v. 6]. Descr. original, Río Santa Cruz, Río Gila, México [not Río Santa Cruz, Tucson, Arizona, EUA.

**Nombre común:** "guatopote de Sonora"

**Sinonimias:** *Arizonichthys psammophilus* Nichols, 1940

**Distribución:** Desde la cuenca del Río Gila hasta el sur del Río Mayo.

**Observaciones:** Seriamente amenazado por competencia con peces exóticos y disminución de la población, endémica de México.



***Poeciliopsis presidionis* (Jordan & Culver 1895)**

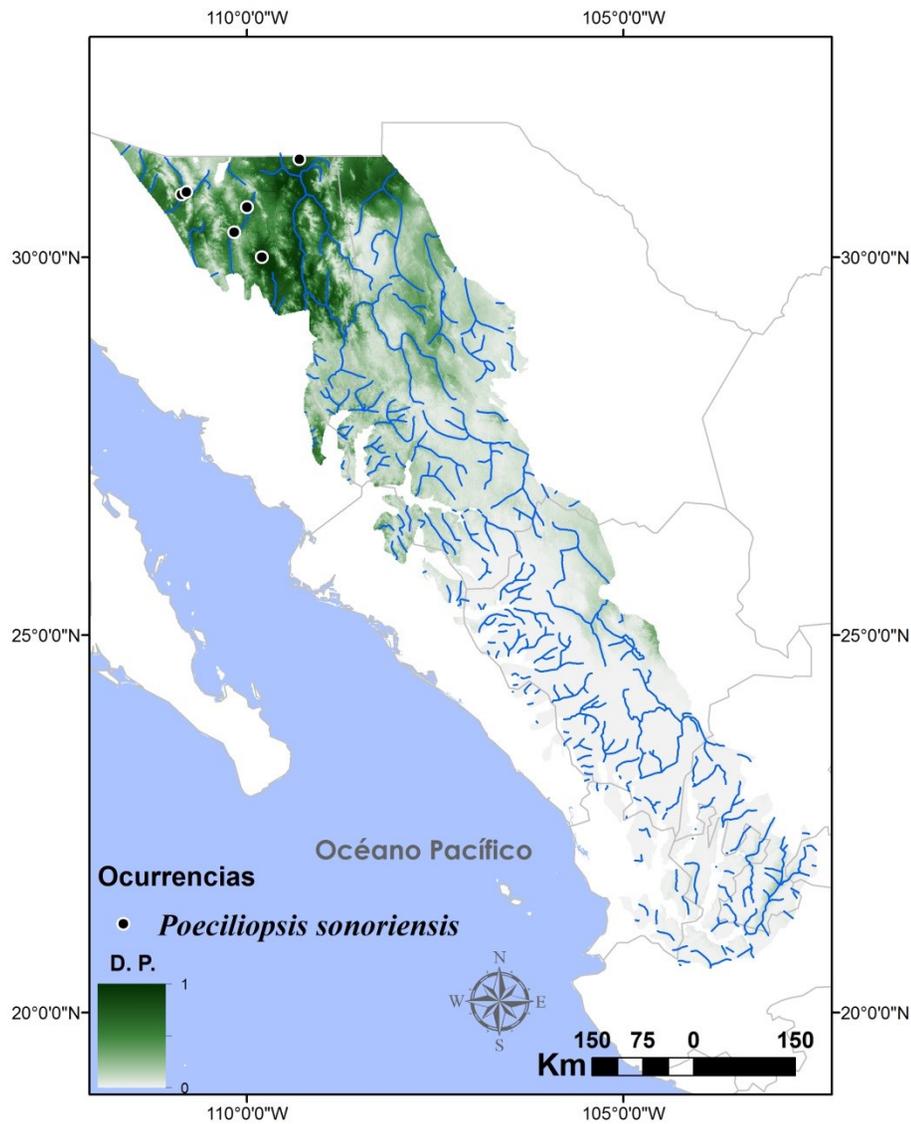
*Poecilia presidionis* Jordan & Culver in Jordan 1895:413, Pl. 29 [Proceedings of the California Academy of Sciences (Series 2) v. 5]. Descr. original, Río Presidio, Sinaloa, México.

**Nombre común:** "guatopote de Sinaloa"

**Sinonimias:** Ninguna

**Distribución:** En la vertiente del Pacífico en los estados de Sinaloa y Nayarit, en los Ríos Sinaloa y Acaponeta.

**Observaciones:** Especie endémica de México.



### ***Poeciliopsis sonoriensis* (Girard 1859)**

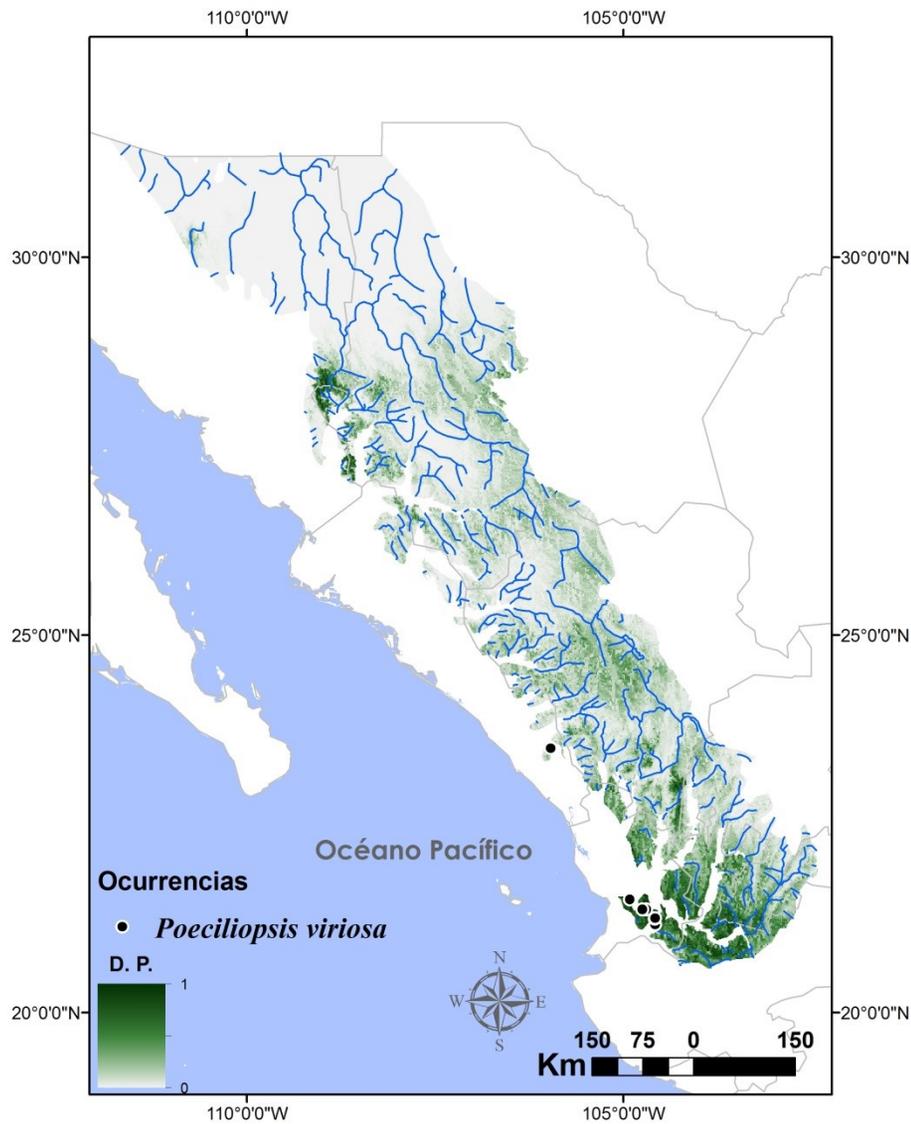
*Girardinus sonoriensis* Girard, 1859:120 [Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia v. 11]. Descr. original, San Bernardino Creek, tributario del Río Yaqui, Sonora, México.

**Nombre común:** “guatopote del Yaqui”

**Sinonimias:** Ninguna

**Distribución:** confinada en los Ríos San Bernardino, Cajón Bonito y tributarios del Río Bavispe correspondientes a la cuenca del Río Yaqui, vertiente del Pacífico.

