

Proyecto GEF-PNUD 089333 “Aumentar las capacidades nacionales para el manejo de las especies exóticas invasoras (EEI) a través de la implementación de la Estrategia Nacional”

Desarrollo de la línea base para la planeación del manejo efectivo de las EEI en la Reserva de la Biosfera El Vizcaíno

- Plan de manejo y control de tilapia panza roja (*Tilapia zillii*) –

Septiembre 2016

Entidad consultora: Costa Salvaje



Al servicio
de las personas
y las naciones

Cita de este documento

Celaya Delgado Sergio Alejandro, Martínez Vázquez Francisco de Jesús, Ruiz Campos Gorgonio, García Gutiérrez Cesar, Yáñez Arenas Carlos Alberto, Cuebas Montaña Daniel Albino y Nájera Hillman Eduardo. 2016. Desarrollar la línea base para la planeación del manejo efectivo de las EEI en la Reserva de la Biosfera El Vizcaíno: Plan de Manejo y Control de Especies Exóticas Invasoras en la Reserva de la Biosfera el Vizcaíno: Tilapia (*Tilapia zillii*) dentro del proyecto GEF 00089333 “Aumentar las capacidades de México para el manejo de las Especies Exóticas Invasoras a través de la implementación de la Estrategia Nacional de Especies Exóticas Invasoras”. Costa Salvaje, Ensenada, B.C., México.

**SERVICIO DE CONSULTORÍA PARA DESARROLLAR LA LÍNEA BASE PARA LA PLANEACIÓN DEL MANEJO EFECTIVO
DE LAS EEI EN LA RESERVA DE LA BIOSFERA EL VIZCAÍNO”**

C A S O : TILAPIA PANZA ROJA (*TILAPIA ZILLII*).



COSTASALVAJE, A. C.

PRODUCTO 4:

PROGRAMA DE MANEJO Y CONTROL DE ESPECIES EXOTICAS INVASORAS EN LA RESERVA
DE LA BIOSFERA EL VIZCAINO: CASO TILAPIA PANZA ROJA (*TILAPIA ZILLII*).



CONTENIDO

1.- INFORME.....	2
2.- INTRODUCCIÓN	2
3.- CONTEXTO DEL PLAN DE MANEJO	3
4.- ANTECEDENTES.....	4
4.1.- BIOLOGÍA DE LA ESPECIE	4
4.2.- ESTRATEGIAS DE ADAPTACIÓN	6
4.3.- DISTRIBUCIÓN.....	6
4.4.- USOS Y APROVECHAMIENTO.....	7
5.- MÉTODO DE EVALUACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DE TILAPIA PANZA ROJA (TILAPIA ZILLII) EN LA REBIVI.....	8
5.1.- DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	8
5.2.- EVALUACIÓN DE LA POBLACIÓN DE TILAPIA PANZA ROJA (TILAPIA ZILLII)	10
5.3.- MODELACIÓN DE LA FAVORABILIDAD AMBIENTAL Y DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE TILAPIA PANZA ROJA (TILAPIA ZILLII) EN LA REBIVI	14
6.- DIAGNOSTICO Y/O RESULTADOS	15
6.1.- DISTRIBUCIÓN Y ABUNDANCIA DE TILAPIA PANZA ROJA (TILAPIA ZILLII) EN LA REBIVI.....	15
7.- PLAN DE MANEJO Y CONTROL Y/O ERRADICACIÓN DE TILAPIA PANZA ROJA (TILAPIA ZILLII) EN LA REBIVI.....	22
7.1.- LÍNEA DE ACCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN, MONITOREO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN DE LA POBLACIÓN INVASORA DE TILAPIA PANZA ROJA (TILAPIA ZILLII) EN LA REBIVI.....	23
7.2.- LÍNEA DE ACCIÓN DEL MANEJO Y CONTROL DE LA POBLACIÓN INVASORA DE TILAPIA PANZA ROJA (TILAPIA ZILLII) EN LA REBIVI.	25
7.3.- LÍNEA DE ACCIÓN PARA INFORMAR Y DIVULGAR OPORTUNA Y EFICAZMENTE A LA SOCIEDAD DE LA REBIVI DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DE TILAPIA PANZA ROJA (TILAPIA ZILLII).....	31
8. - RECOMENDACIONES	35
9. - REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	35

1.- Informe

Informe final que corresponde al producto 4 de los términos de referencia del proyecto: “Consultoría para desarrollar la línea base para la planeación del manejo efectivo de las EEI en la Reserva de la Biosfera El Vizcaíno”. Caso, tilapia (*Oreochromis niloticus*).

2.- Introducción

Una de las mayores amenazas para la biodiversidad es la introducción, intencional o accidental, de especies exóticas (no nativas) que desarrollan un comportamiento invasivo, desplazando a especies nativas y causando graves daños a los ecosistemas. Estos incluyen desequilibrios ecológicos entre las poblaciones silvestres, cambios en la estructura y composición de las comunidades, así como en su funcionamiento, pérdida de poblaciones silvestres, degradación de la integridad ecológica de ecosistemas acuáticos, tanto marinos como epicontinentales, reducción de la diversidad genética y transmisión de enfermedades que afectan la salud humana y la flora y fauna silvestres (CONABIO, 2016).

Este pudiera ser el caso de los oasis de la Reserva de la Biosfera El Vizcaíno (ReBiVi), localizados dentro de la Subcuenca Hidrológica “Laguna San Ignacio” en la porción Sur de la Reserva. En ellos, inicialmente se reportó la presencia de la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) como la especie de tilapia invasora que colonizaba estos cuerpos de agua, tal y como se establece en los Términos de Referencia para el “Servicio de consultoría para desarrollar la línea base para la planeación del manejo efectivo de las EEI en la Reserva de la Biosfera El Vizcaíno”. No obstante, estudios recientes mencionan que la especie presente en los oasis es la tilapia panza roja (*Tilapia cf. zillii*), un cíclido originario de África tropical y subtropical (Ruiz-Campos *et al.*, 2012).

