

Título del Proyecto: Servicio de Consultoría para el Manejo Efectivo de Especies Exóticas Invasoras en el Área de Protección de Flora y Fauna Tutuaca y su Zona de Influencia. Fort. Capacidades Manejo de Especies Exóticas- SDP-04-2017



Número de proyecto y referencia: Proyecto GEF-PNUD 00089333 “Aumentar las Capacidades Nacionales para el Manejo de las Especies Exóticas Invasoras (EEI) a través de la Implementación de la Estrategia Nacional de EEI”



Producto 4

Plan de Manejo y Control de Trucha Arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en el Área de Protección de Flora y Fauna Tutuaca y su Zona de Influencia

Organización Vida Silvestre A.C.

Marzo, 2018

“Las opiniones, análisis y recomendaciones de política incluidas en este Plan de Trabajo no reflejan necesariamente el punto de vista del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, como tampoco de su junta ejecutiva ni de sus estados miembros”.



Número y Título del Proyecto: 00089333 FSP – Aumentar las Capacidades Nacionales de Manejo de Especies Exóticas (EEI) a través de la Implementación de la Estrategia Nacional de EEI. Servicio de Consultoría para el Manejo Efectivo de Especies Exóticas Invasoras en el Área de Protección de Flora y Fauna Tutuaca y su Zona de Influencia.

Objetivo: Contar con un diagnóstico de la situación actual de cuatro especies invasoras en el Área de Protección de Flora y Fauna Tutuaca y su zona de influencia, que permita la planeación de acciones para un manejo efectivo de las EEI.

Autores: Hernández-Guzmán, R., Cruz-Nieto, M. A. & J. Cruz-Nieto.

Modo de citar el informe: PNUD México (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo). 2018. Plan de Manejo y Control de Trucha Arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*). Servicio de Consultoría para el Manejo Efectivo de Especies Exóticas Invasoras en el Área de Protección de Flora y Fauna Tutuaca y su Zona de Influencia. Proyecto 00089333 “Aumentar las Capacidades Nacionales para el Manejo de Especies Exóticas Invasoras (EEI) a través de la Implementación de la Estrategia Nacional de EEI”. Hernández-Guzmán, R., Cruz-Nieto, M. A. & J. Cruz-Nieto. Organización Vida Silvestre A.C. (OVIS). Monterrey, Nuevo León, México. 45 p.

Área objeto del informe: Área de Protección de Flora y Fauna Tutuaca y su zona de influencia.

Fecha de inicio y terminación: 17 de abril, 2017-30 de marzo, 2018.

Resumen: Se presenta una revisión y análisis de información bibliográfica y los hallazgos de la presencia de esta especie derivados del trabajo de campo, cuya información ha permitido elaborar mapas de su distribución actual y potencial en el APFFT y su zona de influencia. También se incluyen medidas para prevenir, controlar, erradicar e informar sobre la introducción, establecimiento y propagación de esta EEI.

Los principales vínculos con las metas y acciones prioritarias identificadas de la Estrategia Nacional sobre Especies Invasoras 2020 (Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras, 2010) son las siguientes:

Metas y acciones prioritarias:

Se cumplirá con la *Meta 1.2 Información científica y técnica, relevante, oportuna y accesible, que genere capacidades en diversos sectores para atender las prioridades relacionadas con las especies invasoras*, para cumplir con esto se desarrollarán las acciones prioritarias de proveer diferentes tipos de información de acuerdo con los distintos usuarios. Se ha generado un paquete de información de trucha arcoíris en el APFFT, que incluye el diseño de un sistema de información geográfica con datos de distribución actual y potencial de esta especie dentro del ANP; y, desarrollar y establecer acuerdos entre diversas instituciones y actores para la generación de nueva información.

Por su parte con la *Meta 2.1 Prioridades acordadas para el control o erradicación de especies invasoras*, para cumplir con esto se crearán las capacidades para llevar a cabo las labores de manejo y control de la especie dentro del ANP.

Además con las metas *2.2 Programas y planes de acción en operación para la erradicación, manejo de especies invasoras más nocivas, y mitigación de sus impactos* y *2.4 Mecanismos e iniciativas*

para que la sociedad civil se integre de forma organizada a los esfuerzos de prevención, control y erradicación, serán atendidas a través de las acciones: elaborar planes de manejo, control y erradicación que contemplen medidas de restauración ecológica de las áreas dañadas; e, incluir mecanismos de participación pública en las campañas de prevención y detección temprana de especies exóticas no establecidas y consideradas más nocivas, respectivamente.

Contenido

1	Resumen.....	6
2	Introducción	6
3	Contexto al plan de manejo y control	7
4	Antecedentes	8
4.1	Descripción de la especie	8
4.2	Estrategias de adaptación	9
4.3	Distribución	9
4.4	Usos y aprovechamientos	12
5	Método de evaluación de la distribución de la especie en APFFT	12
5.1	Área de estudio	12
5.2	Evaluación de la población	14
5.2.1	Planeación y Organización	14
5.2.2	Diagnóstico	14
5.3	Modelación de la distribución	15
5.3.1	Variables bioclimáticas utilizadas para estimar la distribución potencial actual.....	15
5.3.2	Modelación de la distribución potencial.....	16
6	Resultados	17
6.1	Presencia de la especie en el APFFT	17
6.2	Distribución potencial de la trucha arcoíris en el APFFT y su área de influencia.....	18
6.2	Distribución potencial de la trucha arcoíris en el APFFT y su área de influencia.....	20
7	Plan de manejo y control de la especie en APFFT	22
7.1	Prevenir, detectar y reducir el riesgo de introducción, establecimiento y dispersión de trucha arcoíris en el APFFT.	23
7.2	Establecer programas de control y erradicación de poblaciones de trucha arcoíris que minimicen o eliminen sus impactos negativos y favorezcan la restauración y conservación de los ecosistemas.....	34
7.3	Informar oportuna y eficazmente a la sociedad para que asuma responsablemente las acciones a su alcance en la prevención, control y erradicación de trucha arcoíris en el APFFT...	37
8	Recomendaciones adicionales	40
9	Referencias bibliográficas	40

Índice de tablas

Tabla 1. Relación de variables utilizadas en la elaboración del modelo de distribución potencial de trucha arcoíris en el APFFT y su zona de influencia..	17
Tabla 2. Ubicación de las localidades donde se obtuvieron nuevos registros de distribución de trucha arcoíris.	17
Tabla 3. Localización de las granjas acuícolas en la zona de influencia del APFFT.	24
Tabla 4. Acciones preventivas antes de nuevos establecimientos y en la operación de granjas de trucha arcoíris dentro del APFFT.	28
Tabla 5. Plan de trabajo del objetivo 1 "Prevenir, detectar y reducir el riesgo de introducción, establecimiento y dispersión de trucha arcoíris en el APFFT".	30
Tabla 6. Plan de trabajo del objetivo 2 "Establecer programas de control y erradicación de poblaciones de trucha arcoíris que minimicen o eliminen sus impactos negativos y favorezcan la restauración y conservación de los ecosistemas".	35
Tabla 7. Plan de trabajo del objetivo 3 "Informar oportuna y eficazmente a la sociedad para que asuma responsablemente las acciones a su alcance en la prevención, control y erradicación de la trucha arcoíris en el APFFT".	38

Índice de figuras

Figura 1. Trucha arcoíris (<i>Oncorhynchus mykiss</i>).	8
Figura 2. Distribución de la trucha arcoíris en México.	11
Figura 3. Localización del APFFT.	13
Figura 4. Actividades de colecta de peces, durante los trabajos de campo.	15
Figura 5. Distribución histórica y actual de la trucha arcoíris en el APFFT.	19
Figura 6. Distribución potencial de la trucha arcoíris dentro del APFFT y su zona de influencia.	21
Figura 7. Ubicación de las granjas acuícolas de trucha arcoíris aledañas al APFFT.	27

1 Resumen

Informe final correspondiente al producto 4: Plan de Manejo y Control de Trucha Arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*); dentro del proyecto “Servicio de Consultoría para el Manejo Efectivo de Especies Exóticas Invasoras en el Área de Protección de Flora y Fauna Tutuaca y su Zona de Influencia”.

Históricamente, el desarrollo rural en México no ha ido de la mano con la conservación de los recursos naturales, incluso se han tomado decisiones que ponen en peligro la integridad de los recursos genéticos de la biodiversidad mexicana.

En los cuerpos de agua del Área de Protección de Flora y Fauna Tutuaca ha sido detectada la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*), que como Especie Exótica Invasora es una de las cuatro especies de interés especial dentro de esta ANP.

En este documento, se presentan las características de distribución de la especie, sus principales adaptaciones como EEI, las medidas de control que se han utilizado, y sus usos y aprovechamientos. Como parte de la información sobre la presencia de la especie, se generó la modelación de la trucha arcoíris dentro del APFFT con base en registros previos de la presencia de la especie y en los resultados de trabajo de campo realizado por técnicos de OVIS A.C., y guías locales.

En la última parte del documento se proponen medidas preventivas (detección temprana y respuesta rápida), medidas de control donde se localizó dentro del ANP y estrategias de difusión de este pez para informar a la población sobre su estado como especie exótica invasora y sobre las medidas que se toman para disminuir su presencia.

2 Introducción

Una de las principales causas de pérdida de biodiversidad en todo el mundo son las llamadas especies invasoras (Naranjo & Dirzo, 2009; Vié *et al.*, 2009) las cuales alteran los ecosistemas, afectan a las especies nativas, provocan severos daños a los servicios ambientales y a la salud pública, además de pérdidas económicas (Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras, 2010). Las especies invasoras deterioran los recursos naturales y en consecuencia los servicios ambientales, afectan la producción de alimentos y pueden ser devastadoras en ecosistemas agropecuarios (Pimentel *et al.*, 2005). Los ambientes acuáticos en particular han demostrado ser extremadamente sensibles, aproximadamente el 40% de las extinciones de especies que habitan estos ambientes han estado relacionadas con la depredación, el parasitismo o la competencia de especies invasoras (Pimentel *et al.*, 2001). Se estima que la tasa de extinción en los ambientes acuáticos, particularmente en los dulceacuícolas, es cinco veces mayor que en los ambientes terrestres (Ricciardi & Rasmussen, 1999).

El Área de Protección de Flora y Fauna Tutuaca (APFFT) con una extensión de 436,985 ha, protege extensos ecosistemas de bosques templados de pino-encino en buen estado de conservación, que se consideran de importancia global para la conservación (D.O.F, 2001). Además de una su excepcional biodiversidad y considerados uno de tres centros de mega diversidad del planeta (DeBano & Folliott, 1994). Es una zona agreste y accidentada con profundas barrancas y picos montañosos que alcanzan los 2,700 msnm, cuenta con una extensa y amplia red hidrológica de las Cuencas del Río Yaqui y Río Mayo, que vierten sus aguas al estado de Sonora.

El aprovechamiento forestal, la minería, la ganadería y agricultura son las principales actividades económicas (CONANP, 2014). Para la CONANP la especie exótica invasora (EEI) trucha arcoíris, es de particular preocupación, ya que algunas dependencias del gobierno federal, estatal y local han propiciado su distribución y establecimiento y existen planes de SAGARPA de apoyar a la extensión de la producción en el país (SAGARPA-Delegación Puebla, 2016). Esto podría propiciar el desplazamiento y llegar a extinguir especies endémicas de truchas que habitan la Sierra Madre Occidental (SMO) (Hendrickson *et al.*, 2002).

3 Contexto al plan de manejo y control

A pesar de que no todas las especies exóticas se vuelven invasoras de forma inmediata, los efectos potenciales de una especie no nativa son impredecibles y pueden llegar a ser devastadores, por lo que la defensa más eficiente es la prevención, seguida por la detección temprana y respuesta rápida. Los beneficios de la inversión requerida por un sistema de prevención o detección y erradicación temprana compensan ampliamente las pérdidas provocadas por actuar tardíamente. Cuando la especie ya ha logrado establecerse, resulta fundamental contar con un plan de manejo y control, como un instrumento fundamental para alcanzar la conservación de la biodiversidad y mantener el funcionamiento de los procesos ecológicos que son el sustento de los bienes y servicios que requerimos para la vida diaria (Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras, 2010).

Con este fundamento y como parte de los compromisos adquiridos por México en el convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) y la Estrategia Nacional de Biodiversidad y en respuesta a los diferentes retos que representan las invasiones biológicas, la SEMARNAT identificó la necesidad de elaborar la *Estrategia nacional sobre especies invasoras en México: prevención, control y erradicación*. Para ello se instauró el Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras, conformado por académicos especialistas en el tema, organizaciones de la sociedad civil y representantes de sectores del gobierno federal que aportaron su conocimiento y experiencia para consolidar esta herramienta de planificación para México. La CONABIO fue la institución a cargo de la coordinación de la estrategia (Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras, 2010).

El objetivo central de la estrategia es “contribuir a la conservación del capital natural y el bienestar humano a través de acciones orientadas a la prevención, el control y la erradicación de especies invasoras en México, mediante la participación coordinada, proactiva y responsable de todos los actores involucrados”. Con visión de lograr “que en el año 2020 el país cuente con sistemas eficientes de prevención, detección y respuesta temprana, así como con instrumentos que operen dentro de un marco legal congruente a las necesidades de prevención, mitigación, control y erradicación de EEI” (Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras, 2010).

