

LA TRUCHA DORADA MEXICANA

ARTURO RUIZ-LUNA

FRANCISCO JAVIER GARCÍA-DE LEÓN

Editores





Primera edición: diciembre 2016

Derechos Reservados
© 2016, Arturo Ruiz Luna y
Francisco Javier García De León
(Editores)

ISBN: 978-607-7900-26-9

Impreso en México
Printed in Mexico

La presentación y disposición en conjunto de LA TRUCHA DORADA MEXICANA son propiedad del editor. Ninguna parte de esta obra puede ser reproducida o transmitida, mediante ningún sistema o método, electrónico o mecánico (incluyendo el fotocopiado, la grabación o cualquier sistema de recuperación y almacenamiento de información), sin consentimiento por escrito de los titulares correspondientes. Sin embargo, es posible copiar o descargar material para uso exclusivamente personal o educacional y no comercial. No se permite la remoción o alteración de la leyenda de Derechos de Autor o la que manifieste la autoría del material.

CONTENIDO

Capítulo 1

1

La trucha dorada mexicana: estado actual, oportunidades de estudio y retos para el manejo y conservación de una especie endémica en riesgo

Arturo Ruiz-Luna, Francisco Javier García-De León

Capítulo 2

13

Caracterización paisajística e hidrológica de la Sierra Madre Occidental utilizando técnicas de Percepción Remota, Modelos Digitales de Elevación y Sistemas de Información Geográfica

Rafael Hernández-Guzmán, Arturo Ruiz-Luna

Capítulo 3

29

Historia evolutiva y biodiversidad genética de las truchas de la Sierra Madre Occidental

Alicia Abadía-Cardoso, Francisco Javier García-De León, John Carlos Garza

Capítulo 4

39

Análisis del contenido estomacal de la trucha dorada mexicana *Oncorhynchus chrysogaster* (Needham y Gard 1964) en los ríos Fuerte, Culiacán y Sinaloa, México

Arturo Ruiz Luna, Francisco Javier García de León

Capítulo 5

53

Dimorfismo sexual y periodo reproductivo de la trucha dorada mexicana, *Oncorhynchus chrysogaster* en los ríos Fuerte, Sinaloa y Culiacán

Francisco Javier García-De León, Leandro Nicolás Getino Mamet, María del Carmen Rodríguez Jaramillo, Sergio Sánchez González, Federico Márquez, Arturo Ruíz Luna

Capítulo 6

73

Relaciones biométricas y aspectos poblacionales de la trucha dorada mexicana *Oncorhynchus chrysogaster* en las cuencas de los ríos Fuerte, Sinaloa y Culiacán, México

Arturo Ruíz Luna

Capítulo 7

87

Relaciones biométricas comparativas de peso y longitud y longitud-longitud entre la trucha dorada mexicana (*Oncorhynchus chrysogaster*) y otras truchas nativas del noroeste de México

Gorgonio Ruiz-Campos, Claudia Alejandra Reyes-Valdez, Faustino Camarena-Rosales, Adrián Felipe González-Acosta

Capítulo 8

97

Predicción de la distribución geográfica de trucha dorada *Oncorhynchus chrysogaster* (Needham y Gard 1964) en los ríos Sinaloa y Culiacán, México

Arturo Ruíz-Luna, Rafael Hernández-Guzmán, Francisco Javier García-De León, Alejandro L. Ramírez-Huerta

Capítulo 9

115

Presencia de Compuestos Organoclorados Persistentes (COPs) en poblaciones de trucha dorada mexicana (*Oncorhynchus chrysogaster*), especie endémica de la Sierra Madre Occidental

Gabriela Aguilar Zárate, Arturo Ruiz-Luna, Miguel Betancourt Lozano

Capítulo 10

125

Introgresión genética de la trucha arcoíris exótica en poblaciones de trucha dorada mexicana