En la cuenca del arroyo San Ignacio se encuentra el único cuerpo de agua permanente de la ReBiVi, el oasis de San Ignacio, en el cual se presenta la especie introducida de interés *T. zillii*. Esta tilapia también ocurre en una serie de oasis espacialmente intermitentes dentro de la sub-cuenca de escurrimiento “Laguna San Ignacio”, la cual es de tipo exorreica con drenaje angulado que cubre una superficie de 6,602 kilómetros cuadrados (INE-INEGI-CONAGUA, 2007). El escurrimiento superficial en época de lluvias, particularmente en lluvias extraordinarias asociadas a huracanes, conecta los oasis o pozas, pero en época de estiaje se aíslan nuevamente.

En este contexto, mediante los datos generados a través de trabajos de campo realizados durante los meses de enero y febrero del 2016, además de tomar como línea base los resultados previos generados entre 2002 y 2008 por Ruiz-Campos y colaboradores (Ruiz-Campos *et al.*, 2006, 2008, 2014a), mismos que se obtuvieron implementando técnicas de captura pasiva y activa, se propone un plan de manejo para el control de la especie exótica invasora tilapia panza roja (*T. zillii*) dentro de los oasis de ReBiVi, el cual servirá y coadyuvará en la protección del pez endémico y en peligro de extinción *Fundulus lima*, incluyendo la restauración del hábitat de los oasis de la Reserva.

3.- Contexto del Plan de Manejo

En la actualidad, las invasiones biológicas, junto con la destrucción del hábitat, se consideran los factores de cambio más significativos, extendidos y de más alto impacto que amenazan la biodiversidad y la conservación de los ecosistemas y sus servicios ambientales. El número actual de especies introducidas y establecidas sobrepasa en mucho la tasa natural de invasión, entendida como la migración de especies hacia nuevos ecosistemas o comunidades (Aguirre-Muñoz *et al.*, 2009).

Las especies exóticas invasoras son aquellas introducidas de forma intencional o desapercibida en nuevos ecosistemas fuera de su área de distribución natural y cuyas características, biológicas y ecológicas, les confieren la capacidad de colonizar, establecerse y prosperar en el nuevo ambiente. Su impacto a menudo va más allá del daño a la biodiversidad, en muchas ocasiones implican pérdidas económicas cuantiosas y problemas sanitarios severos por lo que se convierten en amenaza directa del bienestar humano (Aguirre-Muñoz *et al.*, 2009). Una vez que estas especies invaden un nuevo sitio, dependiendo de la frecuencia e intensidad de los disturbios, alteran ciclos biogeoquímicos y las estructuras de los niveles tróficos, actuando como competidores, parásitos, patógenos o como depredadores de las especies nativas, condicionan su sobrevivencia (CONABIO, 2016).

Bajo este panorama de conservación de la riqueza biológica, en el 2012 la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), a través de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), una de las instituciones responsables de atender esta amenaza, pone en marcha el “Programa para la Atención y Manejo de Especies Invasoras y Ferales en Áreas Naturales Protegidas de competencia federal”, en el que establece como su principal objetivo ***Diseñar e implementar acciones de conservación y restauración de los ecosistemas de las Áreas Naturales Protegidas de competencia federal a través de acciones de prevención, detección temprana, respuesta rápida, control y erradicación de especies exóticas invasoras y ferales con participación activa de los diferentes sectores de la sociedad.*** Estableciendo como líneas estratégicas la Protección, Manejo, Restauración, Conocimiento, Cultura y Gestión. Así mismo para cada estrategia define objetivos específicos e indicadores de éxito, considerando los tres objetivos estratégicos de la Estrategia Nacional sobre Especies Exóticas Invasoras (CANEI, 2010), que son:

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

Con base en lo antes expuesto y considerando que la tilapia panza roja (*T. zillii*), es una especie exótica que genera impactos sobre las especies nativas, especialmente por su alta capacidad competitiva y resistencia a cambios en los factores ambientales que le confieren ventajas sobre las especies nativas, generando alta abundancia y causando la exclusión competitiva de especies como el pez endémico en peligro de extinción *F. lima* (Andreu-Soler y Ruiz-Campos, 2013; Ruiz-Campos *et al.*, 2014a).

En virtud de lo anterior, es imperativo llevar a cabo un plan de manejo para controlar la población invasora de *T. zillii*, primordialmente para favorecer la recuperación de la población del pez endémico *F. lima* y de otras especies asociadas. Considerando que los oasis de la cuenca del arroyo San Ignacio son sistemas con dimensiones extensas que se llegan a conectar en la temporada de lluvias, resultaría extremadamente complicado y poco factible erradicar a esta especie exótica, por lo cual se propone un plan de control a fin de mitigar sus efectos sobre los peces nativos y otros grupos faunísticos concurrentes.

4.- Antecedentes

4.1.- Biología de la especie

Tilapia cf. zillii, es conocida en español, como tilapia panza roja y en inglés como Redbelly Tilapia (Figura 1).

La tilapia panza roja es un pez que pertenece a la familia de los cíclidos (Figura 1). Son organismos que normalmente no habitan en lagos grandes y ríos, se encuentra bien situados en lugares cálidos, con irrigación y salobres. *T. zillii* está usualmente asociada con plantas acuáticas y algas que forman la mayor parte de la dieta de los adultos (Canonico *et al.*, 2005; Fuller, 2008). A pesar de su dentadura especializada y habilidad de vivir enteramente con una dieta a base de plantas acuáticas, también consume invertebrados asociados a éstas, incluyendo renacuajos y hasta se ha llegado a registrar la presencia de escamas de otros peces (Agbabiaka, 2012; Tarkan, 2016).

Los organismos establecidos fuera de su ámbito de distribución de origen y que conforman grandes poblaciones, no crecen de forma rápida como ocurre en su nativa África, donde llegan a alcanzar 12 cm de longitud total en su primer año de vida. En el segundo año pueden crecer el doble y al final de su tercer año llegan a medir hasta 25 cm. Los machos crecen más rápido que las hembras; en lugares donde hay menor densidad de peces y mayor abundancia de alimento, pueden crecer excepcionalmente rápido, el macho puede llegar a medir hasta 17 cm de longitud total en su primer año de vida y 25 cm en su segundo año.