En el APFFT se vuelve imperativo implementar este *plan de manejo y control* de la especie para disminuir la presencia de trucha arcoíris dentro del ANP y prevenir que nuevas poblaciones se establezcan afectando la diversidad nativa y el delicado equilibrio de los cuerpos de agua dentro del ANP. Los esfuerzos de prevención, detección temprana y respuesta rápida considerados en este plan de manejo son medidas que buscan disminuir el costo de los daños (económicos, ambientales y sociales) ocasionados por la introducción de esta EEI.

Es importante destacar que este Plan de Manejo y Control de Trucha Arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) para el Área de Protección de Flora y Fauna Tutuaca y su Zona de Influencia se encuentra alineado a la estructura y bases desarrolladas en la Estrategia Nacional sobre EEI en México, para generar la base de un plan de acción que pueda escalarse a todas las zonas del país que se vean afectadas por esta especie.

4 Antecedentes

La propagación de trucha arcoíris ha sido promovida a nivel mundial, con fines de producción de alimentos. En el Estado de Chihuahua, su producción se inició en 1977 como un programa alimentario para comunidades indígenas (Mendoza, 1994). No obstante, fue hasta 1994 que esta pesquería se fortaleció, con el establecimiento el Centro Acuícola Federal para la producción de trucha arcoíris en Guachochi y de una manera más organizada, con el proyecto “Parques Trutícolas” (Mendoza, 1994; Álvarez *et al.*, 1999). Actualmente, esta actividad con una producción anual de alrededor de 250 toneladas abastece a casi 200 productores de trucha principalmente en el estado de Chihuahua (CONAPESCA, 2014). Existe evidencia de que la trucha arcoíris ha hibridado poblaciones de truchas nativas en la Sierra Madre Occidental (Mayden, 2005; Abadía-Cardoso *et al.*, 2015; Escalante *et al.*, 2016).

4.1 Descripción de la especie

La trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) es una especie politípica, pero tiene tres formas ecológicas básicas: 1) de mar o anádromadas, que significa que comienzan su vida en agua dulce, viajan al océano para su desarrollo adulto y regresan al agua dulce para desovar, 2) residentes de corriente o fluvial y 3) la trucha arcoíris de lago o adfluvial (Scott & Crossman, 1973; Behnke, 1992).

Figura 1. Trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*). Fotografía: OVIS A.C/ Javier Cruz Nieto.



Los patrones de manchas y la coloración del cuerpo de la trucha arcoíris son diversos. La coloración corporal de las truchas arcoíris residentes de corriente es, típicamente, de gris plateada a pardo verdosa en la espalda y los lados con el vientre blanco. Tiene una franja lateral rosada o

rojiza, a veces con tonos de lavanda o naranja, desde la cubierta de branquias que corre toda la longitud del pez hasta la cola (GISD, 2018). En general, sus aletas caudales tienen hileras de pequeñas manchas oscuras con manchas en las aletas dorsal y adiposa. Las aletas inferiores son de color rosa pálido sin manchas. A menudo hay pequeños puntos negruzcos rociados en la cabeza y los lados. En el momento del desove, los machos se vuelven profundamente coloreados con una franja lateral intensamente roja (Behnke & Tomelleri, 2002).

La trucha arcoíris está incluida en la lista de las 100 especies exóticas invasoras más dañinas del mundo, de acuerdo con la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (Lowe *et al.*, 2004) y en México es considerada una especie altamente invasiva (Mendoza *et al.*, 2014). Los ejemplares de trucha arcoíris que se escapan de criaderos o instalaciones de cultivo dentro de la región pueden representar una de las amenazas más críticas a la biodiversidad acuática y semiacuática (Dunham *et al.*, 2004; Mayden, 2005; Abadía-Cardoso *et al.*, 2015).

4.2 Estrategias de adaptación

La cepa o linaje anádromo es conocida por su crecimiento rápido, alcanzando 7-10 kg dentro de 3 años, mientras que la cepa de agua dulce sólo puede alcanzar 4.5 kg en el mismo lapso. La especie puede soportar amplias gamas de variación de temperatura (0-27 °C), pero el desove y crecimiento ocurren en una gama más estrecha (9-14 °C). La temperatura óptima del agua para el cultivo de trucha arcoíris está por debajo de 21 °C. Como resultado, la temperatura y disponibilidad de alimento influyen el crecimiento y la maduración, haciendo que la edad de madurez varíe; aunque por lo general es 3-4 años (FAO, 2009).

Los individuos maduros emprenden migraciones de desove cortas. Las formas anádromas y lacustres pueden migrar largas distancias a las corrientes de desove (Kottelat & Freyhof, 2007).

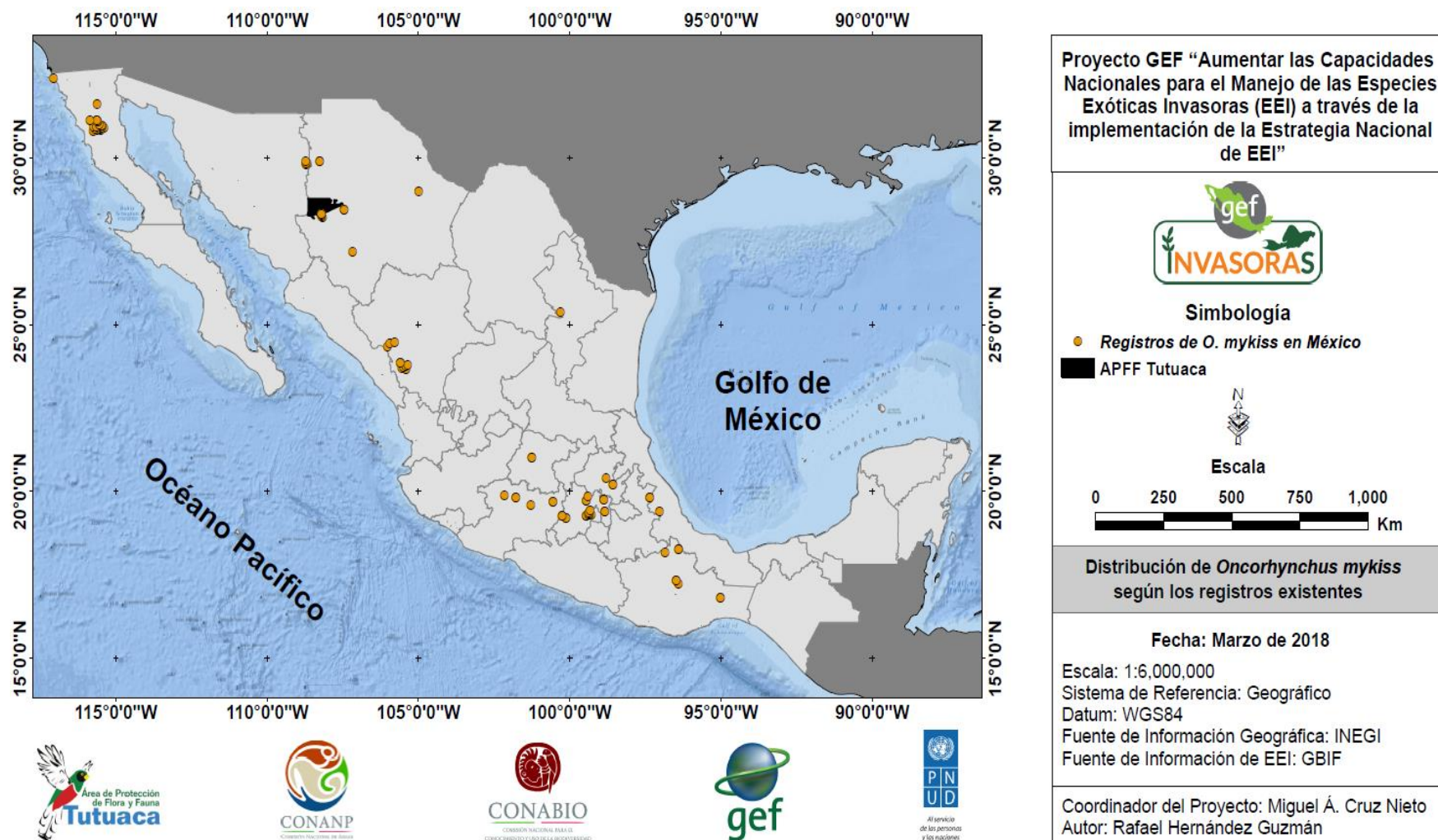
4.3 Distribución

La trucha arcoíris es nativa de muchos ríos y lagos de Norteamérica que desembocan en el Océano Pacífico, distribuida de forma nativa por el norte del océano Pacífico, desde Japón pasando por el Mar de Bering hasta la Península de Baja California en México (Gall & Crandell, 1992), aunque de forma artificial ha sido introducida por el hombre en muchos lugares (Behnke & Tomelleri, 2002; GISD, 2018).

Existen dos especies de truchas nativas mexicanas descritas, la trucha dorada mexicana *O. chrysogaster* (Needham & Gard, 1964) de los Ríos Fuerte, Sinaloa y Culiacán, y la trucha arcoíris de Baja California *O. mykiss nelsoni* (Evermann, 1908) de la Sierra San Pedro Mártir en el norte de Baja California. Hacia el norte del continente americano, donde se ha descrito la trucha dorada mexicana (en los sistemas de ríos Yaqui, Mayo y Guzmán y hacia el sur en los ríos San Lorenzo, Piaxtla, Presidio, Baluarte y Acaponeta) aún permanecen sin describir varias especies de truchas nativas (Hendrickson *et al.*, 2002). Hasta la fecha no se ha realizado el trabajo de campo necesario para poder analizar y obtener resultados definitivos, pero es muy posible la existencia de al menos 13 especies nuevas de truchas. Debido a las barreras geográficas determinadas por las distintas cuencas hidrográficas donde habitan y las diferencias morfológicas, se puede hipotetizar su existencia (Ruiz-Luna *et al.*, 2017). De confirmarse la existencia de dichas especies, esto implicaría

que en la Sierra Madre Occidental se ubica cerca del 20% de las truchas del planeta (Hendrickson *et al.*, 2006). Sin embargo, esta biodiversidad se encuentra amenazada por la introgresión y pérdida de diversidad genética (Escalante *et al.*, 2014). En la figura 2 se presenta la distribución a nivel nacional según los registros encontrados en la base de datos de Global Invasive Species Database (GISD, por sus siglas en inglés) y en el Sistema de Información sobre Especies Invasoras (que forma parte del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB) de la CONABIO (CONABIO, 2017).

Figura 2. Distribución de la trucha arcoíris en México (Fuente: elaboración propia OVIS, 2018).



4.4 Usos y aprovechamientos

Es una especie de gran importancia comercial. Se utiliza fresca, ahumada, enlatada y congelada. Es cultivada en muchos países y con frecuencia se incuba y almacena en ríos y lagos para atraer pescadores recreativos (Frimodt, 1995).

5 Método de evaluación de la distribución de la especie en APFFT

5.1 Área de estudio

El APFFT se localiza en la parte central del estado de Chihuahua, en los municipios de Guerrero, Madera, Matachi, Moris, Ocampo y Temósachic. Está comprendida entre los paralelos 28° 19' y 28° 48' latitud Norte y los meridianos 107° 45' y 108° 35' longitud Oeste y tiene una superficie de 436, 985 ha, con rangos altitudinales que van desde los 400 hasta los 2,760 msnm (CONANP, 2014).

La acción de los fenómenos tales como el vulcanismo y la colisión continental (Reyes-Cortés *et al.*, 2014), ha creado una serie de profundas barrancas en una extensa región, por cuyas características fisiográficas ha sido denominada por Raisz (1959) "Provincia Fisiográfica de la Sierra Madre Occidental", conformada por una extensa cadena de montañas (Sierra Tarahumara) que atraviesa de norte a sur el oeste del estado. El paisaje se caracteriza por la dominancia de cerros y mesetas de origen volcánico (toba), que a lo largo de millones de años han sido erosionados y han dado origen a cauces de ríos, arroyos y barrancas de más de 200 m de profundidad (Reyes-Gómez & Núñez-López, 2014).