Marco Alejandro Escalante, Francisco Javier García-De León, Casey B. Dillman, Anna Belia De los Santos Camarillo, Ana George, Irene de los Angeles Barriga Sosa

Capítulo 11

137

Estrategias acuícolas para la conservación de trucha nativa: primeras experiencias

Irene de los Angeles Barriga Sosa, José Luis Arredondo-Figueroa, Genoveva Ingle de la Mora, Francisco Javier García-De León

Capítulo 12

153

Primeras gestiones para el cultivo de trucha nativa de la Sierra Madre Occidental: recolecta, determinación de identidad genética y reproducción

Alicia Abadía-Cardoso, José Luis Damas-Aguilar, José Luis Falcón-Rodríguez, Francisco Javier García-De León, John Carlos Garza, Genoveva Ingle de la Mora

Capítulo 13

173

La truticultura en México y sus implicaciones para las truchas nativas

Héctor Espinosa Pérez, Christian Lambarri Martínez, Armando Martínez Castro

Capítulo 14

183

Conservación de truchas del Pacífico

Brooke E. Penaluna

Capítulo 15

189

**Caracterización Socioeconómica de la Actividad Truchícola
en el estado de Durango: Un acercamiento para dimensionar
su importancia**

*Erika Cassio Madrazo, Elizabeth Medina Herrera, Eduardo Sánchez Ortiz, César
Israel Hernández Ramírez, Juan Francisco Moreno Sánchez*

Capítulo 16

203

La política pública mexicana de truchicultura

Eduardo Sánchez Ortiz, Erika Cassio Madrazo, Elizabeth Medina Herrera

14. Conservación de truchas del Pacífico.

Brooke E. Penaluna

INTRODUCCIÓN

La historia de las truchas del Pacífico, pertenecientes al género *Oncorhynchus*, es una historia muy interesante que se basa en la persistencia y diversificación de sus especies debido, en gran parte, al dinamismo propio que existe en su medio ambiente. Desde el oeste de Norteamérica, extendiéndose hasta el este de Asia, las truchas del Pacífico han experimentado la influencia de los avances y retrocesos de glaciares, vulcanismo, condiciones extremas en el caudal de los ríos, al igual que eventos geotectónicos, que han permitido la formación de cordilleras y mesetas. Dichos eventos son los que han determinado el curso actual de los ríos modernos.

Las truchas del Pacífico se encuentran en cuencas hidrográficas que generalmente drenan hacia el océano Pacífico, en el subártico y hasta los subtrópicos, aunque algunas poblaciones viven en cuencas endorreicas, mientras que otras existen en cuencas que desembocan en el golfo de México, al este de la divisoria continental. Es en éstas cuencas donde las truchas del Pacífico se han convertido en parte del paisaje.

En el oeste de Norteamérica, entre las especies de trucha del Pacífico se incluyen la trucha degollada (*O. clarkii* ssp.), la arcoiris (*O. mykiss* ssp.), la dorada (*O. aguabonita* ssp.), la trucha gila (*O. gilae*), la trucha Apache (*O. apache*) y la trucha dorada Mexicana (*O. chrysogaster*), además del complejo diverso de truchas de la Sierra Madre Occidental (SMO) en México que aún no son clasificadas taxonómicamente (Fig. 1).

Aunque las truchas del Pacífico comparten el mismo género y una historia de vida similar a los salmones del Pacífico, como el salmón Coho (*O. kisutch*), Chinook (*O. tshawytscha*), Chum (*O. keta*), Pink (*O. gorbuscha*) y Sockeye (*O. nerka*), también mantienen rasgos muy distintivos. Por ejemplo, el hecho de que opcionalmente pueden ser anádromas (al menos en el caso de *O. mykiss* y *O. clarkii*), reproducirse en más de una ocasión, reproducirse durante primavera (aunque con mucha variación debido a condiciones locales y de tiempo) y finalmente tener una expectativa de vida de hasta diez años o más. Por otro lado, las truchas del Pacífico han sobrevivido en aquellas cuencas donde los salmones del Pacífico no lo han podido hacer. Su diversidad genética, fenotípica y de historia de vida, al igual que su habilidad de migrar largas distancias sobre hábitats diversos, les ha permitido sobrellevar condiciones climáticas fluctuantes y cambios ambientales. Estas características de las truchas del Pacífico son clave para su persistencia en el futuro.