Durante la temporada de reproducción, los individuos de *T. zillii* buscan lugares someros, protegidos con fondo suave. El sustrato puede ser rocoso, arenoso o lodoso. Una vez que se forma la pareja, seleccionan un espacio adecuado donde construyen uno o varios nidos, defienden el territorio y desovan (Gaphen, 2016). Los nidos llegan a tener hasta 85 cm de profundidad lo cual facilita que los adultos los defiendan de los depredadores. A menudo, las hembras depositan entre 1,000 y 6,000 huevos, los cuales son dispuestos en filas de 50 a 1,200 ejemplares, mismos que son fertilizados por el macho (Cuadro 1) (Fuller, 2008).



Figura 1.- Ejemplares de tilapia panza roja (*T. zillii*), capturados en el sitio conocido como oasis de San Ignacio o manantial. Fotografía: Costasalvaje.

Cuadro 1.- Resumen de las características biológicas y ecológicas de *Tilapia zillii*.

Características biológicas y ecológicas de tilapia panza roja (<i>T. zillii</i>)
Especie originaria de África tropical y subtropical.
Cabeza más ancha que el resto del cuerpo.
Aleta dorsal 14-16 espinas y 10-13 radios.
Aleta anal 3-4 espinas y 7-10 radios.
28-30 escamas en serie lateral del cuerpo.
Cola redondeada.
Flancos con 6-7 barras verticales poco definidas.
El opérculo con una mancha oscura.
Ponen de 1000-6000 huevos.
Amplio rango de tolerancia de temperaturas 13-30°C.
Alimentación omnívora.
Soportan aguas con concentración de 29-35 partes por mil de salinidad.

4.2.- Estrategias de adaptación

Las poblaciones de *T. zillii* se han reportado en aguas con una concentración de 29 a 35 partes por mil de salinidad. Soportan un amplio intervalo de temperaturas, alcanzando su óptimo crecimiento entre los 20°C y 32°C, pero regularmente vive a temperaturas de hasta 38°C. Las temperaturas mayores de 40°C y menores de 13°C, son usualmente letales. No se reproduce en aguas con temperaturas menores a 20°C. Esta especie es altamente agresiva con otras especies ícticas, además de ser muy competitiva. Es de fácil adaptación a los climas de tipo tropical y subtropical (Canonico *et al.*, 2005; Fuller, 2008; Agbabiaka, 2012; Tarkan, 2016).

Es una especie omnívora que se alimenta de materia vegetal, algas y gran variedad de larvas de invertebrados, incluyendo renacuajos (Luna y Ortañez, 2005; Agbabiaka, 2012). Su preferencia por la materia vegetal y algas, se debe a su habilidad para producir moco que captura el plancton; no obstante, su capacidad para digerir algas filamentosas y plantas acuáticas se debe a su mecanismo de molienda por medio de dos placas faríngeas con finos dientes, incluyendo la naturaleza ácida de su estómago que le permite romper y digerir las paredes celulares de las algas, plantas y bacterias (Agbabiaka, 2012).

4.3.- Distribución

La tilapia panza roja, es un pez con distribución geográfica natural correspondiente a África tropical y subtropical, cerca del Este. Se extiende al Oeste de África a través de la cuenca Chad hasta el Río Nilo, Lago Albert y Lago Turkana dentro de Israel y Valle de Jordán en el Medio Oeste (Moyle, 2002; Luna y Ortañez, 2005; Fuller, 2008). La extensión de su ámbito de distribución original, se inició con un cultivo experimental en Kenia, en 1924. Dado su gran éxito, basado en su potencial productivo, durante el periodo de 1950 a 1970 fue introducida al resto del mundo, principalmente a zonas tropicales y subtropicales (Figura 2) (SEMARNAP, 2000).

En México, su cultivo comenzó en 1964, cuando la Dirección General de Pesca, por conducto del Instituto Nacional de Investigaciones Biológico-Pesqueras (hoy Instituto Nacional de Pesca, INAPESCA) consideraron la posibilidad de importar las primeras especies, procedentes de la Universidad de Auburn, de los Estados Unidos de América; las cuales fueron llevadas al actual Centro Acuícola de “Temascal”, en el Estado de Oaxaca. Las especies introducidas en esa época correspondían a: *Tilapia rendalli*, *Oreochromis mossambicus* y *O. aureus* (SEMARNAP, 2000). Eventualmente, fueron traídas a México otras especies de tilapia, tales como *Oreochromis niloticus*, *O. hornorum* y *Tilapia zillii* (Contreras-Balderas, 1999).

Una de estas especies (*Tilapia zillii*), alcanzó el oasis de San Ignacio, municipio de Mulegé, Baja California Sur en 1995, introducida por un lugareño que desconocía las consecuencias ecológicas que traería consigo unos pocos años más tarde (Ruíz-Campos *et al.*, 2014a). Se ha registrado que, antes de la introducción de tilapia panza roja, el pez nativo y endémico de la Península de Baja California, conocido como Sardinilla Peninsular (*Fundulus lima*) era la especie dominante (70 a 97%), pero 10 años después de la introducción, la dominancia

se revirtió a favor de la tilapia (92 a 97%) (Ruiz-Campos *et al.*, 2008, 2014a). Esta exclusión competitiva entre el pez endémico y la tilapia panza roja (Ruiz-Campos *et al.*, 2008; Andreu-Soler y Ruíz-Campos, 2013), sin duda, es una de las causas que han llevado a catalogar a *F. lima*, como especie en peligro de extinción (NOM-059-SEMARNAT-2010).