**Observaciones:** Especie endémica de México.



### ***Poeciliopsis viriosa* Miller 1960**

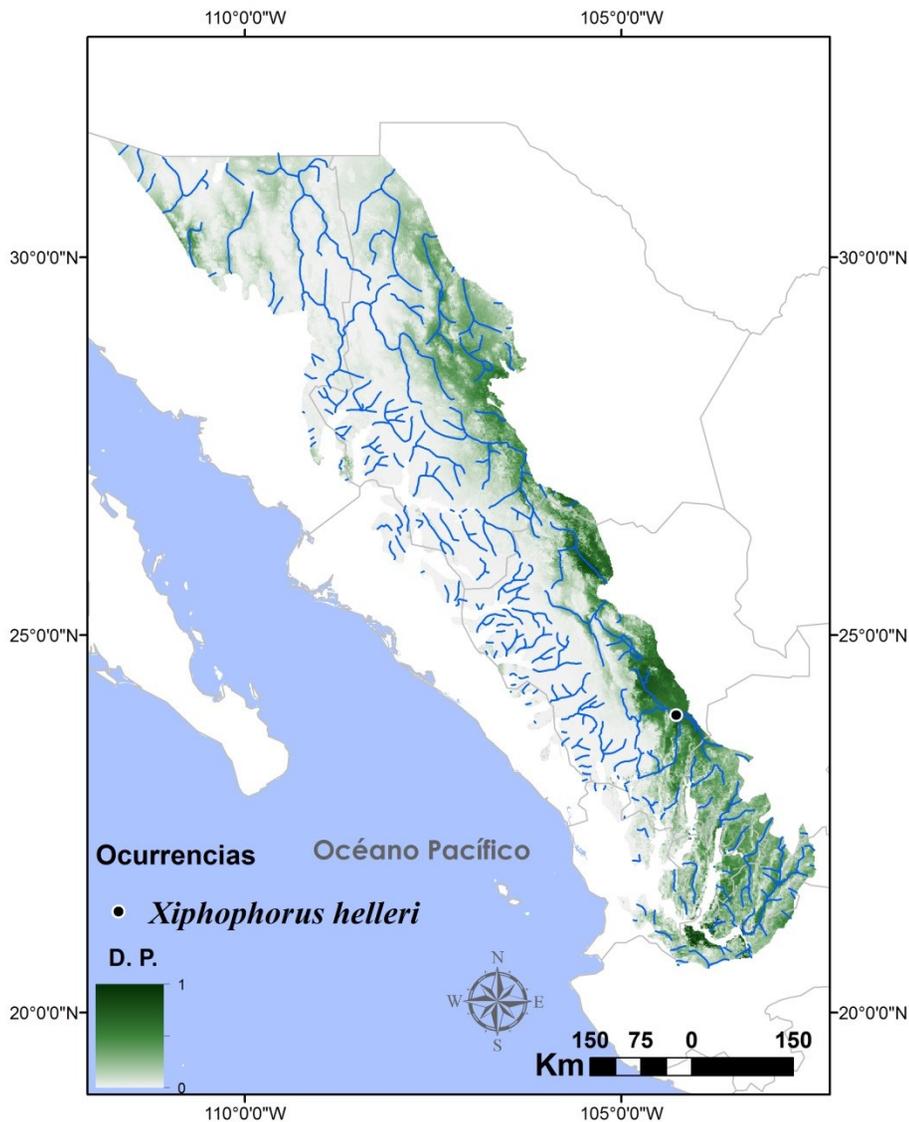
*Poeciliopsis viriosa* Miller, 1960:4, Pl. 2 (figs. A-B). [Occasional Papers of the Museum of Zoology University of Michigan No. 619]. Descr. original, Arroyo de manantial unos 4.5 km al suroeste de Las Palmas, Jalisco, al noroeste de México.

**Nombre común:** "guatopte gordito"

**Sinonimias:** Ninguna

**Distribución:** En la vertiente del Pacífico en los Ríos Sinaloa y Acaponeta (Sinaloa y Nayarit).

**Observaciones:** Especie endémica de México.



### ***Xiphophorus hellerii* Heckel 1848**

*Xiphophorus hellerii* Heckel, 1848:291, Pl. 8 (figs. 1-3). [Sitzungsberichte der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften. Mathematisch-Naturwissenschaftliche Classe v. 1 (pt 1-5) [1848]. Descr. original, México (Atlántico).

**Nombre común:** "cola de espada"

**Sinonimias:** *Xiphophorus brevis* Regan, 1907

*Xiphophorus guntheri* Jordan & Evermann, 1896

*Xiphophorus jalapae* Meek, 1902

*Xiphophorus rachovii* Regan, 1911

*Xiphophorus strigatus* Regan, 1907

**Distribución:** Vertiente del Atlántico, desde el Río Nautla hacia el sur hasta la cuenca del Río Usumacinta en Guatemala, y hasta el Río Sarstún en Belice. En la SMOc se registró en la cuenca del Río San Pedro.

**Observaciones:** Especie introducida, esto se debe a su gran popularidad en acuarios y la adquisición como especie de ornato.

# ORDEN PERCIFORMES

## Familia Centrarchidae

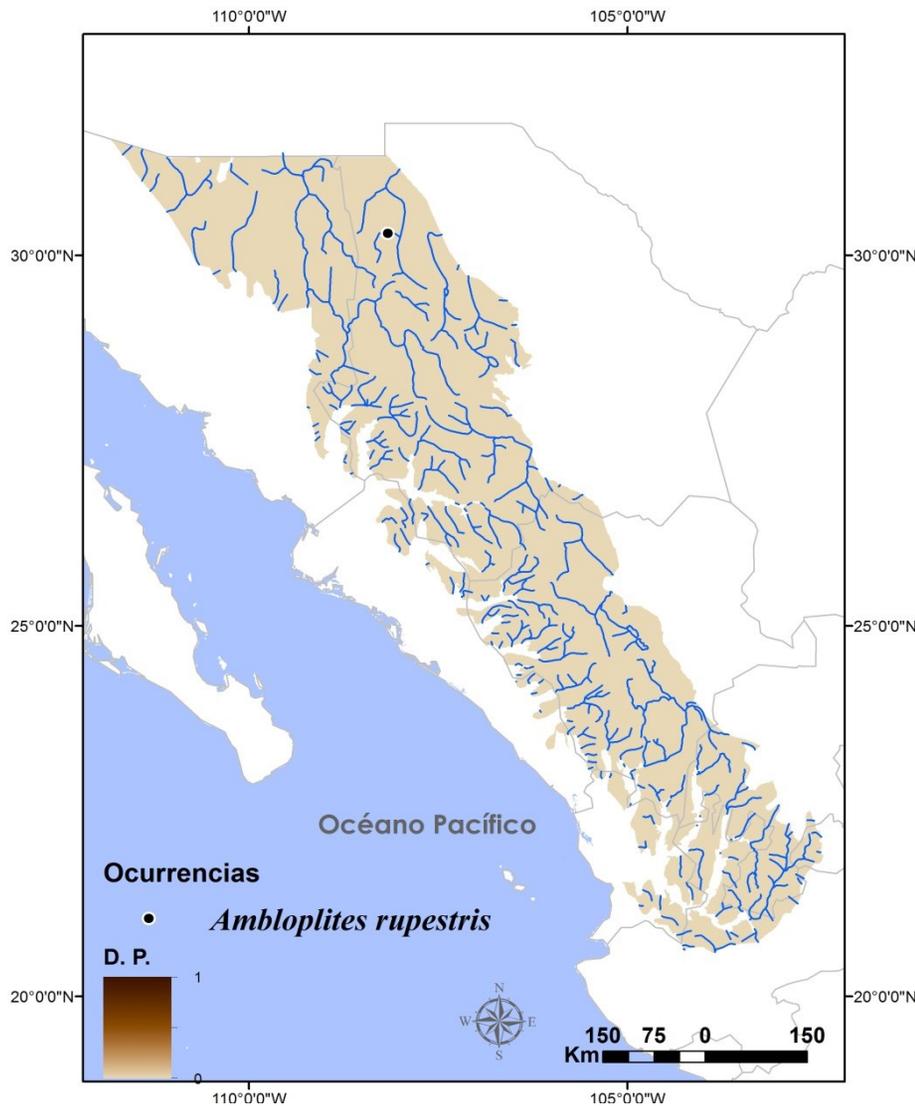


Figura 6. 2 Distribución potencial de *Ambloplites rupestris*.

### ***Ambloplites rupestris* (Rafinesque, 1817)**

*Bodianus rupestris* Rafinesque, 1817:120 [American Monthly Magazine and Critical Review v. 2 (no. 2)]. Descr. original, Lagos de Nueva York, Vermont, Canada, etc.