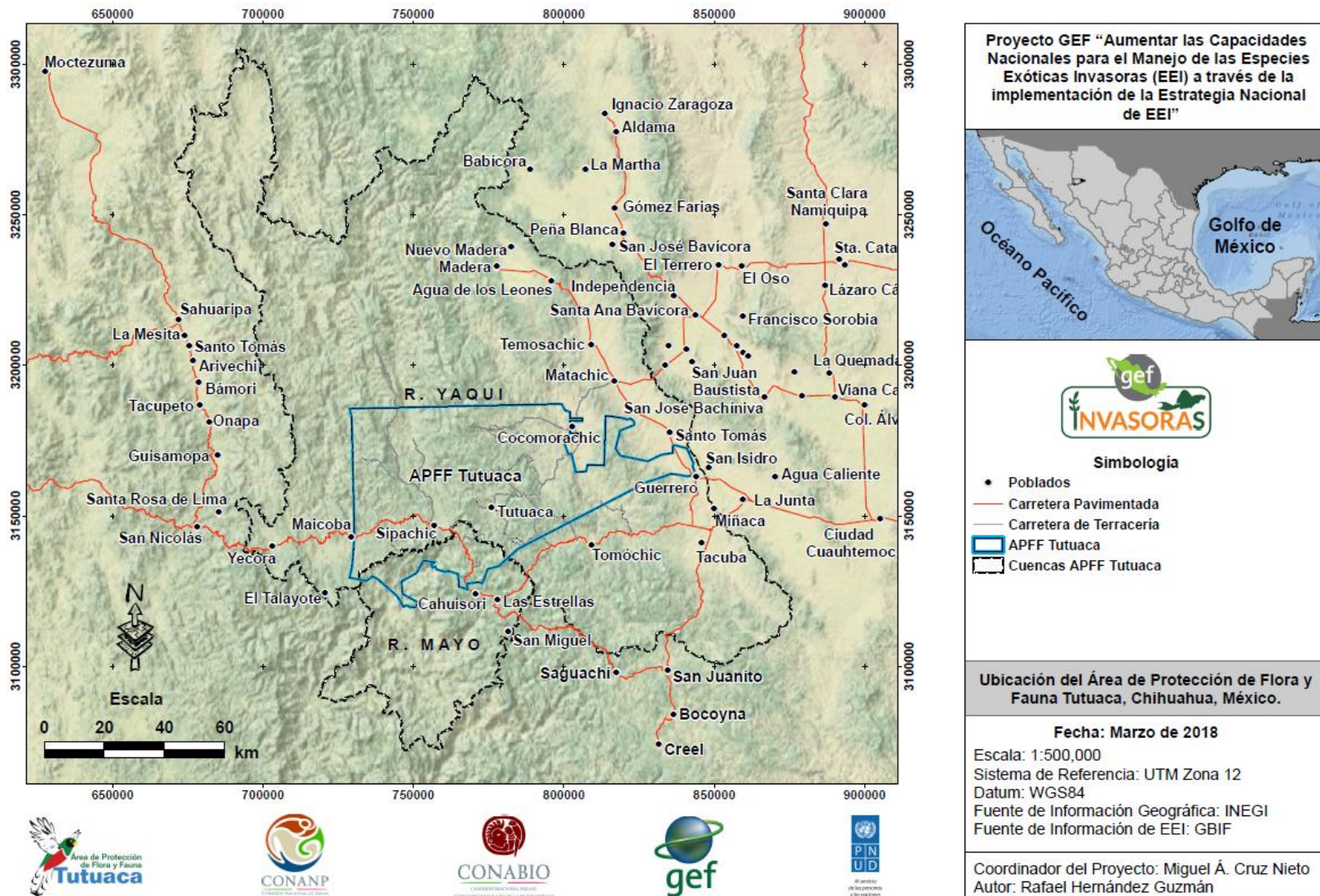
El ANP limita al este con un sistema orográfico que se inicia en Las Manzanas y termina en la Sierra de La Culebra, y al oeste limita con la Cordillera de Cologachi (CONANP, 2014).

El APFFT se encuentra dentro de la Región Hidrológica (RH) III Pacífico Norte. A esta RH le conciernen las corrientes que nacen en lo alto de la Sierra Madre Occidental y se drenan hacia el oeste del parteaguas continental (CONAGUA, 2015). Esta región hidrológica está conformada por tres corrientes de importancia: los Ríos Mayo, Yaqui y Sonora, de los cuales solo los dos primeros se encuentran dentro del APFFT. Los ríos o subcuencas presentes en el APFFT incluyen además al Río Tutuaca, el Manapuchi y el Río Piedras Azules, entre otros (Ecosistemas y Medio Ambiente S.C., 2009; CONANP, 2014).

El tipo de vegetación que caracteriza al Área de Protección de Flora y Fauna corresponde principalmente a bosques de pinos y encinos, de acuerdo con la clasificación general de Rzedowski (1978). Los bosques de coníferas están confinados a las partes más altas y húmedas de las montañas. Los estratos más altos de estos bosques se encuentran formados principalmente por especies de los géneros *Pinus*, *Pseudotsuga*, *Picea* y *Abies*. En un estrato inferior se pueden apreciar especies de *Quercus*, *Cupressus*, *Juniperus*, *Alnus*, *Populus* y *Arbutus*. Los componentes del estrato herbáceo son generalmente especies de los géneros *Gnaphalium*, *Geranium*, *Arenaria*, *Bidens*, *Cirsium*, *Delphinium*, *Castilleja*, *Lamorouxia*, *Valeriana*, *Alchemilla*, *Heuchera*, *Stipa*, *Festuca*, *Muhlenbergia*, *Helianthemum*, *Monnina*, *Ceanothus* y *Fuchsia* (CONANP, 2014).

Esta ANP resulta relevante debido a que la extensión que tiene representa una zona de alta diversidad ecológica, no solo por la riqueza de especies nativas, sino también por la riqueza de especies migratorias que alberga (CONANP, 2014).

Figura 3. Localización del APFFT (Fuente: Elaboración propia, OVIS 2018).



5.2 Evaluación de la población

5.2.1 Planeación y Organización

Se presentó una carta de aviso de inicio de actividades del proyecto a la dirección del ANP en CONANP y se gestionó ante la SEMARNAT la “**Licencia de colecta científica o con propósitos de enseñanza en materia de vida silvestre. Modalidad B. Por proyecto (No. Documento 006285)**”. Lo cual incluyó presentar la documentación legal de la institución (acta constitutiva, poder e identificación oficial de representante legal certificados ante notario público), elaborar perfil de proyecto, carta aval de una institución de investigación e ingresar los formatos correspondientes. El permiso incluyó los Municipios de Guerrero, Madera, Matachi, Moris, Ocampo y Temósachic, en Chihuahua. Además, se obtuvo un permiso de pesca deportiva de SAGARPA, a nivel nacional, con vigencia de un año.

5.2.2 Diagnóstico

- Capacitación al personal de campo

Como parte indispensable en el desarrollo del proyecto, se realizó una capacitación al grupo de personas que participaron en los trabajos de campo, con el objetivo de asegurar el éxito en la aplicación de la metodología diseñada y lograr la correcta identificación de la especie de interés. Para ello se utilizó como base la ficha descriptiva de la especie elaborada por la FAO (2009). En los meses de septiembre y octubre de 2017 se realizaron 5 salidas de campo de 5 días de duración, esto es, 25 días de trabajo de campo. El recurso humano se conformó por 4 técnicos, 4 guías locales y en algunas ocasiones un técnico personal de CONANP- APFFT, fueron equipos de campo de ocho o nueve personas por salida. Cabe destacar que el proyecto consideró el pago de jornales de los guías locales.

- Metodología Colecta de Peces

La selección del arte de pesca para la captura de la trucha arcoíris se realizó de acuerdo con las consideraciones contenidas en el Protocolo de muestreo de peces en aguas continentales para la aplicación de la Norma de Caudal Ecológico (NMX-AA-159-SCFI-2012) Versión 1.0 preparado por el Dr. Héctor Espinosa Pérez (2014). Primero se llevó a cabo una revisión bibliográfica sobre la presencia y distribución de las EEI en el área de estudio con el objetivo de seleccionar la mejor estrategia de muestreo y tipos de artes de pesca a utilizar. Como primera consideración, se usó equipo de electropesca y de manera complementaria redes y anzuelos.

El Dr. Arturo Ruiz Luna del Laboratorio de Manejo Ambiental del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C. unidad Mazatlán, facilitó un equipo de electro-pesca (SMITH-ROOT, modelo 15-D POW), con generador operado con motor de gasolina, de hasta 350 W de potencia. La operación de pesca con este equipo consistió básicamente en recorridos a contraflujo de la corriente, con duración aproximada de una hora, aunque dependiendo de los resultados de la captura el periodo se amplió o se redujo. El método se basa en la creación de un campo eléctrico en un área del medio acuático, modificando el comportamiento del pez y facilitando su captura. La corriente eléctrica puede causar electrotaxis (natación obligada), electrotétano (contracción muscular) y electronarcosis (relajación muscular) en el pez. Esta técnica es efectiva y relativamente inocua (Espinosa-Pérez, 2014). Este equipo permite paralizar temporalmente a los

individuos, mismos que posteriormente se capturaron con una red de cuchara. Adicionalmente y de forma complementaria, también se incluyeron métodos de colecta para peces basados en artes de pesca (redes y anzuelos) y su registro incluyó captura fotográfica.

Tanto al inicio y término del recorrido se registraron los datos de ubicación geográfica del sitio (latitud, longitud, altitud), utilizando equipo GPS modelo Garmin Montana 680. Los ejemplares capturados fueron procesados individualmente para obtener las medidas biométricas correspondientes a longitud total (cm), longitud patrón (cm), altura (cm) y peso (g). Este tipo de metodología ya ha sido empleada con éxito por el grupo de investigación del Dr. Ruiz-Luna en diversas localidades ubicadas en la Sierra Madre Occidental (SMO) para trucha dorada mexicana (*Oncorhynchus chrysogaster*) (Ruiz-Luna *et al.*, 2017).

Figura 4. Actividades de colecta de peces, durante los trabajos de campo (Fotografía: OVIS, A.C./ Javier Cruz).



5.3 Modelación de la distribución

Las modelaciones de las cuatro EEI de interés para los planes de manejo y control se hicieron de forma diferente. La distribución de la trucha arcoíris fue modelada considerando únicamente los sitios de distribución actual para la especie. Primero, se hizo una búsqueda de localidades con registros previos (denominadas aquí como históricos) a través del rango geográfico de distribución de la especie en diferentes bases de datos de biodiversidad (flora y fauna) incluyendo la Global Biodiversity Information Facility (GBIF) y el Sistema de Información sobre Especies Invasoras que forma parte del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB) de la CONABIO (2017). Una segunda fuente de información fue las salidas a campo para la búsqueda de la especie. Las localidades históricas a través del rango geográfico de distribución de la especie fueron revisadas durante el periodo de estudio. Mientras que los nuevos registros de localidades fueron registrados con ayuda de un dispositivo GPS Garmin Montana 680 (± 2 m de precisión).

5.3.1 Variables bioclimáticas utilizadas para estimar la distribución potencial actual

La distribución potencial actual, fue modelada considerando los datos de las variables ambientales a 30 arc segundos de resolución (~ 1 km de tamaño de pixel), obtenidas del sitio de Worldclim – Global Climate Data Project, versión 2.0 release 1 (Fick & Hijmans, 2017). La versión 2.0 del

Worldclim presupone una mejora respecto a la versión previa (versión 1.4) ya que contiene los datos climáticos mensuales promedio de precipitación y temperatura desde 1970-2000.

También se incluyó la variable Altitud, y a partir de ésta, se determinó la Dirección y Acumulación de Flujo utilizando la herramienta ArcHydro de ARCGIS 10.3. Adicionalmente, fue incorporado el Índice Topográfico Compuesto (CTI, por sus siglas en inglés), del proyecto GTOPO30 HYDRO1k y descargado de la página del Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS). Todas las capas fueron proyectadas a la misma resolución espacial, siendo acotadas a los límites geográficos del área de estudio.

5.3.2 Modelación de la distribución potencial

Para este plan de manejo y control, se utilizó el algoritmo de Máxima Entropía implementado en el programa MaxEnt v3.4.1 (Phillips *et al.*, 2018). La elección de este algoritmo sobre otra herramienta para la predicción de la distribución de especies responde a que además de ser amigable con el usuario, produce métricas robustas para evaluar el ajuste del modelo generado y ha probado ser efectivo en la predicción de hábitat de especies (Milanovich *et al.*, 2010; Searcy & Shaffer, 2014; Sutton *et al.*, 2015; Ruiz-Luna *et al.*, 2017). El algoritmo fue ejecutado con los parámetros por 'default' proporcionados por el programa. Este procedimiento produce una representación de la probabilidad acumulativa de la distribución de la especie que está siendo modelada. Estos modelos fueron transformados a mapas binarios basados en la regla umbral del percentil 10.

Particularmente para la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) utilizamos la técnica conocida como Jackknife (leave-one-out). Para su implementación, cada localidad en el proceso de modelado se eliminó secuencialmente del conjunto de datos y se obtuvo un nuevo modelo con **n-1** localidades; midiendo la habilidad predictiva de cada uno de los **n** modelos de salida para predecir los datos excluidos. La elección de esta técnica responde a la experiencia previa de los autores y que ya ha sido publicada en Ruiz-Luna *et al.* (2017) para la trucha dorada mexicana (*Oncorhynchus chrysogaster*), además de la disponibilidad de datos disponibles.

Se utilizó un segundo algoritmo de modelación conocido como Algoritmo Genético para la Producción de Reglas (GARP, por sus siglas en inglés) y su aplicación se encuentra disponible en el programa DesktopGARP v.1.1.6 (<http://www.nhm.ku.edu/desktopgarp/>). Para este algoritmo se utilizó el 100% de los datos, ajustando el programa para desarrollar 100 modelos independientes con un máximo de 1000 iteraciones y un límite de convergencia de 0.01. El programa se parametrizó para que a partir de los mapas generados seleccionar los diez mejores (BestSubsets), con base en sus errores de omisión del 10% y de comisión del 50%. De acuerdo con la propuesta en Ruiz-Luna *et al.* (2017), de los diez mejores modelos generamos un mapa consenso (suma de mapas), para producir un mapa compuesto de la distribución potencial de la especie, considerando el área en la que todos los modelos coincidían en la predicción como el área de distribución potencial.