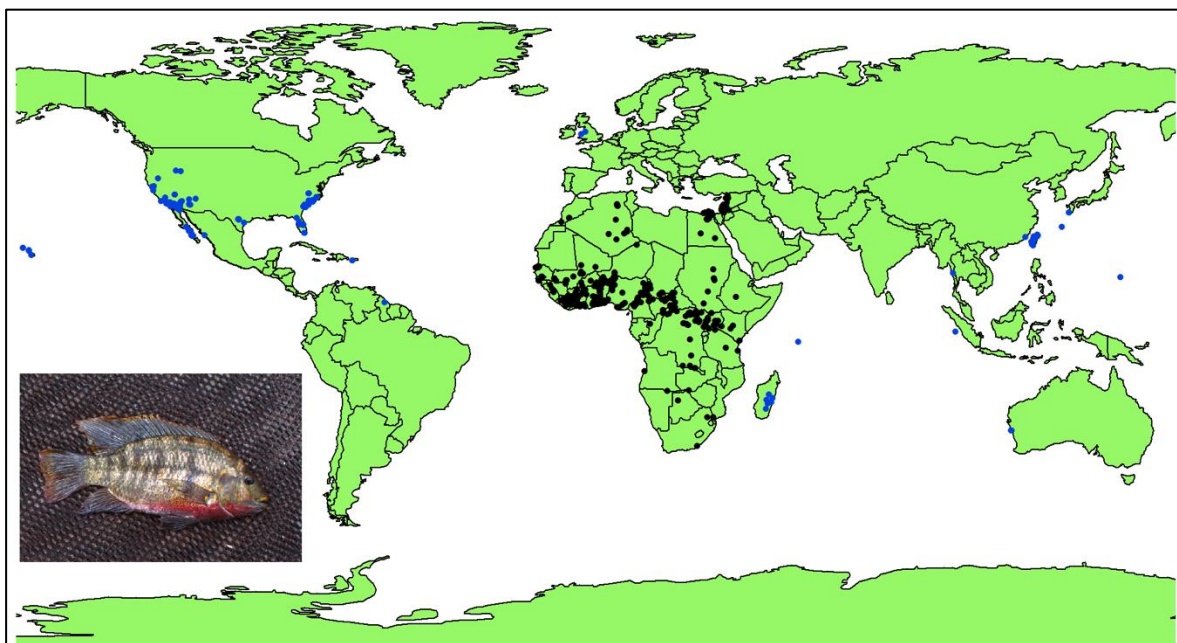


Figura 2.- Distribución mundial de tilapia panza roja (*Tilapia zillii*). Tomada de la base de datos de Global Biodiversity Information Facility. Los puntos en color negro indican el área de distribución nativa y los azules, aquellas donde ha sido introducida.

4.4.- Usos y aprovechamiento.

El género de la tilapia es muy utilizado para cultivo debido a que es altamente productivo en cuanto a costo-producción y tiene un buen mercado de ventas. Su éxito se debe a que es fácil de cultivar, ya que no ocupa ningún entorno especial, es resistente a condiciones de eutrofización y no es vulnerable a enfermedades; además, produce carne de buena calidad (Baltazar-Guerrero y Palomino-Ramos, 2004; Cantor-Atlatenco, 2007; Tarkan, 2016; Fuller, 2008). La carne de este cíclido, es también materia prima para generar biofertilizantes y/o harina de pescado, demandando la producción de grandes cantidades de ejemplares. En años recientes, se comercializa su piel y escamas para la extracción de jaleas y colágenos utilizados en la producción de cosméticos (CIAD-UMAMA y LEAP, 2010).

En los oasis de la ReBiVi, la tilapia panza roja, se pesca y consume de manera recreativa por migrantes del Estado de Oaxaca que llegan a trabajar a los ranchos agrícolas de El Vizcaíno, por lo cual si se fortalece esta práctica, incluso se podría vender carne de este pez en restaurantes locales, siendo está una eficiente acción de control que sería aprovechado sin representar un costo de producción.

5.- Método de evaluación de la distribución de tilapia panza roja (*Tilapia zillii*) en la ReBiVi.

5.1.- Descripción del Área de Estudio

La Reserva de la Biosfera El Vizcaíno, se localiza en la región central de la Península de Baja California, inmersa en la porción norte de los límites geopolíticos del Estado de Baja California, correspondiente al Municipio de Mulegé. La ReBiVi, ocupa una extensión territorial de 2'546,790.25 hectáreas, de las cuales 2'183,351.37 hectáreas corresponden a zona de amortiguamiento y el resto, como zonas núcleo (Figura 3). Cabe mencionar que la Reserva incluye 5 kilómetros de franja costera del Mar Territorial (SEDUE, 1988).



Figura 3.- Macro-localización de la Reserva de la Biosfera El Vizcaíno (ReBiVi). La línea verde, corresponde a la poligonal limítrofe de la Reserva.

Dentro de su extensión territorial la ReBiVi presenta dos provincias fisiográficas. Una es la planicie costera occidental compuesta por lomeríos, mesetas y cañadas de poca profundidad, enriquecida por esteros, lagunas, serranías y llanuras desérticas (Figura 4). En tanto, la otra provincia consta de grandes macizos montañosos del Oriente de la península de Baja California, principalmente serranías, cerros aislados y volcanes, incluso el volcán de azufre esta activo. Además, se encuentran 16 islas e islotes (CONANP, 2000).



Figura 4.- Paisaje de la región de los grandes salitrales de Laguna San Ignacio, se aprecian las extensas planicies y sus montañas al fondo (Sierra San Francisco). Fotografía: Claudio Contreras Koob.

En la ReBiVi hay una gran variedad de paisajes, en los que se observa una estrecha relación entre la topografía, el clima y la vegetación. Los suelos que cubren la mayor parte de la región se caracterizan por presentar colores claros y poca materia orgánica. Los suelos predominantes son regosoles; los cuales se localizan en las llanuras del desierto de El Vizcaíno y en las elevaciones montañosas, aunque son morfológicamente diferentes en cada una de estas regiones (CONANP, 2000).