**Nombre común:** "lobina de roca"

**Sinonimias:** *Centrarchus pentacanthus* Cuvier & Valenciennes 1829

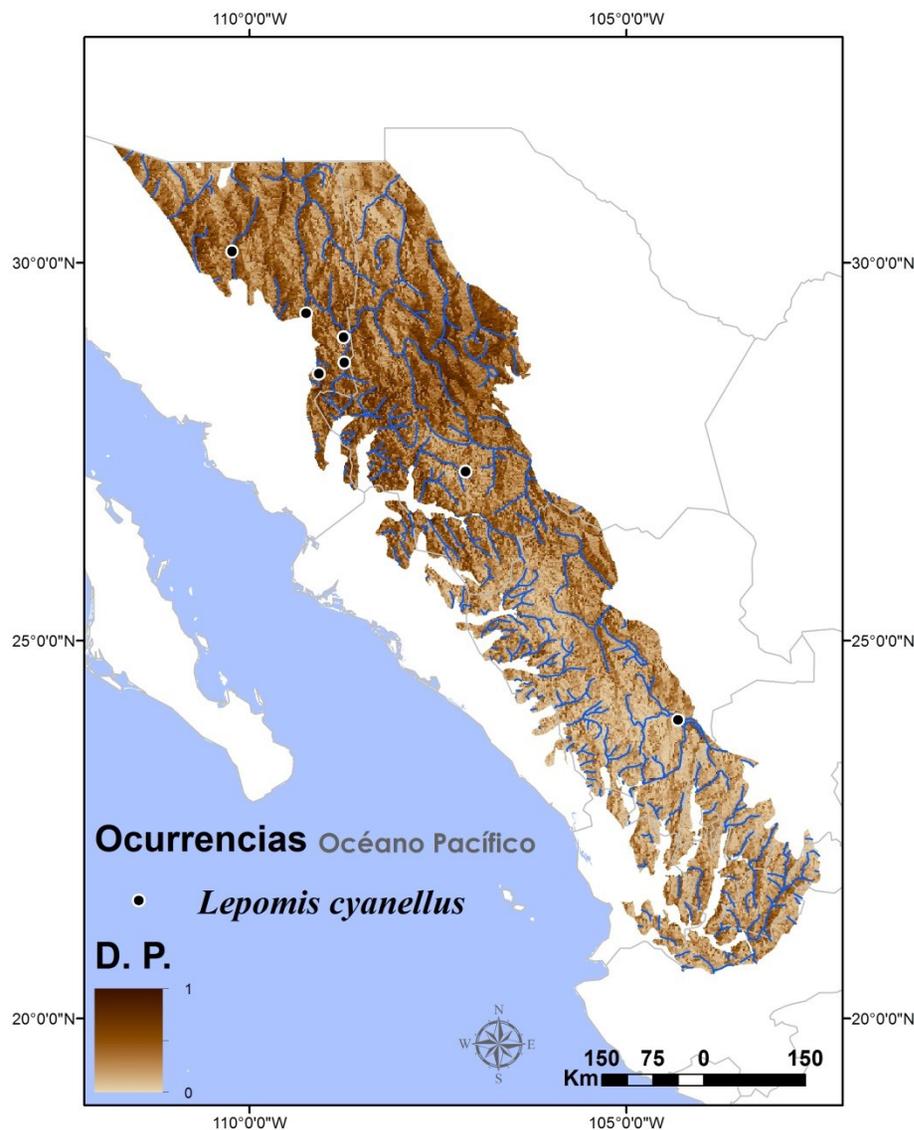
*Cichla aenea* Lesueur, 1822

*Ichthelis enythrops* Rafinesque, 1820

*Lepomis ictheloides* Rafinesque, 1820

**Distribución:** América del Norte en el Río San Lorenzo-Grandes Lagos, la Bahía de Hudson (Red River), y las cuencas del Río Mississippi desde Quebec a Saskatchewan en Canadá, y hacia el sur hasta el norte de Georgia, el norte de Alabama y Missouri (EUA) Es introducido en Europa. En la SMOc se registró en la cuenca del Río Casas Grandes Oeste (Chihuahua).

**Observaciones:** Especie introducida.



### ***Lepomis cyanellus* Rafinesque 1819**

*Lepomis cyanellus* Rafinesque, 1819:420 [Journal de Physique, de Chimie et d'Histoire Naturelle v. 88]. Descr. original, Río Ohio, EUA.

**Nombre común:** "pez sol"

**Sinonimias:** *Bryttus mineopas* Cope, 1865

*Bryttus signifer* Girard, 1858

*Calliurus diaphanus* Girard, 1858

*Calliurus formosus* Girard, 1858

*Calliurus microps* Girard, 1858

*Calliurus murinus* Girard, 1858

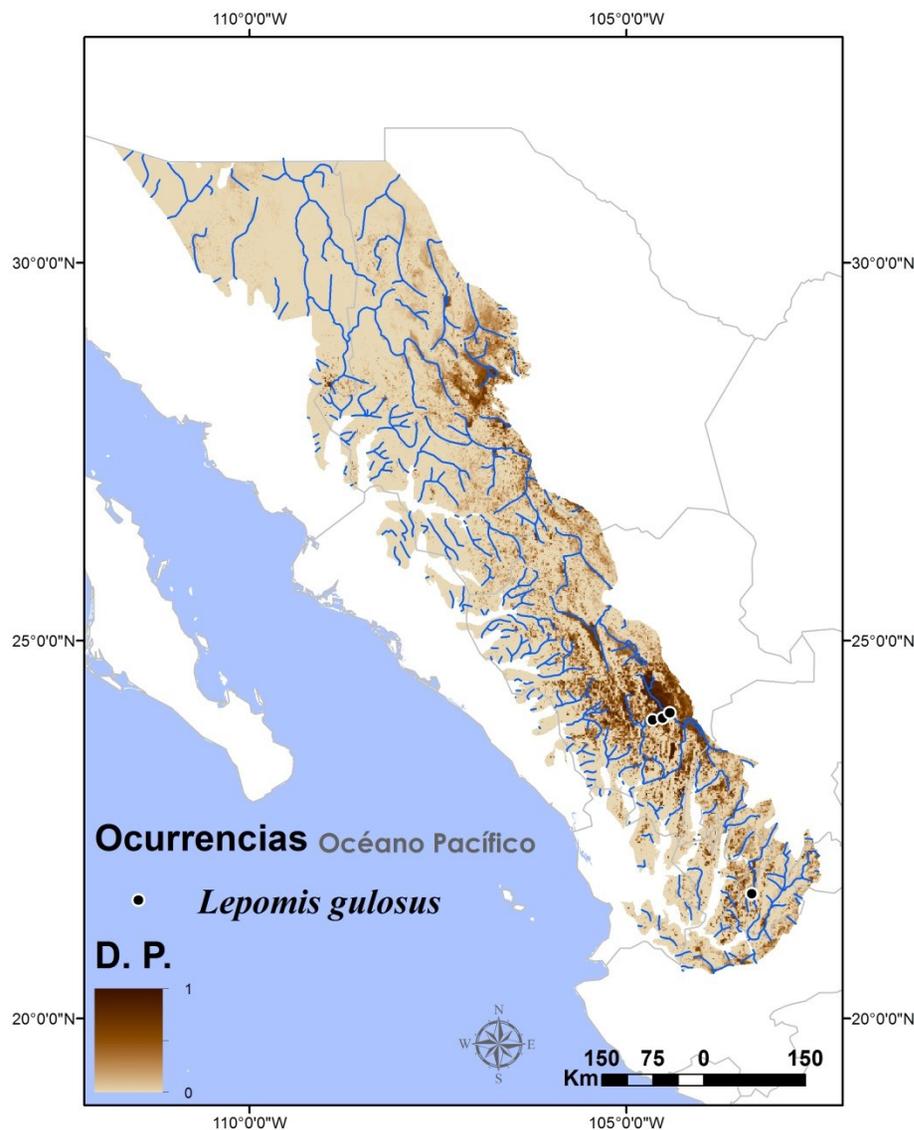
*Ichthelis cyanella* Rafinesque, 1820

*Ichthelis melanops* Rafinesque, 1820

*Pomotis longulus* Baird & Girard, 1853

**Distribución:** Ampliamente en el Este y Centro de Estados Unidos, desde el sur de Ontario hasta la cuenca del Río Bravo. En el Río Fuerte, Río San Pedro, Río Sonora y Río Yaqui se tienen registros pertenecientes a la SMOc.