Finalmente, los mapas de distribución potencial (generados con MaxEnt y GARP) fueron contrastados dentro de ArcGIS 10.3.1, y sólo el área de coincidencia fue considerada para el mapa de distribución final. Este mapa final no necesariamente representa la distribución de la especie, sino la distribución geográfica de las condiciones ambientales modeladas como aptas para la especie.

La tabla 1 contiene las capas utilizadas en el proceso de modelación, así como el porcentaje de contribución de cada una de ellas.

Particularmente para estos modelos no se hizo ningún análisis, ya que en una primera ejecución del algoritmo (MaxENT), fueron estas las únicas variables que mostraron contribución.

Tabla 1. . Relación de **variables** utilizadas en la elaboración del modelo de distribución potencial de trucha arcoíris en el APFFT y su zona de influencia. El valor indica el porcentaje de contribución de cada variable al modelo de distribución (Fuente: Elaboración propia OVIS, 2018).

Bio-variable	<i>Oncorhynchus mykiss</i>
Índice Topográfico Compuesto*	9.6
BIO06 - Temperatura mínima del mes más frío	79
BIO14 - Precipitación del mes más seco	11.4

* CTI – Compound topographic index. Descargado de <https://earthexplorer.usgs.gov/>

El algoritmo fue ejecutado una segunda ocasión, pero excluyendo las variables que no contribuían.

6 Resultados

6.1 Presencia de la especie en el APFFT

La trucha arcoíris se encuentra presente en algunos de los cuerpos de agua del APFFT. Los resultados del muestreo indican que existe presencia de esta especie exótica en Arroyo el Cinco, tributario al Río Papigochi y en Arroyo Agua Caliente, Cuenca del Río Yaqui. La ubicación de las localidades con nuevos registros de trucha es la siguiente:

Tabla 2. Ubicación de las localidades donde se obtuvo nuevos registros de distribución de trucha arcoíris (Fuente: Elaboración propia OVIS, 2018).

Municipio	Localidad	Ejemplares capturados	Fecha	Latitud	Longitud	Observaciones
Madera	Ejido Socorro Rivera, Arroyo el 5	1	28/09/2017	29 17 22.6	108 11 18.2	Cuenca del Yaqui
	Ejido Socorro Rivera, Arroyo el 5	1	28/09/2017	29 17 38.5	108 10 29.7	Cuenca del Yaqui
	Propiedad privada El Manantial (cercana a Arroyo El Ocho).	1	29/09/2017	29 09 34.3	108 09 48.5	Cuenca del Yaqui
	Ejido Madera	1	28/09/2017	29 16 01.9	108 06 15.4	Cuenca del Yaqui
Temósachi	Poblado San Isidro de Lomas	1	20/09/2017	28 54 01.9	107 47 12.9	Rio Papigochi, en Cuenca del Yaqui
Guerrero	Arroyo Agua Caliente,	1	04/10/2017	28 20 22.9	108 00 54.4	Área de

	en el ejido Tomochi					Influencia APFFT
	Arroyo Agua Caliente, en la localidad de Bilaguchi	1	23/09/2017	28 21 07.1	107 58 33.1	Área de Influencia del APFFT
	Dentro de la Localidad Bilaguchi	1	23/09/2017	28 22 21.3	107 41 08.6	Rio Papigochi, en Cuenca del Yaqui

Estos nuevos registros, junto a registros históricos del ANP se ilustran en la figura 5. Para este mapa se utilizaron los datos de la base de datos de la GBIF, en el Sistema de Información sobre Especies Invasoras (que forma parte del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB) de la CONABIO (CONABIO, 2017) y los registros producto del trabajo de campo.

6.2 Distribución potencial de la trucha arcoíris en el APFFT y su área de influencia

Del total de modelos generados (100 modelos utilizando el algoritmo GARP), se seleccionaron los mejores 10, y se realizó un mapa de consenso, considerando el área en la que todos los modelos coincidían en la predicción del área de distribución potencial.

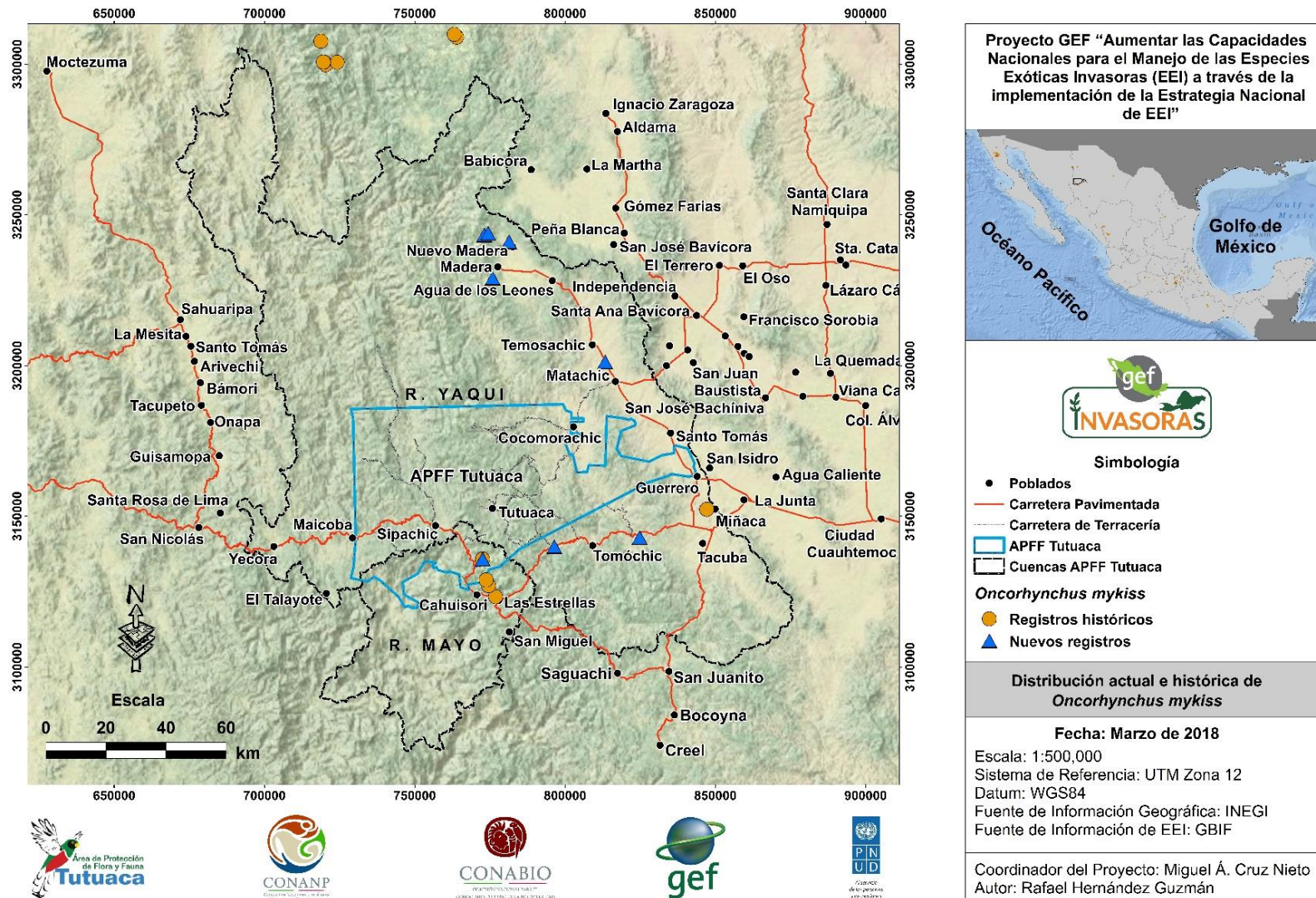
Los resultados que se obtuvieron con las dos aproximaciones metodológicas fueron muy similares entre sí. En el caso del modelo generado con MaxEnt, la distribución potencial presentó un valor de AUC = 0.844. El valor de contribución de las variables utilizadas muestra que la mayor contribución fue la temperatura mínima del mes más frío (79%), seguida por la precipitación del mes más seco (11.4%) y el Índice Topográfico Compuesto (9.6%).

De acuerdo con la modelación, la superficie del APFFT y su zona de influencia que tiene potencialidad para el establecimiento de trucha arcoíris es de 506,549 ha, esto representa el 22.5% de la superficie de las Cuencas del Río Yaqui y el Río Mayo. La mayor superficie de distribución potencial se encuentra en la Cuenca del Río Yaqui, en el noreste de ésta. Las localidades que integran esta zona son Madera, Matachic, Nuevo Madera y Temosachic.

Dentro del polígono del APFFT, en el suroeste de la cuenca del río Yaqui es un área que presenta condiciones muy favorables para la distribución potencial de la trucha arcoíris. Las comunidades El Concheño y Tutuaca son algunas de las que se verían afectadas por la potencialidad de invasión que tiene la trucha arcoíris en el ANP.

De acuerdo con la modelación realizada para esta consultoría, en el mapa (figura 6) se muestra la distribución potencial de la trucha arcoíris dentro del APFFT. Para este mapa se utilizaron los datos de la base de datos de la GBIF, en el Sistema de Información sobre Especies Invasoras (que forma parte del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB) de la CONABIO (CONABIO, 2017) y los registros producto del trabajo de campo.

Figura 5. Distribución histórica y actual de la trucha arcoíris en el APFFT (Fuente: Elaboración propia OVIS, 2018).



6.2 Distribución potencial de la trucha arcoíris en el APFFT y su área de influencia

Del total de modelos generados (100), se seleccionaron los mejores 10, y se realizó un mapa de consenso, considerando el área en la que todos los modelos coincidían en la predicción del área de distribución potencial.

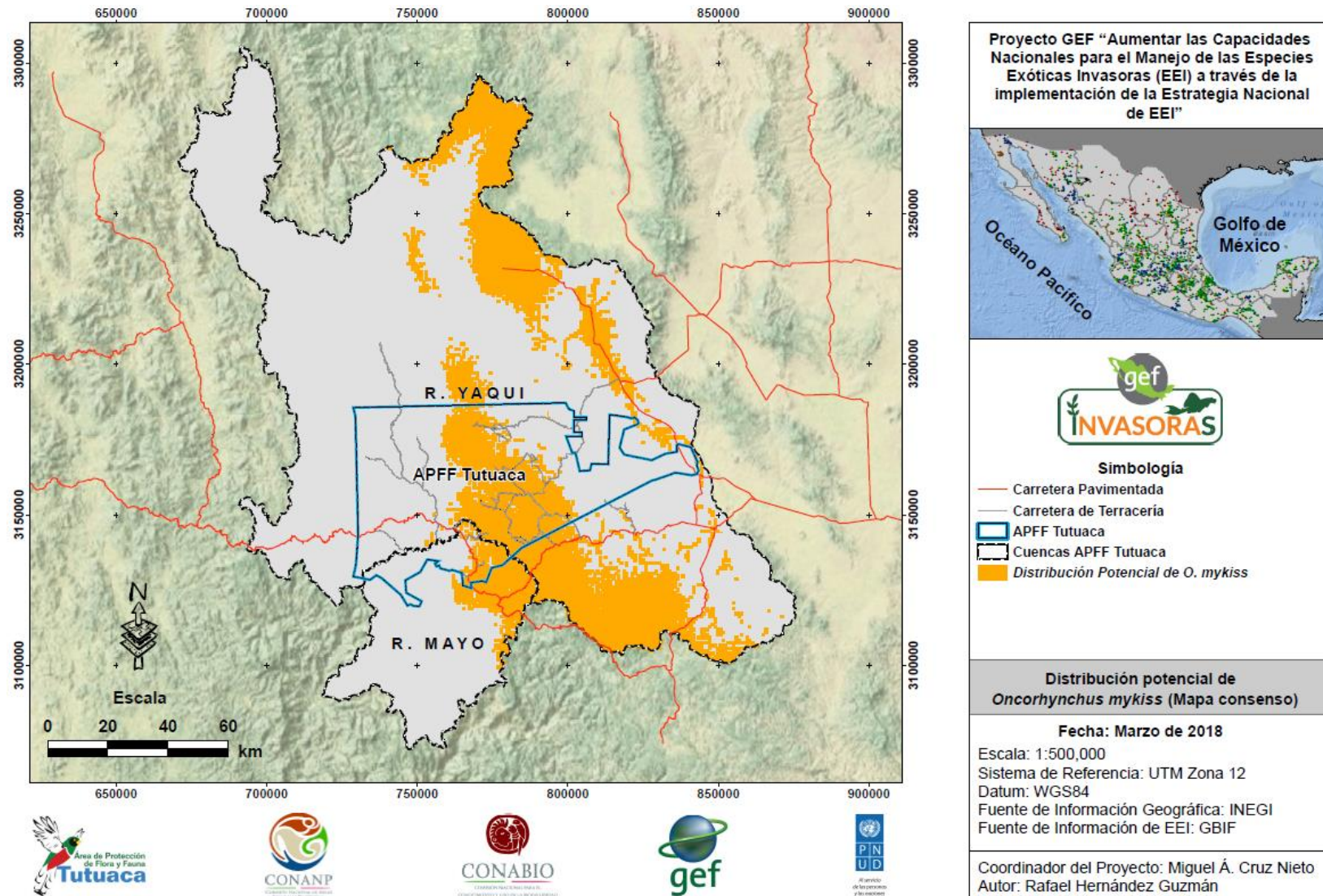
Los resultados que se obtuvieron con las dos aproximaciones metodológicas fueron muy similares entre sí. En el caso del modelo generado con MaxEnt, la distribución potencial presentó un valor de AUC = 0.844. El valor de contribución de las variables utilizadas muestra que la mayor contribución fue la temperatura mínima del mes más frío (79%), seguida por la precipitación del mes más seco (11.4%) y el Índice Topográfico Compuesto (9.6%).