La precipitación anual de la ReBiVi es de 50 a 70 mm, que en conjunto con una elevada evapotranspiración potencial, ocasionan un déficit medio anual de agua de entre 700 mm y 1,200 mm. La escasa precipitación genera un escurrimiento medio anual de 0 a 20 mm, provocando que la infiltración global anual y la recarga de los acuíferos sea de magnitud baja. El arroyo de San Ignacio, es el único caudal con agua permanente intermitente, en tanto que, el de San Pablo, Santa Ana y otros son temporales que solo presentan escurrimientos en la época de lluvias (CONANP, 2000).

El oasis de San Ignacio, un cuerpo de agua dulce superficial permanente, se localiza en la cuenca del arroyo San Ignacio, 2 km al Oriente del poblado con el mismo nombre, y a 59 km al Oeste de Santa Rosalía. Se encuentra en el borde Sureste de la ReBiVi, con una altitud de 135 msnm. Este oasis forma parte de un arroyo somero bordeado por una pequeña sierra conocida como Sierra San Ignacio. El arroyo después de infiltrarse por el

subsuelo y formar una serie de lagunas intermitentes, desemboca en la laguna costera de San Ignacio en la costa Occidental de la ReBiVi (CONANP, 2000).

Las variaciones en las condiciones climáticas y la extrema aridez, han favorecido la adaptabilidad de la flora que se presenta en esta extensa Área Natural Protegida. En la ReBiVi, se encuentran 37 especies endémicas, de un total de 463 especies de flora, agrupadas en 256 géneros y 83 familias. Esta riqueza, conforma 8 tipos principales de vegetación, matorral sarcocaula, matorral sarco-crasicaule, matorral halófilo, matorral de dunas, matorral desértico micrófilo inerme, vegetación de dunas costeras, eriales y manglar (CONANP, 2000).

En cuanto a la fauna, en la ReBiVi, se registran dos especies endémicas: ardilla de piedra (*Otospermophilus atricapillus*) y la rata canguro (*Dipodomys peninsularis*). Su importancia se manifiesta por el gran número de endemismos a nivel de subespecies, principalmente mamíferos y reptiles. Actualmente se estima que en la Reserva habitan 308 especies de vertebrados terrestres y marinos (excluyendo los peces), de los cuales el grupo de las aves es el más diverso con 192 especies (Figura 5), seguido de 69 mamíferos, 43 reptiles y 4 anfibios (CONANP, 2000).

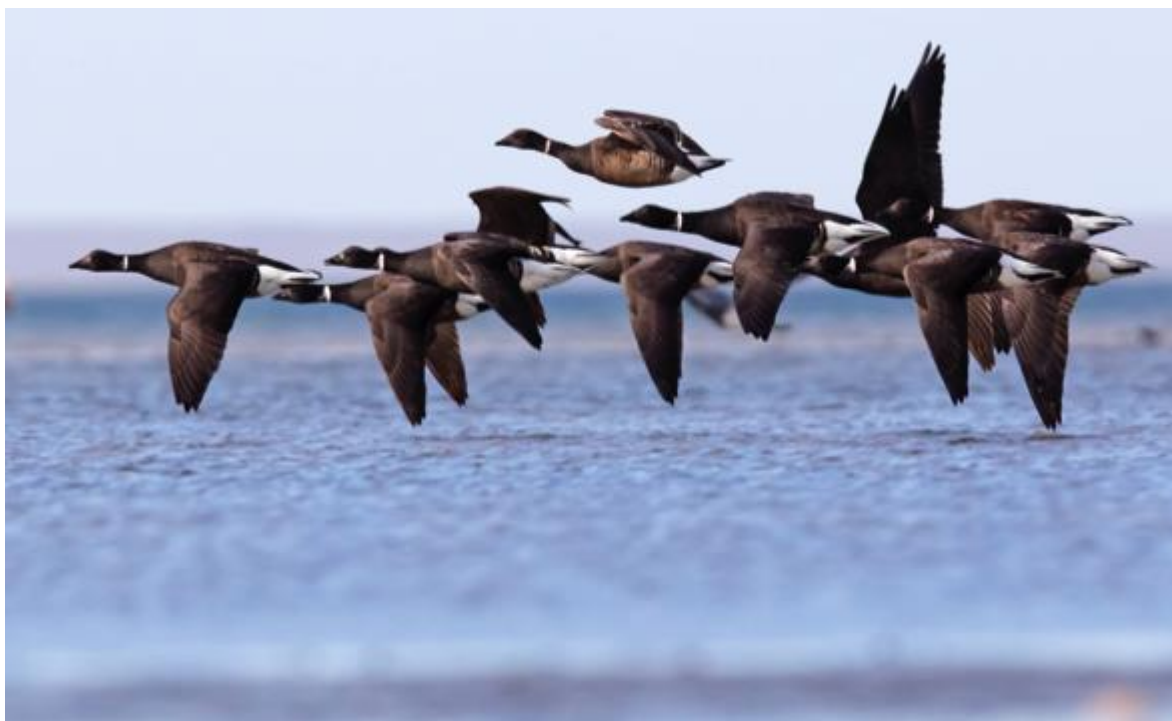


Figura 5.- Ganso de collar (*Branta bernicla spp. nigricans*), una de las aves que encuentran en las lagunas costeras de la ReBiVi, los mejores sitios para su migración invernal anual.

5.2.- Evaluación de la población de tilapia panza roja (*Tilapia zillii*)

Para realizar este diagnóstico, se inició con la ubicación de los oasis y definición de los sitios de muestreo, para lo cual se tomó como base los trabajos previos realizados por Ruiz-Campos *et al.* (2006, 2012, 2014a, 2014c). Considerando la accesibilidad a los sitios,

se realizaron 2 salidas de campo, una del 17 al 21 de enero y la otra del 20 al 22 de febrero de 2016, durante las cuales se muestrearon tres localidades de la cuenca del arroyo San Ignacio, que fueron: 1) oasis de San Ignacio o manantial, 2) arroyo de San Ignacio en puente y 3) arroyo de San Ignacio en Poza Larga (Figura 6). Los dos primeros, son cuerpos de agua permanentes, en tanto que el tercero, es de carácter intermitente. Cabe mencionar que, en conjunto alcanzan una superficie total de 14.9 hectáreas de espejo de agua (oasis de San Ignacio o manantial 8.70 Ha, arroyo San Ignacio en puente 1.50 Ha y arroyo San Ignacio en Poza Larga 4.70 Ha).