**Observaciones:** Especie introducida.



### *Lepomis gulosus* (Cuvier 1829)

*Pomotis gulosus* Cuvier [G.] in Cuvier & Valenciennes 1829:498 [Histoire naturelle des poissons v. 3]. Descr. original, Lago Pontchartrain, en las lagunas cercanas a Nueva Orleans, Louisiana.

**Nombre común:** "mojarra golosa"

**Sinonimias:** *Calliurus floridensis* Holbrook, 1855

*Calliurus melanops* Girard, 1858

*Chaenobryttus antistius* McKay, 1881

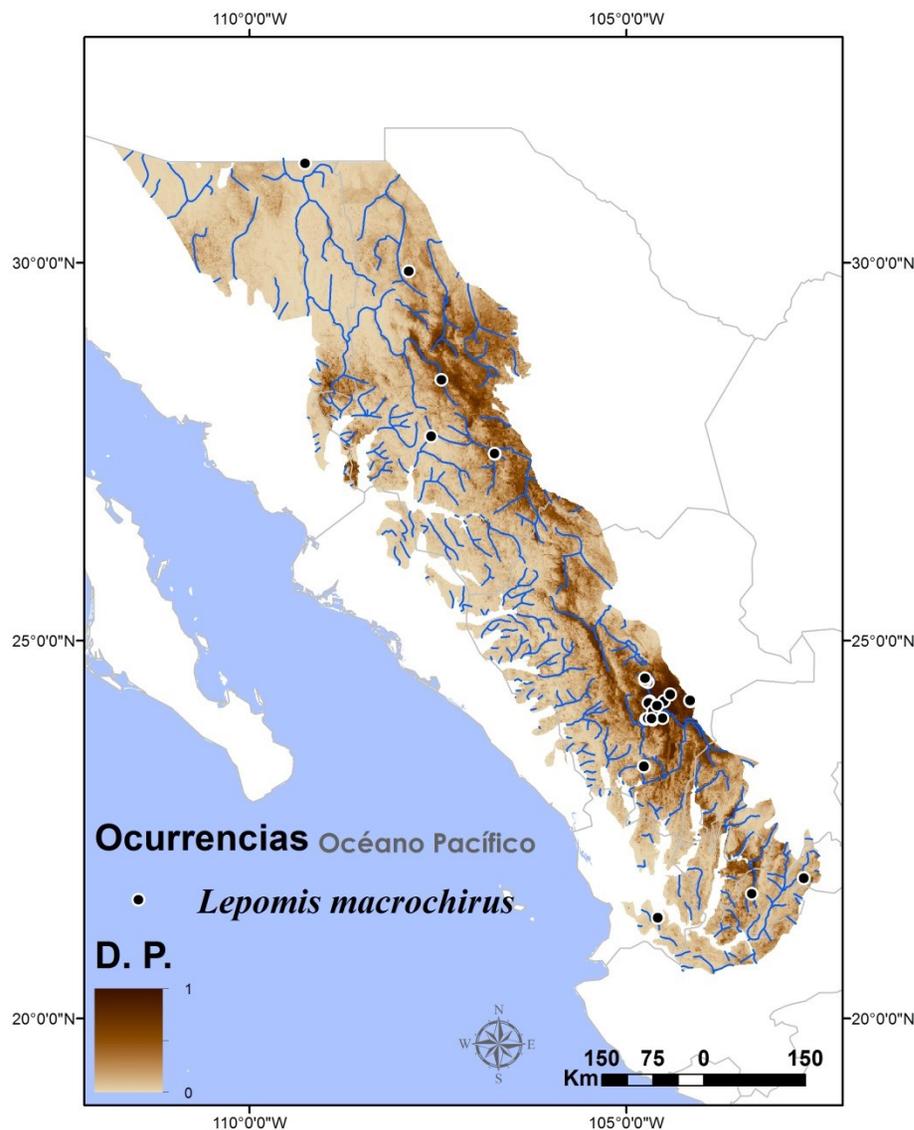
*Cyprinus coronarius* Bartram, 1791

*Lepomis Charybdis* Cope, 1868

*Lepomis gillii* Cope, 1868

**Distribución:** América del Norte desde las cuencas de Grandes Lagos y el Río Mississippi hasta el oeste de Pennsylvania a Minnesota, también en drenajes del Río Rappahannock en Virginia a Río Grande en Texas y Nuevo México. En la SMOc se incluyeron los registros del Río San Pedro y Río Santiago (Dgo, y Zac.)

**Observaciones:** Introducida.



### ***Lepomis macrochirus* Rafinesque 1819**

*Lepomis macrochirus* Rafinesque, 1819:420 [Journal de Physique, de Chimie et d'Histoire Naturelle v. 88]. Descr. original, Río Ohio, EUA.

**Nombre común:** "mojarra oreja azul"

**Sinonimias:** *Ichthelis macrochira* Rafinesque, 1820

*Lepomis ardesiacus* Cope, 1868

*Lepomis mystacalis* Cope, 1877

*Lepomis purpurescens* Cope, 1870

*Pomotis incisor* Valenciennes, 1831

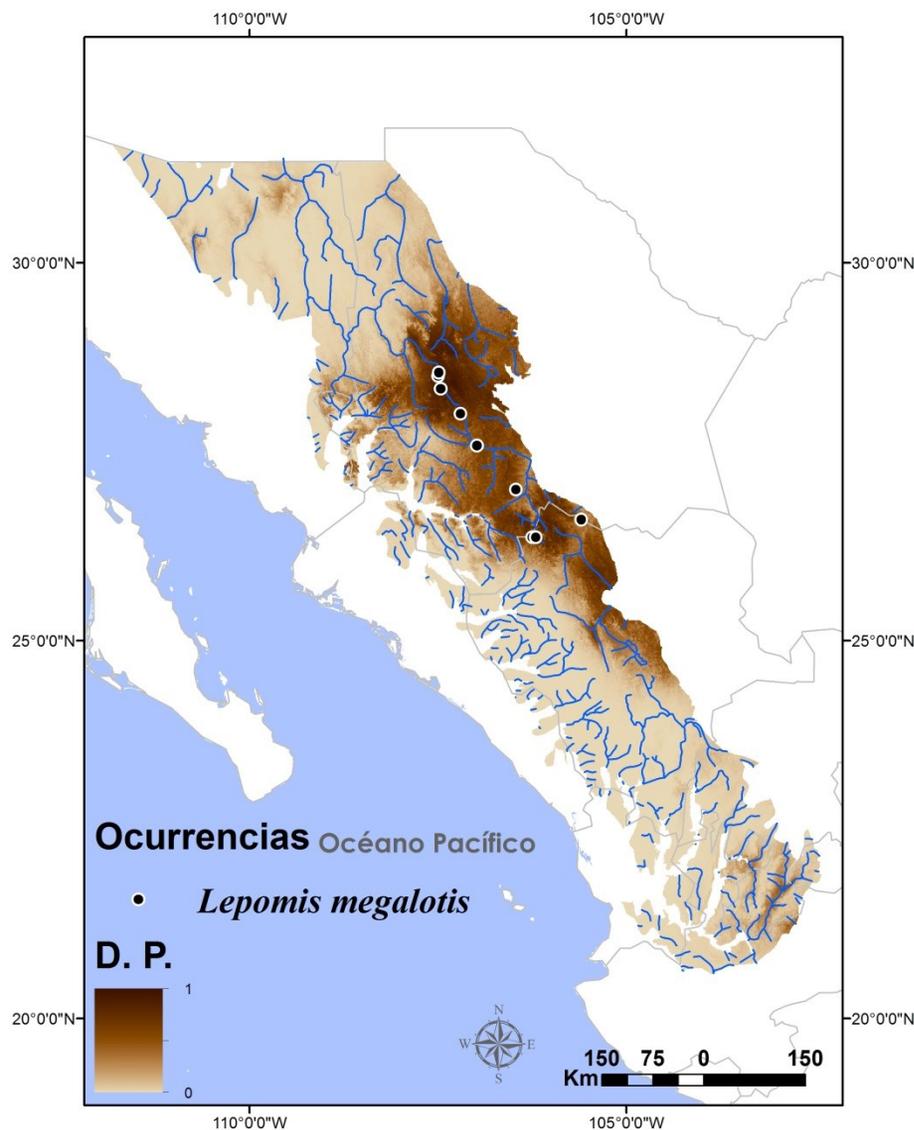
*Pomotis luna* Girard, 1858

*Pomotis obscurus* Agassiz, 1854

*Pomotis speciosus* Baird & Girard, 1854

**Distribución:** Inicia en el este de Norteamérica, cuencas de la vertiente del Atlántico y golfo de México, desde Minnesota a través del sur de Ontario, hasta la cuenca del Río Bravo, México-Estados Unidos. En la SMOc se localizó en las cuencas del Río Bravo, Río Casas Grandes Oeste, Río Fuerte, Río San Pedro, Río Santiago y Río Yaqui.