De acuerdo con la modelación, la superficie del APFFT y su zona de influencia que tiene potencialidad para el establecimiento de trucha arcoíris es de 506,549 ha, esto representa el 22.5% de la superficie de las Cuencas del Río Yaqui y el Río Mayo. La mayor superficie de distribución potencial se encuentra en la Cuenca del Río Yaqui, en el noreste de ésta. Las localidades que integran esta zona son Madera, Matachic, Nuevo Madera y Temosachic.

Dentro del polígono del APFFT, en el suroeste de la cuenca del río Yaqui es un área que presenta condiciones muy favorables para la distribución potencial de la trucha arcoíris. Las comunidades El Concheño y Tutuaca son algunas de las que se verían afectadas por la potencialidad de invasión que tiene la trucha arcoíris en el ANP.

De acuerdo con la modelación realizada para esta consultoría, en el mapa (figura 6) se muestra la distribución potencial de la trucha arcoíris dentro del APFFT. Para este mapa se utilizaron los datos de la base de datos de la GBIF, en el Sistema de Información sobre Especies Invasoras (que forma parte del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB) de la CONABIO (CONABIO, 2017) y los registros producto del trabajo de campo.

Figura 6. Distribución potencial de la trucha arcoíris dentro del APFFT y su zona de influencia (Fuente: Elaboración propia OVIS, 2018).



7 Plan de manejo y control de la especie en APFFT

La presencia de trucha arcoíris en el APFFT no es un caso avanzado de invasión. Los datos de campo arrojan poca presencia de individuos en los sitios de estudio. Sin embargo, es una amenaza importante debido a las características de la especie y la capacidad que tiene para adaptarse a condiciones favorables para su crecimiento y propagación, así como a la presencia de una especie de trucha nativa en la zona con alta probabilidad de hibridación con la trucha arcoíris. Por lo que es de suma importancia que las acciones prioritarias para el manejo y control de esta especie sean de detección temprana y respuesta rápida. El monitoreo permanente de los sitios es considerado una actividad clave en la detección de la especie y realizar acciones de respuesta temprana. Por lo que el principal objetivo de este “Plan de Manejo” es evitar la dispersión de las poblaciones de trucha arcoíris hacia nuevos sitios y en la medida de lo posible, acciones de control y de erradicación de esta EEI.

Para alcanzar este objetivo es relevante la coordinación y colaboración de los actores clave asociados a las EEI. Lo cual incluye representantes de las agencias de gobierno en sus tres niveles, productores acuícolas, organizaciones de la sociedad civil, instituciones académicas y habitantes de las comunidades que tienen injerencia en el manejo del APFFT y su zona de influencia.

Esta coordinación y colaboración institucional permitirá:

- Priorizar acciones para lograr avances de manera eficiente en cuanto al tiempo y el recurso disponible.
- Asignar actividades de acuerdo con diversas competencias de cada actor involucrado.
- Implementar acciones de manera coordinada y lograr mejores resultados.
- Permitir la retroalimentación para evaluar y en su caso ajustar las metodologías.

El presente Plan de Manejo y Control de Trucha Arcoíris en el APFFT y su zona de influencia tiene como base la “Estrategia Nacional sobre Especies Invasoras en México. Prevención, Control y Erradicación” de CONABIO-CONANP-SEMARNAT (2010). Por lo que se listan a continuación los siguientes:

Objetivos estratégicos

1. Prevenir, detectar y reducir el riesgo de introducción, establecimiento y dispersión de la trucha arcoíris en el APFFT.
2. Establecer programas de control y erradicación de poblaciones de trucha arcoíris que minimicen o eliminen sus impactos negativos y favorezcan la restauración y conservación de los ecosistemas.
3. Informar oportuna y eficazmente a la sociedad para que asuma responsablemente las acciones a su alcance en la prevención, control y erradicación de trucha arcoíris en el APFFT.

Las principales líneas de acción se detallan por objetivo, así también se muestran programas de trabajo para cada objetivo.

7.1 Prevenir, detectar y reducir el riesgo de introducción, establecimiento y dispersión de trucha arcoíris en el APFFT.

La trucha arcoíris se encontró dentro de los cuerpos de agua del APFFT Tutuaca, aunque pocos individuos en vida libre. El principal objetivo es enfocar esfuerzos para evitar malos manejos y escapes accidentales de las granjas acuícolas. La disminución en el uso y aprovechamiento de esta especie también es de suma importancia, para lo que se requieren acuerdos entre instituciones ambientales y de desarrollo rural.

A continuación, se describen acciones específicas. Para lograr que tengan éxito, se sugiere organización y priorización de estas, la dirección del APFFT desarrollará el rol principal fortaleciéndose con otras instituciones, productores locales y habitantes del ANP.

Acuerdos interinstitucionales

Dentro del ANP es muy evidente la situación de desvinculación entre las agencias gubernamentales, para llevar a cabo los programas de conservación ambiental, incluso a veces de manera incompatible con programas de desarrollo agropecuario. Armonizar los programas de desarrollo económico, rural y productivo es primordial para alcanzar una sinergia en beneficio de todos los involucrados en las actividades productivas dentro del APFFT. Para lograr esta armonía es necesario buscar un acercamiento de CONANP con las instituciones gubernamentales de desarrollo productivo como SAGARPA, CONAPESCA y Secretaría de Desarrollo Rural del Estado. En consenso firmar un acuerdo de disminución del uso y aprovechamiento de EEI en los programas financiados por estas instituciones, en beneficio de la biodiversidad de la región y el desarrollo agropecuario a largo plazo.

El recién conformado Comité de Especies Exóticas Invasoras del APFFT (PNUD México, 2018) debe de tomar un rol más activo en la vinculación entre las diferentes agencias gubernamentales. Por su origen multidisciplinario será muy enriquecedor para hacer sugerencias y tomar acuerdos. Lo cual puede incluir establecer lineamientos, bases y reglas de operación que determinen la prevención y prohíban la introducción de especies exóticas invasoras, evitar que se incentiven actividades que promueven la producción de trucha arcoíris dentro de los cuerpos de agua del ANP y considerar especies nativas como la trucha aparique y la trucha del yaqui (*Oncorhynchus* sp.) dentro de los programas de producción de alimentos. Los representantes de CONANP, SAGARPA, CONAPESCA, Gobierno del Estado y el Comité de EEI del APFFT deben de trabajar de manera coordinada para que estos cambios resulten en acciones notables que alcanzan los objetivos de desarrollo rural sin afectar los procesos ecológicos y la producción de servicios ambientales del APFFT.

Información técnica para fortalecer capacidades locales

Para aumentar las capacidades del equipo operativo del ANP se cuenta con una línea base de la especie dentro del APFFT, Organización Vida Silvestre A.C. elaboró un diagnóstico de la especie y su situación actual.

Se identificaron las vías de introducción de trucha arcoíris para desarrollar acciones preventivas específicas con el fin de evitar su entrada y establecimiento en los cuerpos de agua naturales del

ANP y su zona de influencia. Las vías de introducción de la trucha arcoíris al APFFT incluyen la introducción directa de la especie por escape de las siete granjas de producción cercanas al APFFT y en algunos casos se han establecido en arroyos de la Cuenca del Yaqui. También se ha introducido intencionalmente a sitios específicos con fines de pesca recreativa y autoconsumo.

Los sitios de introducción identificados son: Ejido Socorro Rivera, Arroyo el 5, propiedad privada “El Manantial”, Ejido Madera, San Isidro de Lomas en Ejido Tomochi, Arroyo Agua Caliente en Bilaguchi y Arroyo Agua Caliente en Ejido Tomochi. La vigilancia de estos puntos debe ser activa para que resulte más eficaz y exitosa por demandar menos esfuerzos y recursos.

Programas de monitoreo

Se recomienda realizar monitoreos bimestrales por parte del equipo técnico de APFFT en los sitios identificados como vías de introducción de la trucha (granjas) y una vez realizado el control, también se monitorean los sitios donde se localizó su presencia en diversos afluentes del Río Papigochi. Estos monitoreos serán similares a los que se describen en el apartado de la metodología para este plan de manejo.

En la tabla 3, se muestra la localización de las granjas acuícolas de trucha arcoíris dentro del área de influencia del APFFT.

Tabla 3. Localización de las granjas acuícolas en la zona de influencia del APFFT (Fuente: elaboración propia OVIS, 2018).

Nombre de la localidad	Latitud	Longitud	Altitud (msnm)
Bilaguchi (Agua Caliente)	28.35196	-107.976	2000
Tomochi (Agua Caliente)	28.372583	-107.686	2105
Madera	29.26719	-108.104	2149
Arroyo el 5	29.28961	-108.188	2353
El Manantial	28.462759	-107.276	2112
Socorro Rivera	29.15953	-108.163	2161
San Isidro de Lomas	28.900519	-107.787	1885

Metodología para monitoreo de trucha arcoíris en ríos del ANP

- En los sitios donde la profundidad del cuerpo de agua lo permita, se colocará una red agallera de 70 m de longitud con bollas en la parte superior para la flotación y plomos en la parte inferior. La luz de malla será de 7 a 12 cm (para adultos). Se procurará ajustar la red a lo ancho del río.
- Detrás de esta se colocará otra con iguales características, difiriendo en la luz de malla, que será de 3 cm (para juveniles).
- Se dejarán una hora y se vigilará permanentemente por un observador dentro del agua.

- En sitios donde la profundidad sea muy poca o en la temporada donde disminuye la altura del agua se utilizará electropesca. En recorridos a contraflujo durante 30 minutos por sitio.
- Se registrará la presencia o ausencia de trucha en la libreta de campo.
- Si se captura un individuo se colectará.

Vigilancia activa

Como parte de este objetivo se hace necesaria la vigilancia a las granjas de trucha ya establecidas dentro del APFFT. Mediante visitas de reconocimiento con personal de APFFT, CONAPESCA Chihuahua, Comité Estatal de Sanidad Acuícola del estado de Chihuahua (CESACHI) y el Departamento de Pesca de Gobierno del Estado de Chihuahua, asegurarse que las instalaciones de las granjas sean competentes en su funcionamiento, impidan escapes en temporada de lluvias y tengan medidas de bioseguridad para evitar la proliferación de enfermedades.

Reconversión productiva por especies nativas

La reconversión de producción de trucha por especies nativas puede implicar resistencia por parte de los productores. Por esta razón serán necesarios incentivos económicos para compra de material biológico o para infraestructura y tecnificación. SAGARPA y Desarrollo Rural del estado son las dependencias que pueden otorgar estos incentivos para la producción.

La mojarra oreja azul (*Lepomis macrochirus*) presenta adaptaciones a un rango amplio de temperaturas. Aunque es considerablemente más pequeña que la trucha arcoíris, tiene ventajas en su producción: su alimentación y manejo no representa un gasto tan elevado como el de la trucha. Y lo más importante, es una especie nativa de México. Puede realizarse un proyecto piloto por parte del departamento de pesca de la Secretaría de Desarrollo Rural del estado de Chihuahua. Promover su venta con etiquetas verdes, incentivar su consumo como amigable al medio ambiente, producto sustentable de la Sierra Tarahumara.

Una opción para evitar alteraciones económicas entre los pobladores de la región (derivado del cambio de producción) puede ser la diversificación de actividades productivas en la zona del APFFT.

- Una actividad es el ecoturismo, Tutuaca posee una gran diversidad de especies de aves y es importante que las comunidades se involucren en actividades de bajo impacto que pueden ser redituables.
- La apicultura es una actividad productiva que puede realizarse dentro del APFFT. Puede hacerse con grupos de comuneros, de manera individual o con grupos vulnerables (indígenas o mujeres). Los gastos para iniciar a producir pueden ser auspiciados por SEMARNAT, Desarrollo Rural del estado o la Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas (CDI), generalmente piden que los productores pongan la mano de obra y el lugar de trabajo. En años recientes, la miel de Áreas Naturales Protegidas es un producto con importante valor para los consumidores.

Bioseguridad y medidas de prevención

Las granjas de trucha arcoíris de la zona son del tipo artesanal, prácticamente sin tecnificación, por lo que las recomendaciones deben de ser adecuadas al tipo de estanques y a los procesos que realizan los productores en cada ciclo de producción.

Como medidas de bioseguridad:

- Se recomienda la desinfección de estanques con cal viva una vez al año, utilizando 80 gr/m², y dejarlos al sol durante una semana. Esta desinfección se hace después de la cosecha.
- La toma de agua y los canales de agua deben ser revisados periódicamente y darles mantenimiento y limpieza cada semana para evitar patógenos.
- Limpiar el equipo de captura y manejo regularmente.
- Adquirir alimento de calidad, certificado y mantenerlo en un lugar seco para evitar su contaminación con hongos.