Estas localidades se muestrearon empleando diferentes técnicas de captura, según las características de las mismas. Durante ambos muestreos se activaron trampas sardineras (*minnow trap*) de un tamaño de 45 cm de largo x 23 cm de alto, con 6.4 mm de luz de malla en cuadro y una abertura de ambos extremos de 2.54 cm; en enero se colocaron siete trampas en oasis de San Ignacio o manantial, tres en arroyo de San Ignacio en puente y tres en arroyo de San Ignacio en Poza Larga, todas a profundidades menores de 1 m (Figura 7); en febrero se colocaron seis trampas sardineras en arroyo de San Ignacio en Poza Larga y seis más en el oasis de San Ignacio o manantial. Así mismo, para el muestreo de las zonas de mayor profundidad, en ambas salidas, se utilizó una atarraya de 4 m de diámetro y luz de malla en cuadro de 2.54 cm (Figura 8). Para esto, en el mes de enero se establecieron nueve puntos de muestreo con tres repeticiones cada uno (seis puntos de muestreo en el oasis de San Ignacio o manantial y tres en arroyo San Ignacio en puente); en febrero, solo se muestreó el oasis de San Ignacio o manantial, se tomaron ocho sitios de muestreo con dos repeticiones cada uno, considerando que este cuerpo es representativo del sistema de cuerpos de agua perennes a lo largo del arroyo. Adicionalmente, considerando sus dimensiones y profundidades, en las localidades oasis de San Ignacio o manantial en el mes de enero y en arroyo San Ignacio en Poza Larga en febrero, en cada cuerpo de agua se tendió durante 10 horas como mínimo una red agallera experimental que consta de cuatro paneles que miden 4.5 m de largo y 1.8 m de altura, con luz de malla 1.3 cm, 3.8 cm, 7.6 cm y 10.2 cm, respectivamente (Figura 9).

Así mismo, durante los muestreos se tomaron diferentes parámetros físico-químicos del agua con un equipo multianalizador *Hach* que registró las variables de temperatura (°C), sólidos disueltos totales (g/l) y conductividad (mS/cm). Los ejemplares de las diferentes especies de peces colectados fueron colocados en bolsas de plástico, etiquetados y puestos en hielo para su traslado y posterior medición en el Laboratorio de Vertebrados de la Facultad de Ciencias de la Universidad Autónoma de Baja California, campus El Sauzal, donde se depositaron y corroboraba su identificación taxonómica. Las medidas taxonómicas registradas fueron: longitud total (hocico-final de la cola), longitud patrón (hocico-base de la cola) y peso.

Es importante mencionar que los ejemplares del pez endémico sardinilla peninsular (*F. lima*) capturados en las trampas, se identificaron y midieron, para enseguida ser liberados en el cuerpo de agua donde se capturaron.