**Observaciones:** Nativa del Río Bravo, pero introducida en diversos lugares de México.



### *Lepomis megalotis* (Rafinesque 1820)

*Ichthelis megalotis* Rafinesque, 1820:49 [Western Revue and Miscellaneous Magazine v. 2 (no. 1)]. Descr. original, Ríos de Kentucky, Licking y Sandy, EUA.

**Nombre común:** "mojarra orejona"

**Sinonimias:** *Ichthelis aurita* Rafinesque, 1820

*Lepomis haplognathus* Cope, 1885

*Lepomis occidentalis* Meek, 1902

*Pomotis aquilensis* Baird & Girard, 1853

*Pomotis inscriptus* Agassiz, 1854

*Pomotis nefastus* Baird & Girard, 1854

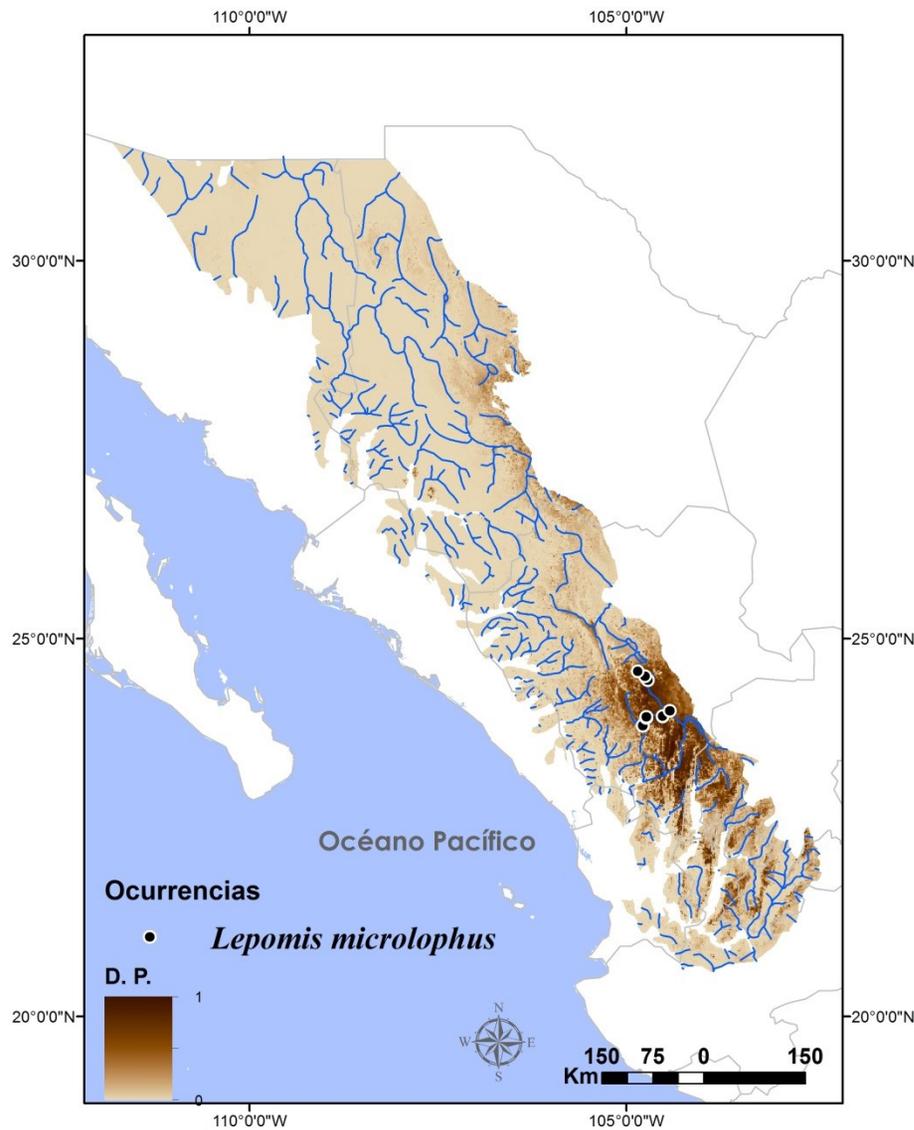
*Pomotis solis* Valenciennes, 1831

*Xenotis aureolus* Jordan, 1877

*Xenotis lythrochloris* Jordan, 1877

**Distribución:** Este y centro de Norteamérica, en el norte de Minnesota al este hasta Ontario y Quebec, al sur en el oeste de los Apalaches y el oeste de Florida, hasta la cuenca del Río Bravo, México-Estados Unidos, en los Ríos Conchos, Salado y San Juan.

**Observaciones:** Especie introducida en el alto Río Papigóchic (cuenca del Río Yaqui) y el Río del Carmen, Chihuahua (Miller *et al.*, 2005).



### ***Lepomis microlophus* (Günther 1859)**

*Pomotis microlophus* Günther [A.] (ex Holbrook) 1859:264 [Catalogue of the fishes in the British Museum v. 1]. Descr. original, Río St. Johns, Florida, EUA.

**Nombre común:** "mojarra oreja roja"

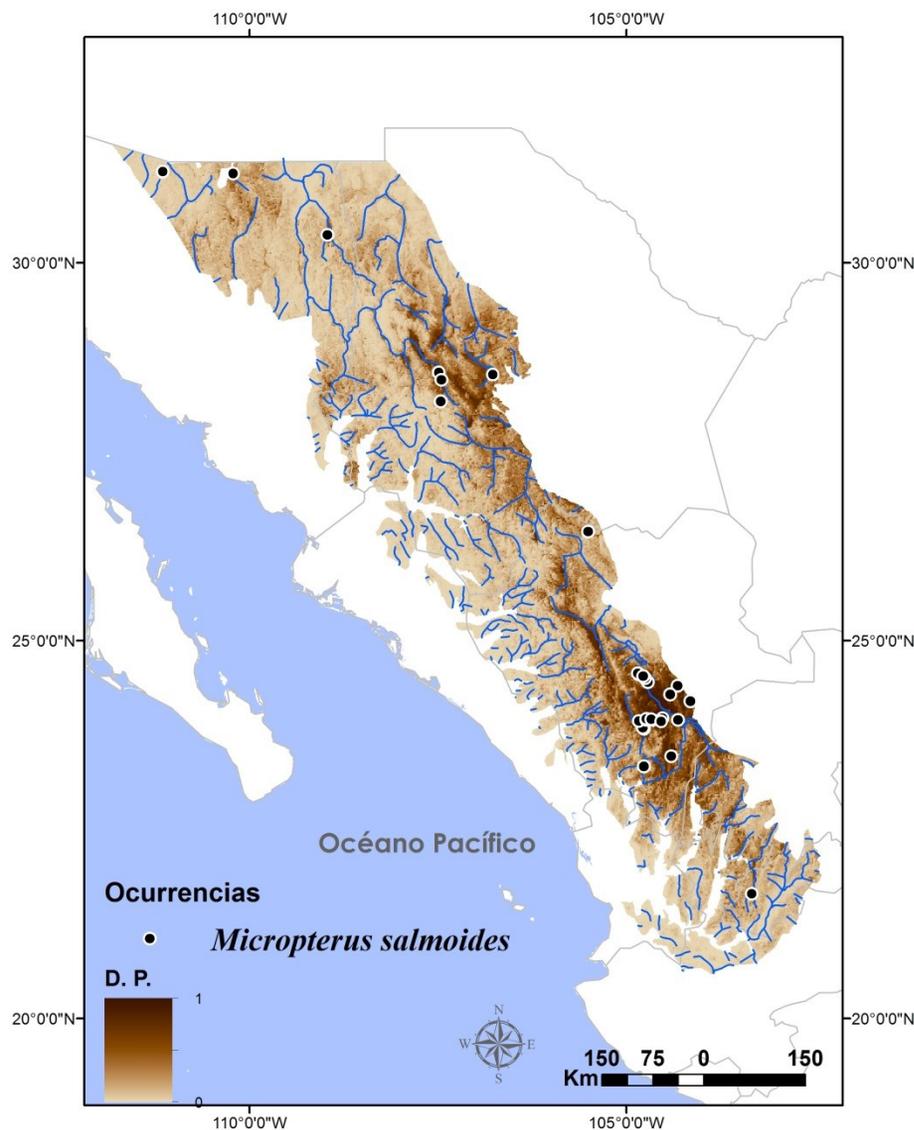
**Sinonimias:** *Pomotis notatus* Agassiz, 1854

*Pomotis speciosus* Holbrook, 1855

*Xystroplites longimanus* Cope, 1877

**Distribución:** En América del Norte en el Río Savannah en Carolina del Sur, de ahí al Río Nueces en Texas, también al norte de la cuenca del Río Mississippi al sur de Indiana e Illinois en EUA. En la SMOc se registró en la cuenca del Río San Pedro en Durango.