Se sugiere que en las granjas que operan actualmente dentro del APFFT y su zona de influencia tengan por los menos, las siguientes características en sus instalaciones para evitar escapes accidentales de trucha arcoíris:

- Rejillas de contención de desbaste medio (10-30 mm) entre estanques y rejilla de desbaste grueso (30 -100 mm) en el canal de salida de cada granja.
- Ajustar las rejillas y las alturas de los estanques junto a los cuerpos de agua a una altura extra de 30 cm por encima de la línea del agua, ya que la trucha arcoíris salta hasta 20 cm o más del espejo de agua.
- Registros de seguridad en los canales de salidas de agua sobre el cauce de desagüe como una medida final de contención de escapes de individuos. Estos registros son estructuras construidas con block de 10 x 14 x 28 cm y mortero cemento-arena en una proporción de 1:4; se recomienda que sean cuadrados de 1 m por lado y profundidad de 0.5 m; tienen entrada y salida para tubería de 4" de diámetro. Se llena de piedra que permite el paso del agua, pero no de organismos, reduciendo la posibilidad de escapes (PNUD México, 2017b).

Estas adecuaciones pueden realizarse con algunos apoyos particularmente dentro del programa "Fomento a la Productividad Pesquera y Acuícola" de SAGARPA.



Tabla 4. Acciones preventivas antes de nuevos establecimientos y en la operación de granjas de trucha arcoíris dentro del APFFT (Fuente: Elaboración propia con información de IFC, OVIS, 2018).

Acciones	
Antes del establecimiento	Durante la operación
Realizar una prospección del área, con el objetivo de identificar los hábitats naturales y determinar su importancia en términos de biodiversidad.	Cría de peces estériles.
Garantizar que la zona donde se pretende establecer no sea un hábitat único o protegido ni posea un valor alto en términos de biodiversidad; ni sea importante en procesos ecológicos (reproducción, alimentación).	Instalar y dar mantenimiento regular a rejas de contención, de tamaño adecuado para evitar escapes de las truchas en los canales de drenaje entre estanques y de estos con las aguas receptoras.
Diseñar las instalaciones de manera que permitan conservar el hábitat vegetal natural y minimicen la transformación del hábitat.	Instalación y mantenimiento de presas filtradoras.
Presentar planes de diseño y construcción, con el fin de evitar el abandono o la sustitución de los estanques con diseños o procedimientos de construcción defectuosos. Asegurar que las instalaciones tengan medidas de bioseguridad como mallas, rejas de contención, que sean instalaciones cerradas (recirculación de agua) para evitar escapes.	Diseñar y establecer planes de contingencia en caso de escapes accidentales. Contar con características de bioseguridad para evitar la introducción y/o propagación de enfermedades. Realizar un Análisis de Riesgos y Puntos de Control Críticos (HACCP, por sus siglas en inglés) (PNUD, 2017a)
Considerar la hidrología del área en el diseño de los estanques, garantizar que sean tan altos como para contener el agua del estanque durante la temporada de lluvias.	Diseñar y ajustar sobre la marcha el plan de alimentación con la finalidad de disminuir tanto como sea posible el desaprovechamiento de los alimentos, ya que los alimentos no consumidos aumentan la carga de nutrientes en las aguas de desecho (IFC, 2007).
Implementar medidas de mitigación (restauración de hábitat cuando finalice la operación) y compensación (crear zonas ecológicamente comparables).	

Análisis de Riesgos y Control de Puntos Críticos (HACCP)

Es una metodología que permite identificar, priorizar y reducir riesgos sanitarios y de especies exóticas que pueden afectar las poblaciones de peces (PNUD, 2017a).

Para realizar el plan de bioseguridad mediante un HACCP en cada una de las granjas del APFFT la dirección del APFFT coordinará un equipo para llevar a cabo el análisis de riesgos. Se seguirá la estructura recomendada:

- Realizar un análisis de riesgo. Identificar los peligros en cada paso del proceso de producción de trucha y describir las medidas de prevención para cada uno.
- Identificar los puntos críticos de control (CCP) en el proceso. Se determina al considerar si existe algún mejor punto dentro de la actividad para reducir la especie indeseable, si es así es un punto de control opcional y si no es así, se trata de un punto de control crítico.
- Establecer controles para cada CCP identificado. Medidas estratégicas para prevenir o eliminar los riesgos. Es también factible determinar parámetros como límites en los controles.
- Establecer requisitos de monitoreo de CCP, mediante procedimientos para utilizar los resultados del monitoreo y ajustar el proceso y mantener el control.
- Establecer medidas correctivas. Son procedimientos que buscan restaurar el control en los procedimientos.
- Establecer procedimientos para verificar que el proceso HACCP esté funcionando correctamente. Revisión de los procesos para garantizar el correcto funcionamiento del proceso.
- Establecer procedimientos efectivos de mantenimiento de registros que documentan el proceso HACCP. Para asegurar que se cumplan todas las acciones predeterminadas, si hubo algún imprevisto, acciones correctivas.

Las granjas dentro del APFFT son en su mayoría establecidas de manera artesanal, pero estas acciones preventivas pueden tomarse como una estrategia para evitar que presenten problemas de contaminación por algún patógeno y para disminuir considerablemente la transmisión de enfermedades al medio natural.

El plan de trabajo para este objetivo se describe en la tabla 5.

Tabla 5. Plan de trabajo del objetivo 1 "Prevenir, detectar y reducir el riesgo de introducción, establecimiento y dispersión de trucha arcoíris en el APFFT" (Fuente: Elaboración propia OVIS, 2018).

Objetivo específico	Líneas de acción	Nivel	Actividad	Tiempo	Indicador	Coordinador	Actores clave
Implementar un marco jurídico nacional e internacional para regular la introducción y el manejo de la trucha arcoíris y de aquellas con potencial invasivo.	Revisar y armonizar las políticas de desarrollo económico regional a la luz de los problemas que causa la trucha arcoíris en el APPF Tutuaca. Buscar acuerdos interinstitucionales para disminuir el uso de EEI.	Internacional.	Ejecutar y respetar acuerdos internacionales como CITES.	1 año	Las políticas de desarrollo regional incorporan el tema de especies invasoras y consideran medidas de prevención de entrada y dispersión.	SEMARNAT-CONAPESCA.	Poder legislativo, SEMARNAT, CONAPESCA.
		Nacional.	Fortalecer la disminución de EEI mediante la prohibición de su uso o fomento en programas públicos.				
		Regional.	Lograr un acercamiento entre dependencias federales para acordar la restricción del uso y fomento de EEI en la producción y el desarrollo rural. Por realizar.				
Generar información científica y técnica, relevante, oportuna y accesible, que cree capacidades en diversos sectores para atender las prioridades relacionadas con la problemática de la trucha arcoíris en APFFT.	Establecer línea base sobre la situación de la trucha arcoíris en el APFFT.	Local.	Organización Vida Silvestre A.C. elaboró un diagnóstico de trucha arcoíris en APFFT. <i>Realizada.</i>	1 año	Diagnóstico que permita detectar vacíos de información, determinar prioridades y establecer programas de acción específicos.	APFFT	APFFT, OVIS A.C.
	Generar conocimiento con respecto a la biología de trucha arcoíris, las interacciones con especies nativas y los impactos en los ecosistemas.	Nacional	Investigaciones científicas para apoyar los programas de producción de alimentos y conservación ambiental.	Permanente	Análisis de riesgo basados en información científica actualizada. Programas de restauración	APFFT	CONANP DRNYSMO, APFFT

		Local	Organización Vida Silvestre A.C. elaboró un diagnóstico de trucha arcoíris en APFFT en el que se abordaron estos puntos. <i>Realizada.</i>	Concluido	adecuados para las actividades de control y erradicación de trucha arcoíris. Valoración de los impactos que causa la tilapia en APFFT.		
	Desarrollar y establecer acuerdos entre diversas instituciones y actores para la generación de nueva información sobre la trucha arcoíris y su difusión.	Local	Por medio del Comité de Especies Exóticas Invasoras del APFFT acordar criterios de difusión de nueva información sobre trucha arcoíris. <i>Por realizar.</i>	Permanente	Estándares para el manejo de información sobre trucha arcoíris.	APFFT	CONANP DRNYSMO, APFFT, Sistema Producto Trucha de Chihuahua, UACH
Identificar y vigilar las vías de introducción y dispersión de trucha arcoíris en APFFT.	Identificar y analizar los puntos de introducción y rutas de movilización.	Local	OVIS A.C. identificó los sitios de introducción en afluentes del Río Papigochi, Cuenca del Río Yaqui y las granjas aledañas al APFFT. <i>Realizada.</i>	Concluido	Información base de las principales vías de introducción y dispersión de trucha arcoíris por actividades humanas.	APFFT	CONANP DRNYSMO, APFFT
	Identificar y analizar las actividades productivas de alto riesgo.	Local	OVIS A.C. determinó la acuicultura como la principal. <i>Realizada.</i>	Concluido	Información base sobre el riesgo relacionado con las actividades humanas.	APFFT	CONANP DRNYSMO, APFFT
	Evaluar la infraestructura y capacidades existentes para la vigilancia de vías de introducción y dispersión, identificar vacíos y reforzar acciones de vigilancia.	Local	Capacitación técnica a personal de APFFT para realizar monitoreos. <i>Por realizar.</i>	6 meses	Infraestructura y capacidades de vigilancia de vías de introducción coordinadas y adecuadas al manejo del problema.	APFFT	CONANP DRNYSMO, APFFT

Estandarizar y operar los mecanismos y protocolos de prevención, para reducir el riesgo de introducción, establecimiento y dispersión de trucha arcoíris en el APFFT.	Establecer programas de monitoreo sistemático y estandarizado.	Local	Monitoreos bimestrales en los siguientes puntos: Ejido Socorro Rivera, Arroyo el 5, propiedad privada “El Manantial”, Ejido Madera, San Isidro de Lomas, Arroyo Agua Caliente en Bilaguchi y Arroyo Agua Caliente en Ejido Tomochi. <i>Por realizar.</i>	Por lo menos 1 año después de las acciones de control.	Sitios clave de alto riesgo de entrada y dispersión de trucha arcoíris monitoreados y vigilados.	APFFT	APFFT
	Promover y dar seguimiento a los mecanismos de participación social/comunitaria en actividades de vigilancia.	Local	Integración de brigadas de vigilancia comunitaria. Capacitación a brigadistas sobre la identificación de la especie. <i>Por realizar.</i>	1 año	Fortalecimiento de las acciones de monitoreo y detección temprana y generación de información.	APFFT	CONANP DRNYSMO, APFFT
Sustituir la trucha arcoíris por especie (s) nativa (s) o de menor riesgo.	Armonizar los programas sectoriales en materia de especies invasoras mediante acuerdos entre instituciones de gobierno.	Regional	Taller participativo con instituciones de gobierno para sensibilizar sobre EEI. <i>Realizado uno en noviembre 2017 (Anexo 1).</i> Acuerdos para disminuir el uso/aprovechamiento de tilapia en APFFT y zona de influencia. <i>Por realizar.</i>	1 año	Programas sectoriales con una visión unificada sobre la problemática de las especies invasoras.	APFFT- Gobierno del Estado	CONANP DRNYSMO, CONAPESCA Chihuahua, Gobierno del Estado.
	Identificar y desarrollar paquetes tecnológicos de especies nativas susceptibles de reemplazar a la trucha arcoíris como especie productiva.	Regional	Promover el uso de especies nativas (como opción trucha aparique) en la producción acuícola. <i>Por realizar.</i> Buscar opciones de financiamiento para producto con valor agregado (comercio justo, producción comunitaria, etiquetas verdes) <i>Por realizar.</i>	1 año	Reducción de uso de trucha arcoíris en proyectos productivos.	APFFT- Gobierno del Estado	CONANP DRNYSMO, CONAPESCA Chihuahua, Gobierno del Estado.
Aplicar permanentemente medidas de bioseguridad y sanitarias en la introducción, manejo y	Establecer lineamientos de “buenas prácticas” certificaciones y medidas de bioseguridad para las actividades relacionadas con el	Regional	Visitas del personal CONAPESCA y Desarrollo Rural del Estado para vigilar la ejecución de medidas de bioseguridad en la producción	Permanente	Las actividades que incluyen el uso, introducción, comercialización	APFFT	CONANP DRNYSMO, CONAPESCA Chihuahua, Sistema

uso de trucha arcoíris.	uso, comercio o movimientos de trucha arcoíris. Realizar Análisis de Riesgos y Puntos de Control Críticos (HACCP, por sus siglas en inglés) (PNUD, 2017a)		acuícola dentro del ANP. <i>Por</i> realizar. Asesoría permanente de CONAPESCA a productores acuícolas. <i>Se realiza.</i>		o movimientos de trucha arcoíris incorporan medidas de buenas prácticas, códigos de conducta voluntarios, certificaciones verdes y medidas de bioseguridad que reducen el riesgo de ingreso, establecimiento y dispersión de la especie en el APFFT.		Producto Trucha Chihuahua, Gobierno del Estado.
-------------------------	--	--	---	--	--	--	---

7.2 Establecer programas de control y erradicación de poblaciones de trucha arcoíris que minimicen o eliminen sus impactos negativos y favorezcan la restauración y conservación de los ecosistemas.