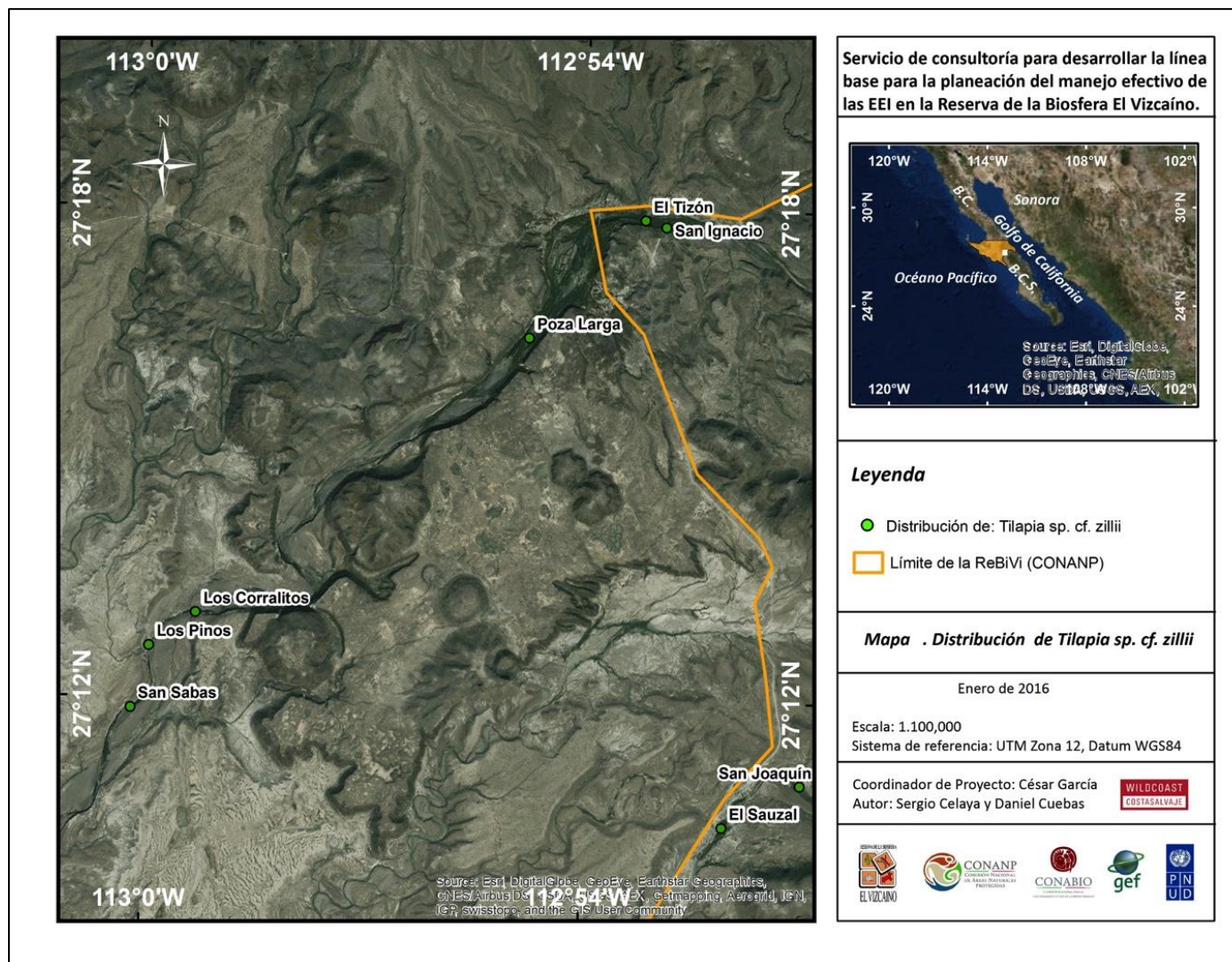


Figura 6.- Sitios de registros históricos de tilapia panza roja (*Tilapia zillii*) en la cuenca del arroyo San Ignacio y El Batequi (Ruiz-Campos *et al.*, 2014b, 2014c).



Figura 7.- Colocación de la trampa sardinera *minnow trap*. Es una trampa eficaz para la captura de peces pequeños. Su instalación se realizó en áreas de poca profundidad.



Figura 8.- Lanzamiento de atarraya desde tierra firme en el sitio identificado como oasis de San Ignacio o manantial. En algunos puntos muestreados los lanzamientos se hicieron desde una lancha de remos.



Figura 9.- Instalación de la red agallera experimental en el sitio identificado como oasis de San Ignacio o manantial. Para tener mayor oportunidad de captura, la red se colocó a lo ancho del cuerpo de agua.

Cuadro 2.- Ubicación de los cuerpos de agua muestreados para registrar la presencia/ausencia de *T. zillii* en la ReBiVi.

Localidad	Coordenadas	
	X	Y
Oasis de San Ignacio o manantial	27° 17' 48.3" N	112° 52' 55.1"W
Arroyo de San Ignacio en puente	27° 17' 51.3" N	112° 53' 50.8"W
Arroyo de San Ignacio en Poza Larga	27° 16' 26.1" N	112° 54' 46.5" W

5.3.- Modelación de la Favorabilidad Ambiental y Distribución Potencial de tilapia panza roja (*Tilapia zillii*) en la ReBiVi

La modelación para identificar los sitios con Distribución Potencial y/o de mayor o menor Favorabilidad Ambiental de tilapia panza roja en la ReBiVi (Figura 11 y 12), se fundamentó con la información de las localidades de ejemplares muestreados en campo y para este caso, la modelación de las áreas potencialmente ocupadas se realizó utilizando los cinco primeros componentes de un Análisis de Componentes Principales (PCA por sus siglas en ingles) que resumen y explicaron más del 95% de la variación ambiental en 19 variables climáticas obtenidas de la base WorldClim (Hijmans *et al.*, 2006), la mediana, máximo, mínimo y rango del valor de un Índice Normalizado de Vegetación (NDVI) calculado a

partir de imágenes satelitales mensuales MODIS para el período 2004-2014, dos variables topográficas (elevación y pendiente) derivadas del modelo digital de elevación SRTM (Jarvis *et al.*, 2008) y una variable categórica de tipos de suelo obtenida a partir de un mapa vectorial edafológico desarrollado por el Instituto Nacional de investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP) y la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Todas las variables se trabajaron a una resolución de $\sim 1 \text{ km}^2$.

La región de calibración (hipótesis de M; Soberon & Peterson, 2005) para el modelo se generó creando un buffer desvanecido de 500 km alrededor de todos los registros de presencia.

Se modelaron los nichos ecológicos de las EEI utilizando el algoritmo Maxent 3.3.3 (Phillips *et al.*, 2006) probando tres diferentes funciones de respuesta a las variables (features) que permite el programa: 1.- linear y cuadrática (LC), 2.- bisagra (B) y 3.- linear, cuadrática, bisagra, umbral y producto (LCBUP). La evaluación de la capacidad predictiva de cada función de respuesta fue medida utilizando un subconjunto de los mismos datos (30%) e iterativamente generando 5 réplicas mediante un procedimiento de bootstrapping. Se utilizó el índice AUC (area under the curve) de las curvas ROC (Receiver Operating Characteristics) y la tasa de omisión para determinar esta capacidad predictiva. El primero mide la capacidad de discriminación del algoritmo, independientemente del establecimiento de un umbral de corte para transformar los modelos de favorabilidad climática en mapas binarios de presencia-absencia potencial (mientras más cercano a 1 el AUC mejor capacidad de discriminación). La segunda mide la capacidad de predecir correctamente como presente un registro de evaluación (lo ideal es que los modelos tengan 0 omisión en los registros de evaluación).

De acuerdo con estas pruebas, el mejor modelo para la tilapia se obtuvo con la función LCBUP (Cuadro 3). Este procedimiento estima que en la ReBiVi, existe una superficie de 595,100 hectáreas como área de distribución potencial de tilapia panza roja (Figura 12).

Cuadro 3.- Evaluación de la capacidad predictiva de Maxent con diferentes funciones de respuesta a las variables ambientales. Se presenta el índice AUC y la tasa de omisión.

Especie	Función de respuesta	AUC	Tasa de omisión
<i>Tilapia zillii</i>	LC	0.988	0.000
	B	0.990	0.000
	LCBUP	0.997	0.000

6.- Diagnostico y/o Resultados

6.1.- Distribución y abundancia de tilapia panza roja (*Tilapia zillii*) en la ReBiVi.