**Observaciones:** Se trata de una especie introducida.



### ***Micropterus salmoides* (Lacepède 1802)**

*Labrus salmoides* Lacepède, 1802:716, 717, Pl. 5 (fig. 2) [Histoire naturelle des poissons (Lacepède) v. 4]. Descr. original, Carolinas, EUA.

**Nombre común:** "lobina negra"

**Sinonimias:** *Grystes megastoma* Garlick, 1857

*Grystes nobilis* Agassiz, 1854

*Grystes nuecensis* Baird & Girard, 1854

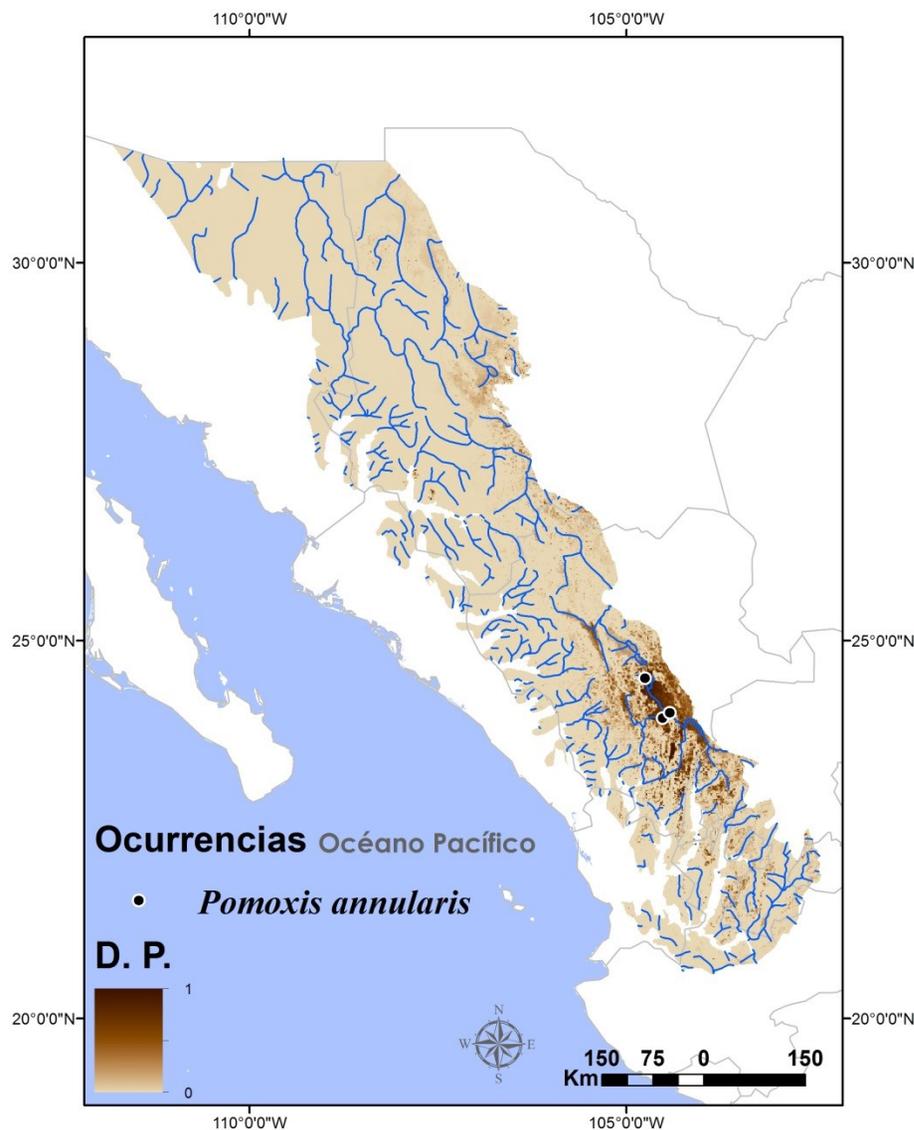
*Huro nigricans* Cuvier, 1828

*Perca trutta* Bosc, 1802

*Pikea sericea* Fowler, 1938

**Distribución:** Nativa de la mitad oriental de América del Norte, se encuentra al sur de Ontario y Quebec, a través de los Grandes Lagos y el valle del Río Misisipi, y de allí al oeste hasta la cuenca del Río Bravo, incluidos los Ríos Pecos, Salado, Álamo y San Juan, también se encuentra en los Ríos San Fernando y Soto la Marina. En la SMOc se tiene registros en las cuencas del Lago Bustillos, Río Asunción, Río Bravo, Río Colorado, Río San Pedro, Río Santiago y Río Yaqui.

**Observaciones:** Especie introducida ampliamente en México, ha puesto en riesgo poblaciones de especies nativas debido a que es depredadora de peces cuando es adulto.



### ***Pomoxis annularis* Rafinesque 1818**

*Pomoxis annularis* Rafinesque, 1818:417, Pl. 17 (fig. 1) [Journal of the Academy of Natural Sciences, Philadelphia v. 1 (pt 2)]. Descr. original, Río Ohio, EUA.

**Nombre común:** "mojarra blanca"

**Sinonimias:** *Cichla storeria* Kirtland, 1838

*Pomoxis nitidus* Girard, 1858

*Pomoxys brevicauda* Gill, 1865

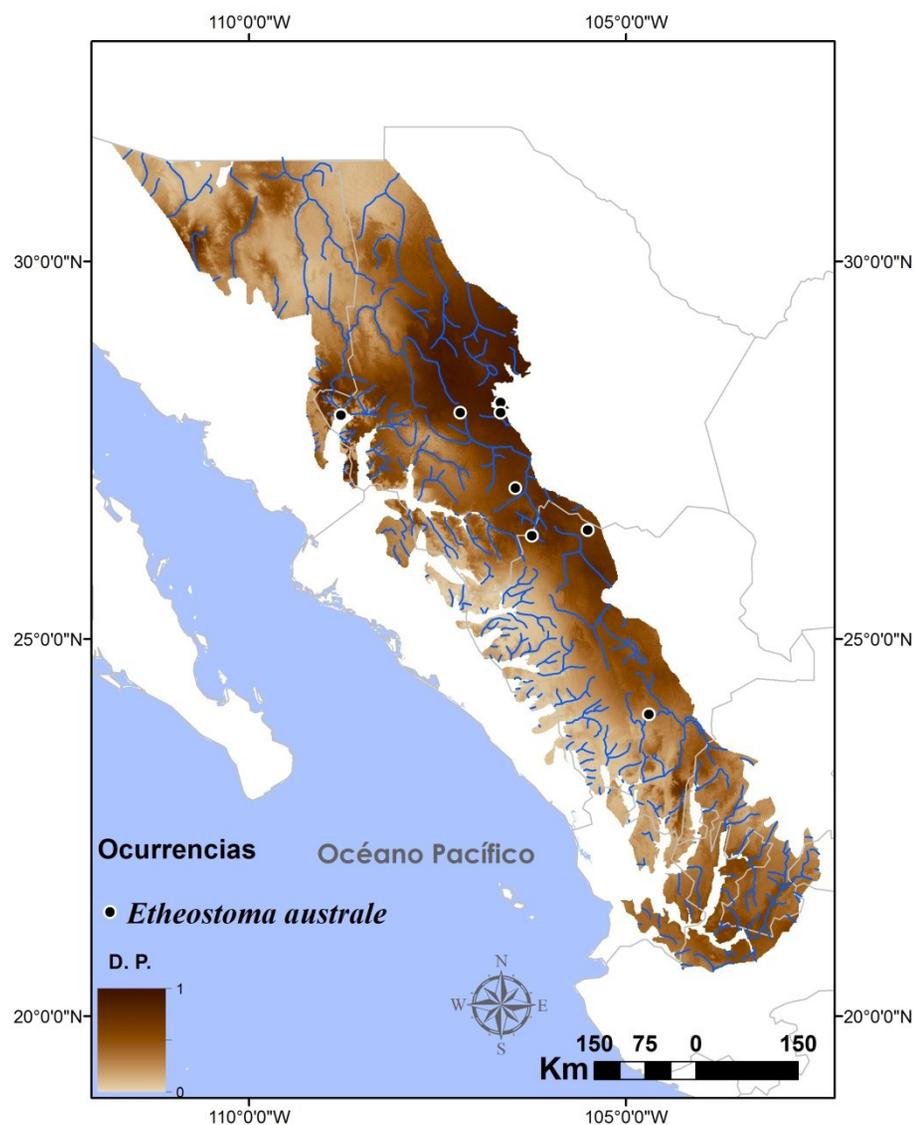
*Pomoxys intermedius* Gill, 1865

*Pomoxys protacanthus* Gill, 1865

**Distribución:** Originaria de América del Norte en los Grandes Lagos, la Bahía de Hudson y de las cuencas del Río Mississippi a Nueva York, EUA y desde Ontario, Canadá a Minnesota y Dakota del Sur y el sur hasta el Golfo de México en los EUA; drenajes del Golfo desde la Bahía de Mobile en Georgia y Alabama al Río Nueces en Texas EUA En la SMOc se encuentra en la cuenca del Río San Pedro (Durango).