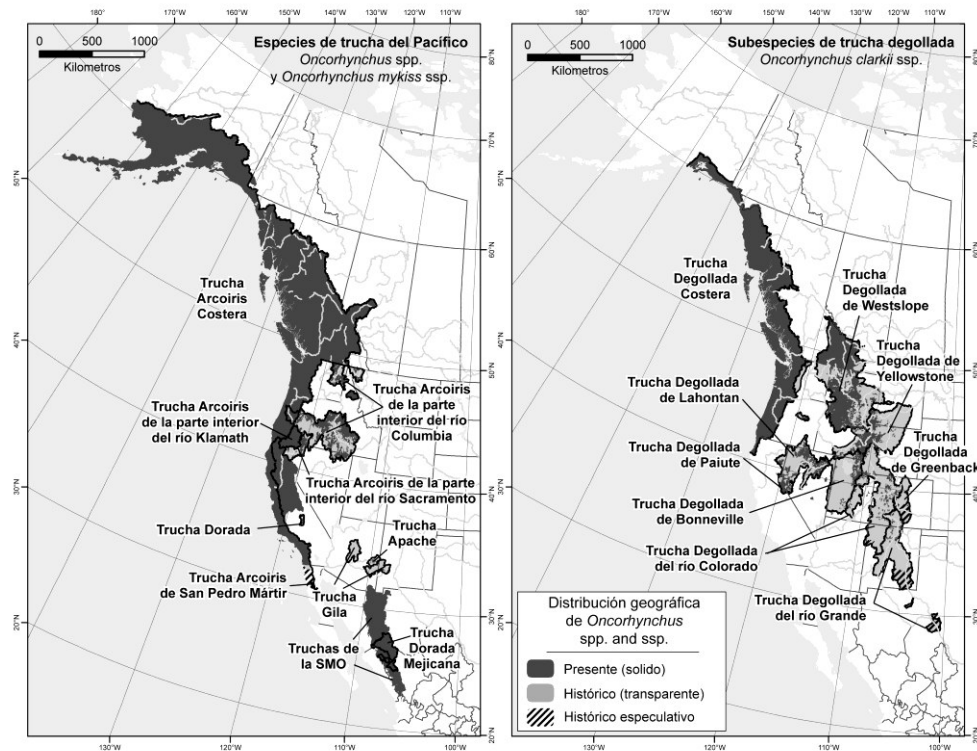


Figura 1. Distribución histórica y actual de las truchas del Pacífico en el oeste de Norteamérica incluyendo *O. mykiss* ssp. y otras (panel izquierdo) y *O. clarkii* ssp. (panel derecho). La distribución de la trucha de banda roja del río Columbia termina en la frontera entre Estados Unidos y Canadá debido a que no se le reconoce taxonómicamente en Canadá (Reproducida con el permiso de la American Fisheries Society; Penaluna et al. 2016).

Sin embargo, la disminución en las abundancias y contracción de la distribución de las poblaciones de trucha, en al menos dos tercios de las tendencias históricas, ha significado una mayor protección ejercida por las agencias del gobierno federal, estatal y provincial o municipal sobre algunas zonas geográficas donde las truchas habitan. A la fecha, dos especies de trucha degollada, incluyendo la trucha Alvord (*O. clarkii alvordensis*) y la trucha de aleta amarilla (*O. clarkii macdonaldi*) son consideradas extintas. La declinación de las truchas del Pacífico durante las décadas recientes y, en algunos casos durante el siglo pasado, es reflejo de los desafíos para balancear los intereses de la sociedad, recursos naturales y ambientes silvestres afectados por el cambio climático.