Con la información contenida en el diagnóstico, es decir, con la ubicación puntual de los sitios donde se localizó a la especie, se diseñó el programa para el control y la erradicación de la especie. Por los resultados generados en campo, aún es posible contener y hasta erradicar la presencia de trucha arcoíris en los cuerpos de agua naturales del APFFT. Se recomienda un control por extracción directa y/o mediante trampas específicas, principalmente métodos selectivos a la especie, prácticos y resulten ser eficaz en el monitoreo previo. Las acciones de control se realizarán donde se encontraron individuos de trucha arcoíris: en Ejido Socorro Rivera, arroyo el 5, propiedad privada “El Manantial”, Ejido Madera, San Isidro de Lomas, Arroyo Agua Caliente en Bilaguchi y Arroyo Agua Caliente en Ejido Tomochi, ya que se consideran que son clave para evitar la propagación de la trucha y su consecuente ingreso al APFFT (figura 7).

El programa para el control de trucha arcoíris se propone con la siguiente estructura y metodología:

1. Analizar y priorizar sitios. En esta fase se ubicaron los sitios del ANP con presencia de trucha arcoíris, se tomaron datos de ubicación, registro fotográfico del sitio y características generales del sitio.
2. Establecer actividades. Se determinaron los sitios a trabajar. Se propone formar brigadas de control de trucha con técnicos de APFFT y personas de las comunidades cercanas. Se eligen las técnicas y herramientas de captura, para trucha arcoíris además de la electropesca, se utilizarán trampas para trucha, redes agalleras y anzuelos.
3. Control y erradicación. Con base en lo realizado por FMCN-CONANP (2013) la técnica a utilizar será la siguiente:
 - a) Instalar de trampas en el río: introducir las trampas a una profundidad menor a 1.5 metros durante una hora.
 - b) Sacar la trampa después de una hora y contar los peces capturados, los peces nativos se regresan al río.
 - c) Contar las truchas arcoíris capturadas y llenar el formato de registro.
 - d) Continuar con el trampeo de peces, durante cinco horas al día.
 - e) En lugares donde no sea posible utilizar las trampas, se usarán las redes y anzuelos: con esfuerzos de muestreo de 10 a 20 minutos por punto. Se registrarán las truchas extraídas.
4. Monitoreo biológico. El monitoreo se realizará de manera bimestral después de haber concluido las acciones de control y erradicación, personal de APFFT y algunos habitantes de las comunidades cercanas serán los que realicen este monitoreo. Se va a registrar de manera sistemática la presencia/ausencia de trucha arcoíris en los sitios manejados. La metodología se describe en el objetivo anterior (programas de monitoreo). Se considera importante integrar a los pobladores y comuneros en las brigadas de vigilancia y monitoreo biológico. Una manera de involucrarlos es mediante un Programa de Monitoreo Biológico en Áreas Naturales Protegidas (PROMOBI) de CONANP, que tiene como objetivo contribuir a la generación de información sobre el estado de conservación de las especies, y puede ser aplicado a monitoreo biológico de especies exóticas invasoras.

Tabla 6. Plan de trabajo del objetivo 2 "Establecer programas de control y erradicación de poblaciones de trucha arcoíris que minimicen o eliminen sus impactos negativos y favorezcan la restauración y conservación de los ecosistemas" (Fuente: Elaboración propia OVIS, 2018).

Objetivos específicos	Líneas de acción	Nivel	Actividad	Tiempo	Indicador	Coordinador	Actores clave
Acordar prioridades para el control o erradicación de trucha arcoíris en APFFT.	Asegurar que el programa de control y erradicación incorpore acciones de conservación de la biodiversidad, seguridad alimentaria y productividad agrícola, mantenimiento de servicios ecosistémicos y mejoramiento de la calidad de vida de las comunidades.	Local	Se hacen sugerencias en este plan de manejo y control de trucha arcoíris. <i>Realizada.</i>	1 año	Enfoque holístico en los programas de control y manejo de trucha arcoíris.	APFFT	CONANP, UACH, OVIS A.C., Sistema Producto Trucha Chihuahua.
Diseñar y operar programas y planes de acción para la erradicación, manejo de trucha arcoíris y mitigación de sus impactos.	Desarrollar lineamientos para el manejo, control, erradicación y mitigación de daños de trucha arcoíris dentro del ANP.	Local	Se plantean en este plan de manejo y control. <i>Realizada.</i>	1 año	Lineamientos de acción específicos e identificación de responsables para la atención efectiva de trucha arcoíris.	APFFT	CONANP APFFT
	Incrementar la capacidad de respuesta de las autoridades para las actividades de control y vigilancia.	Local	Curso de capacitación a personal técnico de APFFT en técnicas de control y vigilancia activa. <i>Realizada.</i>	6 meses	Autoridades informadas sobre la problemática de la trucha arcoíris y capaces de responder de manera efectiva y puntual.	APFFT	CONANP DRNYSMO y APFFT
	Establecer acciones de monitoreo en áreas donde se han realizado acciones de control.	Local	Diseño del monitoreo. <i>Realizada.</i> Familiarización de técnicos y brigadistas con él. Por realizar. Implementación una vez iniciadas las actividades de control señaladas. <i>Por realizar.</i>	1 año	Acciones de control y erradicación, medidas y evaluadas, que mejoren y adapten las prácticas de manejo y así evitar nuevos brotes o dispersiones. La información permite actualizar las distribuciones y detectar oportunamente efectos no deseados.	APFFT	CONANP APFFT
Diseñar y ejecutar	Desarrollar mecanismos (material de	Local	Invitar directamente a	Permanente	Redes de intercambio	APFFT	CONANP

<p>mecanismos e iniciativas para que la sociedad civil se integre de forma organizada a los esfuerzos de prevención, control y erradicación de trucha arcoíris en APFFT.</p>	<p>divulgación y capacitación) para que la sociedad en su conjunto identifique rápidamente y registre a la trucha arcoíris como especie invasora.</p>		<p>pobladores a informar a autoridades de la presencia de trucha arcoíris. <i>Por realizar.</i></p> <p>Capacitación a habitantes donde se muestre la especie y elaboración de material de difusión sobre las amenazas de esta. Promover la utilización de la plataforma Naturalista para registrar la presencia de la especie dentro del ANP. <i>Por realizar.</i></p> <p>Fortalecer la confianza con personal de la dirección del APFFT. <i>Por realizar.</i></p> <p>Accesibilidad del personal del ANP. <i>Por realizar.</i></p>		<p>de información y documentación del registro de trucha arcoíris en el ANP.</p> <p>Incremento de las capacidades de monitoreo y vigilancia.</p> <p>Procedimiento ágil y transparente para denunciar la introducción de trucha arcoíris al ANP.</p>		<p>DRNYSMO, APFFT CONAPESCA Chihuahua, OVIS A.C.</p>
	<p>Establecer y promover incentivos positivos (empleo temporal, talleres didácticos de educación ambiental) para promover la participación social.</p>	Local	<p>Programas de Empleo Temporal en medidas de control. <i>Por realizar.</i></p>	Permanente	<p>Integración coordinada de determinados sectores de la población al esfuerzo del gobierno para combatir la invasión de trucha arcoíris al ANP.</p>	APFFT	<p>CONANP DRNYSMO, APFFT Gobierno del Estado, CONAPESCA Chihuahua.</p>

7.3 Informar oportuna y eficazmente a la sociedad para que asuma responsablemente las acciones a su alcance en la prevención, control y erradicación de trucha arcoíris en el APFFT.

La optima difusión de la información es la acción fundamental de este objetivo. Dar a conocer las amenazas y los impactos que tiene la trucha arcoíris a la biodiversidad, a los servicios ecosistémicos y a la economía; también las medidas para prevenir su introducción.

Audiencias clave

Esta difusión debe adecuarse a diversos grupos de audiencia, para que la información llegue de manera clara, oportuna, contundente y a diferentes niveles. Como grupos focales se identificaron a servidores públicos en los tres niveles de gobierno, productores acuícolas, estudiantes y habitantes de las comunidades dentro del APFFT.

Material de divulgación

Elaborar diversos recursos materiales de difusión y sensibilización como guías de identificación de la especie, trípticos informativos, carteles, señalética; todos estos materiales con información técnica actualizada de la especie y contenidos que puedan ser asimilados por diferentes audiencias.

Adecuar para la situación local y difundir el “Manual para el Acuicultor de Mejores Prácticas para el Manejo y Producción de Trucha Arcoíris, aplicable para las localidades del Municipio de Amanalco, Estado de México” generado en el marco del proyecto GEF-Invasoras (PNUD México, 2017b).

Utilizar estos materiales al desarrollar actividades de capacitación y educación ambiental como talleres y cursos a diversos niveles académicos. Promover y desarrollar talleres formativos que brinda CONABIO para capacitar sobre el uso activo de la plataforma Naturalista.

Campaña de educación ambiental

Realizar una campaña de educación ambiental dentro del APFFT dirigida a los actores clave mencionados arriba. Durante esta campaña distribuir los materiales informativos y de divulgación elaborados. La dirección del APFFT tendrá una importante participación para promover y reforzar su imagen de figura ambiental; fortalecer la relación con los habitantes de las comunidades para favorecer que identifiquen y reporten nuevos establecimientos de la especie.

Asegurarse que la información sea clara y se encuentre disponible para los diferentes grupos focales que forman parte de la sociedad involucrada en el APFFT. CONABIO puede brindar pláticas informativas en referencia al proyecto de EEI a nivel nacional y resaltar la importancia del ANP en este proyecto.

El plan de trabajo propuesto para este objetivo se describe en la tabla 7.

Tabla 7. Plan de trabajo del objetivo 3 "Informar oportuna y eficazmente a la sociedad para que asuma responsablemente las acciones a su alcance en la prevención, control y erradicación de la trucha arcoíris en el APFFT" (Fuente: Elaboración propia OVIS, 2018).

Objetivos específicos	Líneas de acción	Nivel	Actividad	Tiempo	Indicador	Coordinador	Actores clave
Difundir a grupos clave y autoridades, las amenazas e impactos que la trucha arcoíris ocasiona a la biodiversidad, los servicios ecosistémicos y la salud; así como las medidas para su prevención y control.	Revisar los materiales generados durante el proyecto y adaptarlos al APFFT. Diseñar y distribuir material de difusión y educación sobre trucha arcoíris.	Regional	Elaboración de carteles, trípticos y guías de identificación de trucha y divulgarlos en comunidades del ANP y edificios gubernamentales. <i>Por realizar.</i>	1 año	Información clara, contundente y basada en la mejor información científica disponible, distribuida en los diferentes sectores y niveles.	APFFT	CONANP, Gobierno del Estado, OVIS A.C, Profauna.
	Capacitar al personal gubernamental en los tres niveles, en las distintas vertientes de los problemas que causa la trucha arcoíris.	Regional	Talleres de capacitación con información actualizada sobre la trucha en el APFFT dirigido a personal de instituciones gubernamentales de desarrollo rural. <i>Realizado en noviembre 2017.</i>	1 año	Mayor entendimiento, capacidad de soporte y participación en esfuerzos de prevención, control y erradicación.	APFFT	CONANP, OVIS A.C, Profauna.
	Capacitar a los productores en aspectos de prevención y bioseguridad en el manejo de trucha arcoíris.	Regional	Solicitar capacitación y asesoría constante por parte de personal de CONAPESCA Chihuahua y CESACHI a productores acuícolas locales. <i>Se realiza.</i>	1 año	Prácticas de manejo, producción y comercialización de trucha arcoíris que cumplen con los requerimientos de bioseguridad y prevención.	APFFT	CONANP, CONAPESCA Chihuahua, Sistema Producto Trucha Chihuahua.
	Diseñar y llevar a cabo campañas de educación a diferentes niveles.	Local	Charlas y talleres participativos con productores acuícolas. Pláticas con alumnos de primarias y secundarias sobre los riesgos de las EEI. Campaña de difusión de EEI en radio local. <i>Por realizar.</i>	1 año	La población, grupos clave y autoridades están informados y atentos al problema de la trucha arcoíris como especie invasora, apoyan los esfuerzos de prevención, control y erradicación.	APFFT	CONANP, OVIS A.C., Profauna.
Elaborar guías informativas y de identificación de trucha arcoíris, actualizadas y	Desarrollar herramientas para la consulta de información de trucha arcoíris desde diferentes medios (carteles, folletos,	Local	Diseño de campaña de identificación de trucha como EEI: Cartel con descripción de la especie, folleto con información de los impactos a	1 año	La información sobre trucha arcoíris como especie invasora es accesible fácilmente en diferentes formatos y para	APFFT	CONANP, UACH, OVIS A.C., Profauna.

accesibles para el personal asociado a las vías de introducción y dispersión.	guías, internet) y su identificación rápida.		los ecosistemas locales, guía con datos e imágenes para identificación. Video informativo de trucha en las redes sociales del APFFT. <i>Por realizar.</i>		diferentes sectores. Se cuenta con herramientas para la identificación de trucha arcoíris en puntos de entrada o dispersión.		
Establecer y consolidar redes interinstitucionales e interdisciplinarias para el apoyo y la ejecución de programas de educación y divulgación sobre trucha arcoíris como especie invasora.	Implementar mecanismos de cooperación interinstitucional como foros, congresos y talleres que involucren a especialistas en las acciones de investigación, educación y difusión relacionadas con las especies invasoras.	Regional	Participación del Comité de EEI del APFFT como apoyo en las campañas de educación y divulgación de las EEI en Tutuaca. <i>Por realizar.</i>	Permanente	Labores de educación y difusión sobre trucha arcoíris, respaldadas por información científica generada por grupos interdisciplinarios de especialistas.	APFFT	CONANP DRNYSMO, UACH, INIFAP, Sistema Producto Trucha de Chihuahua.