**Observaciones:** Especie introducida.

## Familia Percidae



### *Etheostoma australe* Jordan 1889

*Etheostoma australe* Jordan, 1889:362 [Proceedings of the United States National Museum v. 11 (no. 723). Descr. original, Río Chihuahua, México.

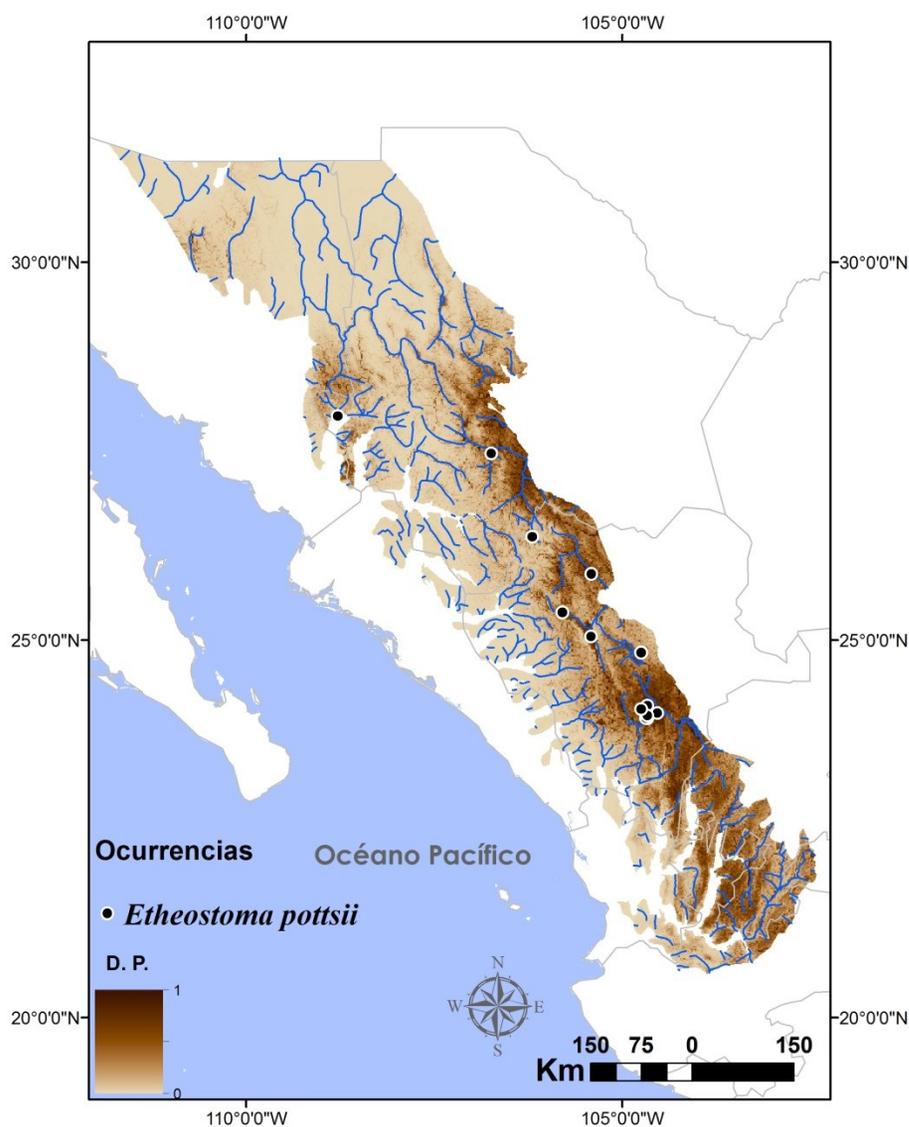
**Nombre común:** "perca del Conchos"

**Sinonimias:** *Diplesion fasciatus* Girard, 1859

*Etheostoma scovellii* Woolman, 1892

**Distribución:** Se encuentra en la cuenca del Río Conchos, Vertiente del Atlántico

**Observaciones:** Especie endémica de México, se encuentra en la categoría de peligro por la NOM-059-2010.



### ***Etheostoma pottsii* (Girard 1859)**

*Aplasion pottsii* Girard, 1859:102 [Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia v. 11]. Descr. original, Río Chihuahua [Río Chuviscar en Chihuahua], norte de México.

**Nombre común:** "perca mexicana"

**Sinonimias:** *Etheostoma micropterus* Gilbert, 1890

**Distribución:** A partir de la parte alta de la cuenca del Río Conchos y en la cuenca endorreica del Río Nazas (vertiente del Atlántico); también en la cuenca del Río Mezquital, vertiente del Pacífico.

**Observaciones:** Especie endémica de México, SEMARNAT (2010) la categoriza como especie amenazada.

## Familia Cichlidae



### *Cichlasoma beanii* (Jordan, 1889)

*Heros beanii* Jordan, 1889:332 [Proceedings of the United States National Museum v. 11 (no. 719). Descr. original, Río Presidio, cerca de Mazatlán, Sinaloa, occidente de México.

**Nombre común:** "mojarra de Sinaloa"

**Sinonimias:** *Nandopsis beanii* (Jordan 1889)

**Distribución:** Cuenca del Río Yaqui, hasta el sur en el Río Ameca, en la vertiente del Pacífico.

**Observaciones:** Especie endémica de México.

Figura 6. 3 Distribución potencial de *Cichlasoma beanii*.



### ***Oreochromis aureus* (Steindachner 1864)**

*Chromis aureus* Steindachner, 1864:229, Pl. 8 (fig. 5) [Verhandlungen der K.-K. zoologisch-botanischen Gesellschaft in Wien v. 14]. Descr. original, África Occidental.

**Nombre común:** "tilapia azul"

**Sinonimias:** *Tilapia nilotica exul* Steinitz, 1951

*Tilapia lemassoni* Blache & Miton, 1960

**Distribución:** Originaria de África y Eurasia en el Valle Jordan, el Bajo Nilo, cuenca del Chad, Benue, medio y superior del Níger, Río Senegal. Introducido en el oasis de Azraq (Jordania), así como en los estanques de agua caliente de los EUA, América Central y del Sur y el Sudeste Asiático. En la SMOc se encuentra en el Río Ameca, Río San Pedro y Río Santiago.

**Observaciones:** Especie introducida.



### ***Oreochromis niloticus* (Linnaeus 1758)**

*Perca nilotica* Linnaeus, 1758:290 [Systema Naturae, Ed. X v. 1]. Descr. original, Río Nilo.