La declinación en las truchas del Pacífico comenzó con la colonización europea en Norteamérica (Fig. 2). En los inicios del siglo XIX, los exploradores euroamericanos y colonizadores comenzaron a moverse hacia el oeste, al igual que la destrucción de los paisajes ribereños. El exterminio del castor americano (*Castor canadensis*), el pastoreo intensivo por parte del ganado bovino, la tala del bosque, los diques y drenajes construidos en zonas naturales de inundación, además de la expansión de la industria minera, contribuyeron de distinta manera a la degradación de los ecosistemas nativos. Cambios similares han ocurrido en el norte de México y aunque más tarde, al final las consecuencias son negativas en estos ambientes. Colectivamente, las actividades históricas y contemporáneas han transformado los ecosistemas del oeste de Norteamérica de una forma

fundamental. La pesca recreativa y las actividades de siembra de peces en granjas piscícolas han significado la introducción de nuevas especies de truchas exóticas en ambientes naturales, incluyendo la trucha café (*Salmo trutta*), la trucha de arroyo (*Salvelinus fontinalis*) y la trucha de lago (*S. namaycush*), las que también han contribuido a la disminución de las poblaciones de las truchas del Pacífico. Además, *O. mykiss* ssp. y *O. clarkii* ssp. han sido movidas dentro y fuera de su rango de distribución en el oeste de Norteamérica.