8 Recomendaciones adicionales

De acuerdo con los resultados en campo, la presencia de especies como la carpa (*Cyprinus carpio*) resultaron más amenazantes para las poblaciones de peces nativos. Existe mayor presencia de carpa y sus poblaciones están distribuidas más ampliamente dentro del APFFT. Por lo que se hace la recomendación de que este plan de manejo y control se aplique, con ajustes específicos, a la población de carpa.

9 Referencias bibliográficas

Abadía-Cardoso, A., Garza, J. C., Mayden, R. L. & García-DeLeón, F. J. 2015. Genetic structure of Pacific trout at the extreme southern end of their native range. *PLoS ONE* 10(10): e0141775.

Álvarez-Torres, P., Ramírez, C. & Orbe, A. 1999. Desarrollo de la acuicultura en México y perspectivas de la acuicultura rural. Red de acuicultura rural en pequeña escala.

Behnke, R. J. 1992. *Native trout of western North America*. American Fisheries Society. Monograph 6. ISBN: 978- 0913235782.

Behnke, R. J. & Tomelleri, J. R. 2002. *Trout and Salmon of North America*. The Free Press. New York, New York. 384 p.

Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras. 2010. *Estrategia nacional sobre especies invasoras en México, prevención, control y erradicación*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Comisión Nacional de Áreas Protegidas, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México. 91 p.

CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 2017. Sistema Nacional de Información Sobre Biodiversidad (SNIBCONABIO). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Ciudad de México. Consultado en SNIB-CONABIO en junio de 2017.

CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). 2015. Atlas del Agua en México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 135 p.

CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas). 2014. *Programa de Manejo Área de Protección de Flora y Fauna Tutuaca*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México. 156 p.

CONAPESCA (Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca). 2014. *Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca. Edición 2013*. SAGARPA. México. 295 p.

D.O.F. (Diario Oficial de la Federación). 2001. Acuerdo Secretarial mediante el cual se recategoriza la Reserva Forestal Nacional y Zona de Refugio de la Fauna Silvestre Tutuaca, como Área de Protección de Flora y Fauna Tutuaca, ubicada en el Estado de Chihuahua. Jueves 27 de diciembre de 2001.

DeBano L. & Folliott, P. 1994. The Sky Island Conference: Looking Back, Looking Ahead. In: *Biodiversity and Management of the Madrean Archipelago: The Sky Islands of Southwestern United States and Northwestern Mexico*. Tucson, Arizona.

Dunham, J. B., Pilliod, D. S. & Young, M. K. 2004. Assessing the consequences of nonnative trout in headwater ecosystems in western North America. *Fisheries*. 29(6): 18-26.

Ecosistemas y Medio Ambiente Sierra Madre, S.C. 2009. *Estudio Regional Forestal "Unidad de Manejo Forestal Babícora Casas Grandes A.C"*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Comisión Nacional Forestal, Gobierno del Estado de Chihuahua. Clave 08-01. 247 p.

Escalante, M. A., García-de-León, F. J., Dillman, C. B., De los Santos, A., George, A. & Barriga-Sosa, I. A. 2016. Introgresión genética de la trucha arcoíris exótica en poblaciones de trucha dorada mexicana. En: Ruíz-Luna, A. & García-De León, F. J. (eds). *La trucha dorada mexicana*. 2016. CIAD-CONACYT-CIB. México. 125-136 pp. ISBN: 978-607-7900-26-9

Espinosa-Pérez, H. 2014. *Protocolo de muestreo de peces en aguas continentales para la aplicación de la Norma de Caudal Ecológico (NMX-AA-159-SCFI-2012)*. Programa Nacional de Reservas de Agua. Comisión Nacional del Agua, Fondo Mundial para la Naturaleza México. 29 p.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2009. *Oncorhynchus mykiss*. In: Cultured Aquatic Species Fact Sheets. Fecha de consulta: 12 de diciembre de 2017 en: http://www.fao.org/tempref/FI/DOCUMENT/aquaculture/CulturedSpecies/file/es/es_rainbowtrout.htm

Fick, S. E. & Hijmans, R. J. 2017. Worldclim 2: New 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*. 37(12) 4302-4315.

FMCN-CONANP (Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas). 2015. *Protocolo para el control y erradicación de la Tilapia Azul (Oreochromis aureus)*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México. 19 p.

Frimodt, C. 1995. *Multilingual illustrated guide to the world's commercial cold water fish*. Fishing News Books. Osney Mead. Oxford, England. 215 p.

Gall, G. & Crandell, P. A. 1992. The rainbow trout. *Aquaculture*. 100:1-10.

GISD (Global Invasive Species Database). 2018. Species profile: *Oncorhynchus mykiss*. Fecha de publicación: 04 de octubre de 2010. Fecha de consulta: 10 de noviembre de 2017. <http://www.iucngisd.org/gisd/species.php?sc=103>

Hendrickson, D., Espinosa, H., Findley, L., Forbes, W., Tomelleri, J., Mayden, Nielsen, J., Jensen, Ruiz, G., Varela, A., Van der Heiden, A., Camarena, F. & Garía, F. 2002. Mexican native trouts: a review of their history and current systematic and conservation status. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 12: 273–316.

Hendrickson, D. A., Neely, D. A., Mayden, R., Anderson, K., Brooks, J. E., Camarena-Rosales, F., Cutter, R., Cutter, L., De los Santos, A. B., Ernsting, G. W., Espinosa-Pérez, H., Findley, L. T., García de León, F. J., George, A., Hatch, J., Kuhajda, B. R., Mayden, K., Mcnyset, K., Nielsen, J. L., Pfeifer, F. W., Propst, D. L., Ruiz Campos, G., St. Clair, E., Tomelleri, J. R. & Varela, A. 2006. "Conservation of Mexican native trout and the discovery, status. Protection and recovery of the Conchos trout, the first native". Páginas 162- 201. In: Lozano-Vilano, M.L. and A. J. Contreras-Balderas (Eds.) *Studies of North American desert fishes in honor of E.P. (Phil) Pister, Conservationist*. Universidad Autónoma de N.L., Monterrey, México 208 p.

IFC (Corporación Financiera Internacional- Grupo del Banco Mundial). 2007. *Guía sobre medio ambiente, salud y seguridad para la acuicultura*. Corporación Financiera Internacional- Grupo del Banco Mundial. 23 p.

Kottelat, M. & Freyhof, J. 2007. *Handbook of European freshwater fishes*. Publications Kottelat, Cornol and Freyhof. Berlín. 646 p. ISBN: 978-2-8399-0298-4

Lowe, S., Browne, M., Boudjelas, S. & De Poorter, M. 2004. *100 de las Especies Exóticas Invasoras más dañinas del mundo. Una selección del Global Invasive Species Database*. Publicado por el Grupo Especialista de Especies Invasoras (GEEI), un grupo especialista de la Comisión de Supervivencia de Especies (CSE) de la Unión Mundial para la Naturaleza (UICN), 12 p. Primera edición, en inglés, sacada junto con el número 12 de la revista Aliens. Diciembre 2000. Versión traducida y actualizada en noviembre 2004.

Mayden, R. 2005. Final Report. Biodiversity of Native Mexican Trout (Genus *Oncorhynchus* spp.) and The Impending Treat of Their Demise by The Exotic Rainbow Trout *O. mykiss gairdneri* (Teleostei: Salmonidae). DEB 0240184. 33 p. Disponible en:

http://bio.slu.edu/mayden/truchas/NSF_trout_final_report.pdf

Mendoza R., Luna, S., Gómez, Y., Álvarez, P. & Sánchez, F. 2014. Análisis de vías de introducción: especies acuáticas invasoras en el golfo de México. En: R. Mendoza y P. Koleff (coords.), *Especies acuáticas invasoras en México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, pp. 135-154.

Mendoza, M. 1994. *Manual de capacitación para productores de trucha arco iris*. FIRA-Banco de México. México D.F., México, 18 p.

Milanovich, J. R., Peterman, W. E., Nibbelink, N. P. & Maerz, J. C. 2010. Projected loss of a salamander diversity hotspot as a consequence of projected global climate change. *PLoS ONE* 5(8): e12189

Naranjo, E. J. & Dirzo, R. 2009. Impacto de los factores antropogénicos de afectación directa a las poblaciones silvestres de flora y fauna. En: Dirzo, R., González, R. & March, I.J. (comps). *Capital natural de México. Vol II: Estado de conservación y tendencias de cambio*. CONABIO, México. Pp.247-276.

Naturalista. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Disponible en: <http://www.naturalista.mx/>

Phillips, S. J., Dudík, M. & Schapire, R. E. 2018. Maxent software for modeling species niches and distributions (Version 3.4.1). Fecha de acceso: 01 de febrero de 2018. Disponible en:

http://biodiversityinformatics.amnh.org/open_source/maxent/

Pimentel, D., McNair, S. & Janecka, J. 2001. Economic and environmental threats of alien plant, animal and microbe invasions. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 84: 1-20.

Pimentel, D., Zúñiga, R. & Morrison, D. 2005. Update on the environmental and economic costs associated with alien-invasive species in the United States. *Ecological Economics* 52: 273-288.

PNUD México (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo) 2017a. Desarrollo de una propuesta técnica entre los productores para minimizar el riesgo de dispersión de Especies

Exóticas Invasoras (EEI) en el sector acuícola del estado de Morelos. Mendoza Alfaro, R., S. Luna, L. Álvarez González y R. Maciel de la Garza. 326 p.

PNUD México (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo). 2017b. Plan de Mejores Prácticas para el Manejo y Producción de Trucha Arcoíris, aplicable para las localidades del Municipio de Amanalco, Estado de México. Proyecto GEF 00089333 “Aumentar las capacidades nacionales para manejar las especies exóticas invasoras a través de la implementación de la Estrategia Nacional de Especies Invasoras”. Gallardo-Ángeles, M., Ortega Peña, J R. y B. Arriaga Cardona. BIO-Ambiental, Puebla, México. 39 pp + 2 de Anexos.

PNUD México (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo). 2018. Servicio de consultoría para establecer un Subconsejo y un Comité de Especies Exóticas Invasoras en las Áreas Naturales Protegidas: Sierra de Álamos-Río Cuchujaqui y Tutuaca, respectivamente. En el marco del proyecto GEF 00089333 “Aumentar las capacidades de México para manejar especies exóticas invasoras a través de la implementación de la Estrategia Nacional de Especies Invasoras”. Rodríguez-Medina, R., J. J. Flores-Martínez, M. Pérez-Cabral & V. Sánchez-Cordero. Ciencia y Comunidad por la Conservación, A.C. Ciudad de México, México.

Reyes-Cortés, I. A., Reyes-Cortés, M. & Oviedo-García, A. 2014. Geología. En: *La Biodiversidad en Chihuahua: Estudio de Estado*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 26-39 p.

Ricciardi, A. & Rasmussen, J. B. 1999. Extinction rates of North American freshwater fauna. *Conservation Biology* 13 (5): 1220-1222.

Ruiz-Luna, A., Hernández-Guzmán, R., García-De León, F. J. & Ramírez-Huerta, A. L. 2017. Potential distribution of endangered Mexican golden trout (*Oncorhynchus chrysogaster*) in the Rio Sinaloa and Rio Culiacan basins (Sierra Madre Occidental) based on landscape characterization and species distribution models. *Environmental Biology of Fishes*. 100(8) 981-993.

Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Editorial Limusa. México. 432 p.

SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación) Delegación Estatal Puebla. 2016. Siembra SAGARPA reproductores de trucha arcoíris para repoblar el Río Apulco. Fecha de publicación: 29 de enero de 2016. Fecha de consulta: 30 de marzo de 2018. <https://www.gob.mx/sagarpa/puebla/es/articulos/siembra-sagarpa-reproductores-de-trucha-arcoiris-para-repoblar-el-rio-apulco?idiom=es>

Scott, W.B. & Crossman, E. J. 1973. *Freshwater fishes of Canada*. Department of Fisheries and Oceans. Fisheries Research Board of Canada. Bulletin 173.

Searcy, C. A. & Shaffer, H. B. 2014. Field validation supports novel niche modeling strategies in a cryptic endangered amphibian. *Ecography*. 37: 983-992.

Sutton, W. B., Barret, K., Moody, A. T., Loftin, C. S., de Maynadier, P. G. & Nanjappa, P. 2015. Predicted changes in climatic niche and climatic refugia of conservation priority salamander species in the Northeastern United States. *Forest*. 6: 1-26.

Vié, J. C., Hilton-Taylor, C. & Stuart, S. N. 2009. *Wildlife in a changing world- An analysis of the 2008 IUCN red list of threatened species*. IUCN. Gland, Suiza.