**Nombre común:** "tilapia del Nilo"

**Sinonimias:** *Chromis guentheri* Steindachner, 1864

*Tilapia calciati* Gianferrari, 1924

*Tilapia cancellata* Nichols, 1923

*Tilapia eduardiana* Boulenger, 1912

*Tilapia inducta* Trewavas, 1933

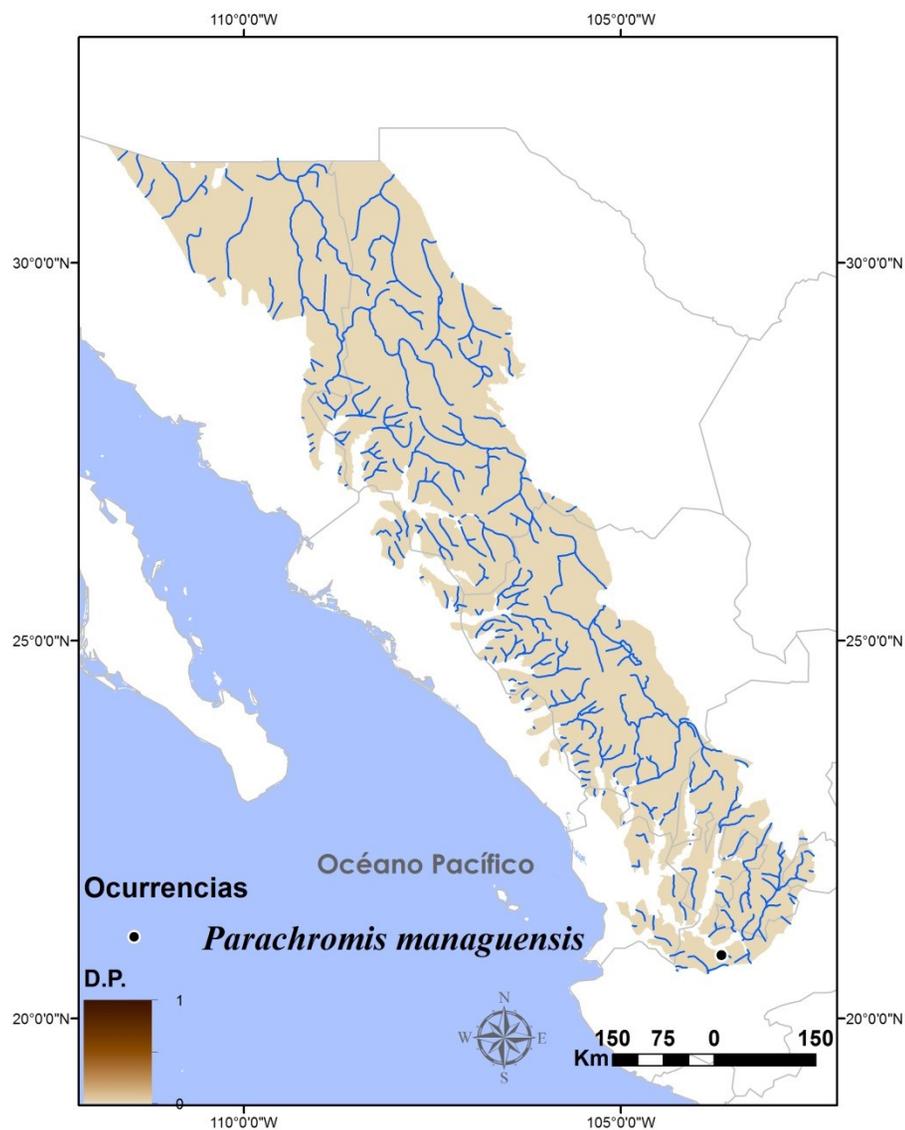
*Tilapia nilotica* (Linnaeus 1758)

*Tilapia regani* Poll, 1932

*Tilapia vulcani* Trewavas, 1933

**Distribución:** En África, de forma natural en los Ríos costeros de Israel, cuenca del Nilo (incluidos el lago Albert, Edward y Tana), Jebel Marra, el lago Kivu, Lago Tanganyika, Río Inundado, varios lagos etíopes, sistema del Río Omo, el lago Turkana, Río Suguta y el lago Baringo. En la SMOc se encuentra introducida en la cuenca del Río Ameca, Jalisco.

**Observaciones:** Especie ampliamente introducida en México para la acuicultura, esta especie ocasiona impacto ecológico después de la introducción.



***Parachromis managuensis* (Günther 1867)**

*Heros managuensis* Günther, 1867:602 [Proceedings of the Zoological Society of London 1866 (pt 3). Descr. original, Lago Managua, Nicaragua.

**Nombre común:** "mojarra de Managua"

**Sinonimias:** *Parachromis gulosus* Agassiz, 1859

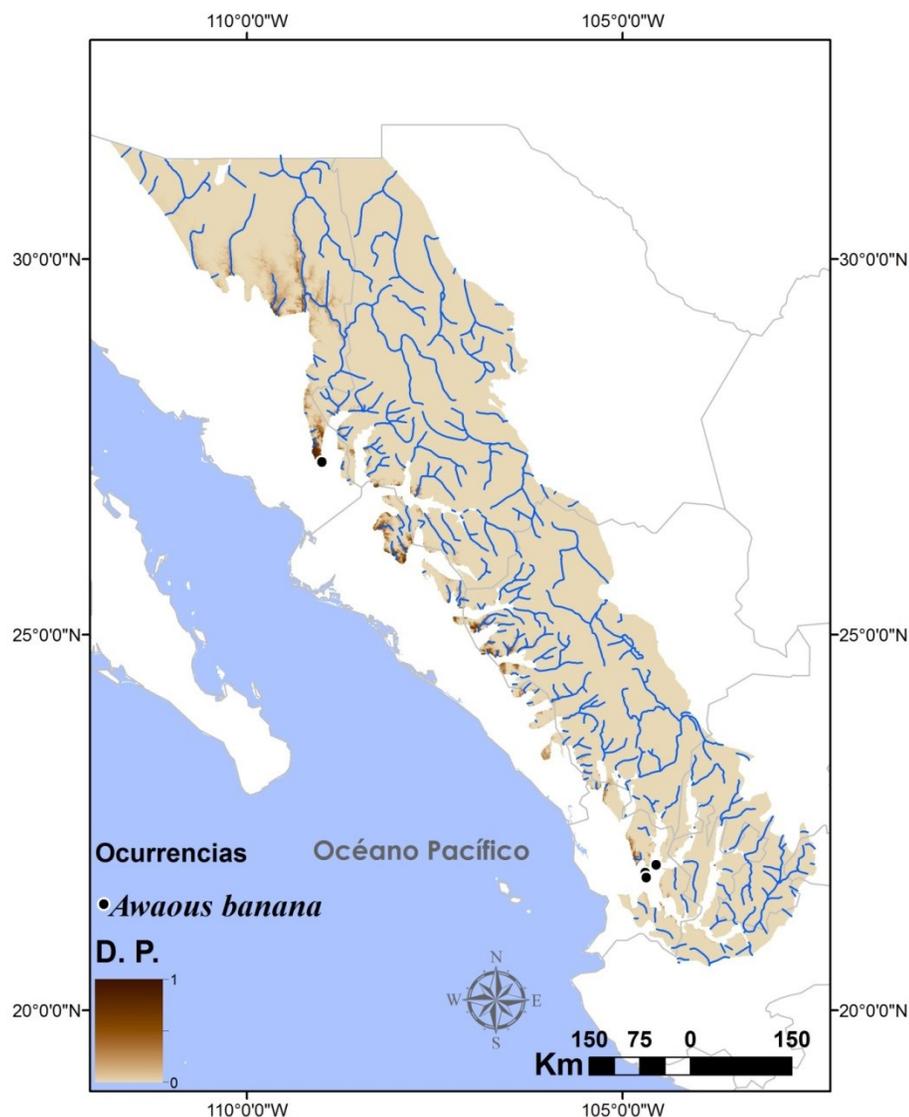
*Cichlasoma managuense* (Günther 1867)

*Nandopsis managuensis* (Günther 1867)

**Distribución:** Nativa de Centroamérica en la vertiente atlántica del Río Ulúa en Honduras hasta el Río Matina en Costa Rica. En la SMOc se encuentra registrada en la cuenca del Río Santiago, Jalisco.

**Observaciones:** Especie introducida.

## Familia Gobiidae



### *Awaous banana* (Valenciennes, 1837)

*Gobius banana* Valenciennes, 1837:103 [Histoire naturelle des poissons v. 12]. Descr. original, Santo Domingo.

**Nombre común:** "gobio de Río"

**Sinonimias:** *Chonophorus bucculentus* Poey, 1860

*Chonophorus contractus* Poey, 1861

*Gobius dolichocephalus* Cope, 1867

*Gobius (Awaous) guentheri* Regan, 1903

*Gobius martinicus* Valenciennes, 1837

*Gobius mexicanus* Günther, 1861

*Awaous nelsoni* Evermann, 1898

**Distribución:** Desde el norte de Florida (EUA) hacia el sur, por las Antillas Mayores y Menores hasta Trinidad y Tobago; de Tamaulipas (México) hacia el sur, a Caracas, Venezuela, el centro de Baja California Sur y Sonora (México) hacia el sur hasta Tumbes, Perú. Se tiene registros de la SMOc en la cuenca del Río Mayo.

**Observaciones:** Miller (2005) la clasifica como *A. transandeanus*.