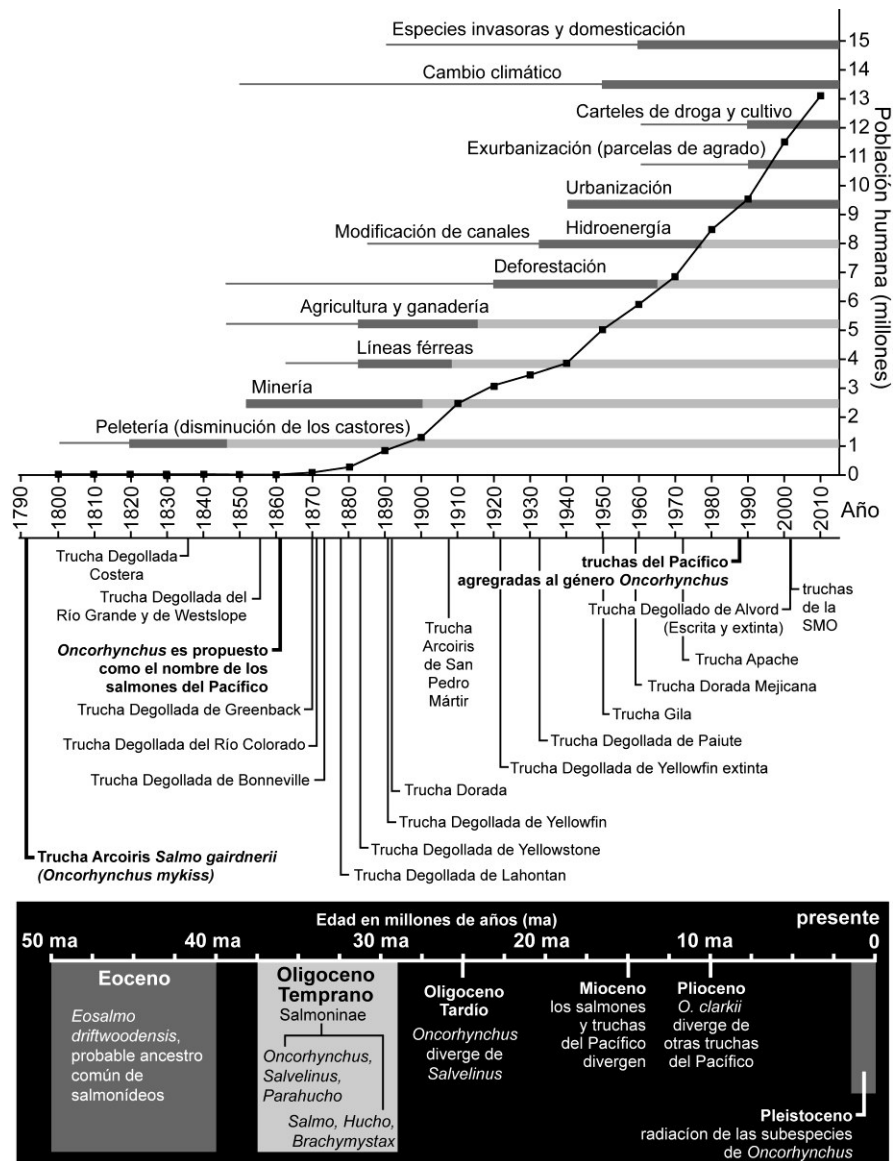


Figura 2. Diagrama de tiempo de las amenazas pasadas, presentes y futuras a las truchas del Pacífico. Se identifican las fechas donde se han descrito las distintas especies y aquellas de importancia evolutiva en escala de tiempo geológica. Aunque existe incertidumbre sobre la divergencia de las especies, se indican las cronologías que han sido de mayor consenso. Las barras anchas oscuras en el gráfico de la parte superior indican el máximo valor del período de desarrollo humano y conversión de los hábitats. Las barras más claras indican el efecto continuo, luego del período inicial de cambios rápidos. Se muestran además, los cambios en el tamaño de las poblaciones humanas en el Pacífico Noroeste de Estados Unidos (Reproducida con el permiso de la American Fisheries Society; Penaluna et al. 2016).

Durante el siglo XX, particularmente después de la segunda guerra mundial, el paisaje ha sufrido la fragmentación de los hábitats acuáticos debido a la construcción de grandes represas en los ríos principales, además de un sinnúmero de barreras menores en el cruce de ríos y caminos y canales fluviales de regadío, lo que ha provocado el aislamiento de las poblaciones nativas de truchas del Pacífico en sitios río arriba. El cambio climático también ha contribuido como un problema para las truchas, especialmente en el caso de las poblaciones que han sido previamente fragmentadas y degradadas por otras actividades humanas que requieren del uso de agua y suelo. La interacción entre estas múltiples amenazas aparece como un problema emergente que se ha expresado con más intensidad durante los años recientes. Con todo ello, es crucial el reconocimiento de los efectos acumulativos sobre las truchas del Pacífico cuando se considere evaluar el estatus actual y la persistencia en el futuro de dichas poblaciones. A pesar de todos estos problemas, las truchas del Pacífico han logrado persistir en el tiempo, algunos linajes mejor que otros (Penaluna et al. 2016).

A principios de la década de los años 70 se proclamó un nuevo marco ambiental regulatorio en los Estados Unidos con la proclamación del Acta de Especies Amenazadas (Endangered Species Act) y el Acta del Agua Limpia (Clean Water Act). De igual manera esta década se marca como el comienzo de una mayor preocupación de los administradores de recursos naturales por dar valor a las truchas salvajes nativas. Aunque era claro que las truchas del Pacífico estaban en peligro, en aquel tiempo hubo un cambio en la percepción y comienza un esfuerzo y dedicación mayor hacia la conservación y protección de las truchas como un indicador importante del funcionamiento de los ecosistemas de agua dulce de ambientes fríos. Desde que esta nueva era de preocupación por las truchas del Pacífico se inició, han existido muchas historias de éxitos y fracasos en la conservación efectiva de las truchas del Pacífico en los Estados Unidos.

Al parecer, no hay historias que den cuenta de una recuperación completa de alguna de las especies de truchas del Pacífico; al contrario, existen lecciones aprendidas con historias de éxitos que han logrado el retraso o freno en la disminución de sus poblaciones. Se han realizado una serie de esfuerzos de restauración principalmente en Estados Unidos y Canadá, aunque también existen iniciativas emergentes en México, que han aumentado la confianza sobre la posibilidad de proteger y restaurar los ambientes de las truchas del Pacífico. Éxitos y fracasos han proporcionado valiosas lecciones en el ámbito científico y socioeconómico.

Algunas de las lecciones que ilustran dichos esfuerzos de conservación se resumen en cuatro ideas principales, incluyendo 1) la conectividad entre hábitats heterogéneos, 2) maximizar la heterogeneidad de los hábitats, 3) protección de los hábitats a una escala mayor y 4) conservación de las aguas de ambientes fríos. En última instancia, la conservación de las truchas del Pacífico en el oeste de Norteamérica está estrechamente ligada con la capacidad de entender el pasado, presente, futuro y la habilidad de describir adecuadamente su diversidad evolutiva en conjunto con la capacidad de comunicar su valor de conservación a nuestra sociedad. Se describen a continuación.

Conectividad entre hábitats heterogéneos

La conectividad entre hábitats heterogéneos es el grado en el cual el paisaje permite migraciones y movimientos de las truchas del Pacífico en tiempo y espacio. Es decir, la conectividad existente entre los hábitats de ríos, arroyos, lagos y el océano. Migraciones y movimientos a nivel local han permitido a las poblaciones de truchas del Pacífico adaptarse evolutivamente desde hace miles de años, lo cual les ha proporcionado la habilidad de persistir bajo las actuales condiciones ambientales cambiantes. A medida que las truchas del Pacífico se mueven entre fragmentos de hábitat, ellas atraviesan corredores que conectan dichos fragmentos los cuales varían en distancia que separa a unos de otros. Dichos corredores se fragmentan cuando existen represas y alcantarillas que crean potenciales barreras al movimiento. Esto es especialmente relevante para especies con rangos de movimiento limitado como son el caso de la trucha dorada (*O. aguabonita* ssp.), trucha gila (*O. gilae*), trucha Apache (*O. apache*) y la trucha dorada Mexicana (*O. chrysogaster*), además del complejo de truchas no clasificado taxonómicamente de SMO. Dichas especies podrían ser más vulnerables a las barreras que impiden migraciones, por lo que mantener la conectividad entre hábitats permite a los individuos moverse entre áreas adyacentes en casos donde las poblaciones experimenten pérdida en la calidad y extensión de sus hábitats. Además, muchos de los escenarios de cambio climático indican que las especies necesitarán moverse a nuevos hábitats, lo cual hace necesario pensar en mantener la conectividad como una medida esencial que permita la adaptación de las especies dados dichos cambios.

Maximizar la heterogeneidad de los hábitats

Maximizar la heterogeneidad de los hábitats en las cuencas hidrográficas y el paisaje provee las condiciones geofísicas de los hábitats, necesarias para soportar la diversidad de poblaciones y especies. Manteniendo una diversidad de hábitats dentro y entre cuencas hidrográficas permite su uso a los individuos de una población, lo que a su vez promueve diversidad. Las truchas del Pacífico usan y siguen la heterogeneidad de su ambiente a través de una navegación activa del paisaje en búsqueda de los hábitats preferidos. Cuando el paisaje se torna homogéneo su complejidad disminuye lo que significa que no puede soportar una mayor diversidad de poblaciones. A su vez, en la medida que los terrenos alrededor de las truchas sean protegidos, existen mayores probabilidades de que las truchas persistan en el tiempo.

Protección de los hábitats a una escala mayor

Si la protección de los hábitats ocurre a una escala mayor en el paisaje, entonces un espectro más amplio en la diversidad de poblaciones será también posible. Esto garantiza conservar la mayor cantidad de área posible, independientemente del tipo de uso de suelo y tenencia de la tierra y no solo en áreas donde existan especies de alto valor de conservación, áreas de poblaciones saludables, o aquellas menos costosas de mantener. Al contrario, conservar la mayor cantidad de área posible permite una respuesta más amplia en cuanto a la variabilidad de las truchas del Pacífico y su capacidad de persistir en el tiempo. Si sólo se protegen poblaciones saludables en ausencia de planes de conservación más amplios, que reconozcan la importancia de otros sitios, poblaciones y periodos de tiempo, entonces las características únicas de algunas poblaciones no persistirán, especialmente en aquellas poblaciones menos saludables donde la diversidad de características no está representada en las poblaciones más saludables.

Conservación de las aguas de ambientes fríos

Las truchas del Pacífico requieren aguas frías que estén interconectadas para sobrevivir. Aunque las truchas del Pacífico han sobrevivido condiciones muy cambiantes por milenios, ahora necesitan persistir bajo cambios globales en el clima, unidos a otros problemas emergentes debido a la acción humana. Dependiendo del linaje específico, las truchas necesitan aguas con temperaturas por debajo de los 18 °C, aunque pueden soportar temperaturas más altas por un periodo corto de tiempo. Las truchas también necesitan espacio para vivir, es decir, más espacio significa más agua. Una reducción de espacio puede producirse debido a cambios horizontales y verticales en la columna de agua, los cuales ocurren naturalmente por cambios estacionales en el clima y caudal de los ríos y arroyos, o cambios debido al uso humano del agua, tales como represas para producir energía eléctrica y tomas de agua para riego o agua potable.

CONCLUSIONES

Las truchas del Pacífico nos cuentan una historia de adaptación y sobrevivencia a condiciones del ambiente que son muy dinámicas a través del paisaje y del tiempo. Sin embargo, dicha historia nos dice también que las truchas del Pacífico han disminuido durante las décadas recientes y en algunos casos en el último siglo, debido al desbalance en los valores de la sociedad en cuanto al uso de los recursos naturales y su conservación en un escenario de cambio climático. Mucho queda por aprender en cuanto a la historia evolutiva de la diversidad de truchas del Pacífico en el oeste de Norteamérica. Nos quedan incertidumbres que representan grandes desafíos para su conservación, incluyendo la mezcla no-intencional de distintos linajes y las fallas en cuanto a la apreciación del amplio rango de diversidad de las truchas del Pacífico, lo que ha resultado en no enfocar prioridades en taxa más raros. Muchas de las amenazas actuales de las truchas del Pacífico están enfocadas en el cambio climático, invasiones biológicas, urbanización y sus interacciones, las cuales pueden representar el foco de futuras investigaciones. El amplio rango de variabilidad observado en las truchas del Pacífico representa desafíos en cuanto a la detección de respuesta que sean generalizadas, aunque quizás lo más importante es entender dichas respuestas individualmente para dar contexto al entendimiento de futuros impactos y amenazas.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a los editores Francisco García-De León y Arturo Ruiz Luna por sus comentarios y sugerencias. Ivan Arismendi por la traducción al Español y Kathryn Ronnenberg por confección de las figuras. El uso de nombres comerciales o razones sociales es sólo para información del lector y no constituye endoso de ningún producto o servicio del gobierno de Estados Unidos.

REFERENCIAS

Penaluna, B.E., A. Abadía-Cardoso, J.B. Dunham, F.J. Garcia-De León, R.E. Gresswell, A. Ruiz-Luna, E.B. Taylor, B.B. Shepard, R. Al-chokhachy, C.C. Muhlfeld, K.R. Bestgen, K. Rogers, M.A. Escalante, E.R. Keeley, G.M. Temple, J.E. Williams, K.R. Matthews, R. Pierce, R.L. Mayden, R.P. Kovach, J.C. Garza, and K.D. Fausch. 2016. Conservation of native Pacific trout diversity in western North America. *Fisheries*. 41: 286–302.