Los resultados del muestreo aplicado en cada uno de los cuerpos de agua localizados sobre la cuenca del arroyo San Ignacio durante los meses de enero y febrero de 2016, muestran que la especie exótica invasora tilapia panza roja esta presente en los cuerpos de agua conocidos como oasis de San Ignacio o manantial, arroyo de San Ignacio en

puente y arroyo de San Ignacio en Poza Larga (Cuadro 4). En el primero, esta especie invasora fue registrada en casi todo el cuerpo de agua, excepto en zonas profundas (mayores a 2 m) y alejadas de la vegetación ribereña que bordea el espejo de agua. Aquí, la tilapia se capturó junto a ejemplares de las especies exóticas invasoras de pez cola de espada (*Xiphophorus hellerii*) y cangrejo americano (*Procambarus clarkii*), incluyendo la presencia del pez nativo y endémico conocido como sardinilla peninsular (*Fundulus lima*) (Cuadro 4).

Cuadro 4.- Individuos de peces y crustáceos capturados por tipo trampa en los tres cuerpos de agua muestreados de la cuenca del arroyo San Ignacio, Mulegé, Baja California Sur, durante enero y febrero de 2016.

Lugar	TIPO DE TRAMPA					
	Minnow trap		Atarraya		Red agallera experimental	
	Especie*	individuos	Especie*	individuos	Especie*	Individuos
Muestreos en Enero						
Oasis de San Ignacio o manantial.	Tizi	74	Tizi	196	Tizi	16
	Prcl	8	---	---	---	---
Arroyo de San Ignacio en puente.	Tizi	20	Tizi	19	---	---
	Prcl	1	---	---	---	---
	Fuli	72	---	---	---	---
Arroyo de San Ignacio en Poza Larga.	---	---	---	---	---	---
Muestreos en febrero						
Oasis de San Ignacio o manantial	Tizi	404	Tizi	105	Tizi	---
	Xihe	4	Xihe	---	Xihe	---
	Fuli	---	Fuli	1	Fuli	---
	Prcl	2	Prcl	---	Prcl	---
Arroyo de San Ignacio en puente	---	---	---	---	---	---
Arroyo de San Ignacio en Poza Larga	Tizi	7	---	---	Tizi	---
	Cyca	11	---	---	Cyca	101

* Especies registradas: **Tizi:** *Tilapia zillii*, **Prcl:** *Procambarus clarkii*, **Fuli:** *Fundulus lima*, **Xihe:** *Xiphophorus hellerii* y **Cyca:** *Cyprinus carpio*.

Por su parte, en la localidad arroyo de San Ignacio en puente, mantiene una menor cantidad de tilapias capturadas, misma que se encuentra acompañada de organismos que constataban la presencia de la especie endémica *F. lima*, los cuales una vez identificados y que se tomaron sus mediciones taxonómicas respectivas, se regresaron nuevamente al cuerpo de agua donde se capturaron.

En el muestreo del mes de febrero, se logró verificar que dos especies exóticas invasoras como tilapia panza roja (*Tilapia zillii*) y carpa común (*Cyprinus carpio*), también se encuentran presentes en la localidad del arroyo San Ignacio en Poza Larga. En este sitio, la especie dominante es la carpa común, contrario del cuerpo de agua del oasis de San Ignacio o manantial, donde la tilapia panza roja es la especie abundante, tanto para el mes de enero como para febrero.

Es preciso comentar, que estudios previos han mencionado que *T. zillii*, se encuentra presente en otras localidades de la cuenca del arroyo San Ignacio, tales como El Tizón, Los Corralitos, Los Pinos y San Sabas (Ruiz-Campos *et al.*, 2014a, 2014c). Desafortunadamente, debido a la falta de acceso, principalmente por caminos en muy mal estado, durante la presente evaluación no fue posible realizar muestreos que permitieran identificar la presencia de peces, nativos y exóticos en dichos sitios.

La captura de individuos por unidad de esfuerzo (CPUE) fue mayor en las trampas minnow trap, particularmente en la localidad del oasis de San Ignacio o manantial con valores de 20.7 individuos/trampa/hora. Asimismo, en el mes de febrero la CPUE se incrementó a 102 individuos/trampa/hora (Cuadro 5).

Cuadro 5. Individuos capturados por unidad de esfuerzo (CPUE) en los diferentes cuerpos de agua de la cuenca del arroyo San Ignacio, durante los meses de enero y febrero de 2016.

Método de captura	Oasis de San Ignacio o manantial (Enero)		Arroyo de San Ignacio en Puente (Enero)		Arroyo de San Ignacio en Poza Larga (Febrero)		Oasis de San Ignacio o manantial (Febrero)	
	CPUE total	CPUE Tilapia	CPUE total	CPUE Tilapia	CPUE total	CPUE Tilapia	CPUE total	CPUE Tilapia
Minnow trap	20,66	16,83	7,75	1,91	4,5	1,75	102	101
Atarraya	16,41	16,41	2,11	2,11	---	---	6,62	6,56
Red agallera experimental	0,66	0,66	---	---	3,79	---	---	---

En la localidad arroyo de San Ignacio en Poza Larga, el número de individuos capturados por hora en red agallera experimental fue menor. Por su parte, la CPUE en el arroyo de San Ignacio en puente fue de 7.7 individuos capturados/trampa/hora (Cuadro 5).

En ambos muestreos (enero y febrero de 2016), las tilapias capturadas en los diferentes cuerpos de agua del arroyo San Ignacio, fueron medidas (longitud patrón) y pesadas con el objetivo de representar la distribución de tallas poblacional (Figura 10). Los peces de mayor tamaño se encontraron en el oasis de San Ignacio o manantial (hasta 260 mm de longitud total y 361 gr de peso).

Tomando como línea base los trabajos realizados por Ruiz-Campos *et al.* (2006, 2008), se compararon los resultados de los muestreos aplicados en los años 2002-2004 y los muestreos de enero y febrero del 2016 en diferentes cuerpos de agua localizados en el

arroyo San Ignacio mediante el uso de trampas minnow trap (Cuadro 6). En este sentido, con el tiempo la abundancia de *T. zillii* se ha incrementado en ambos cuerpos de agua y es dominante sobre las poblaciones del pez endémico *F. lima*. En el manantial del oasis de San Ignacio o manantial la dominancia de tilapia sobre el pez endémico se ha mantenido relativamente similar durante el periodo 2002 a 2016 (Cuadro 6).

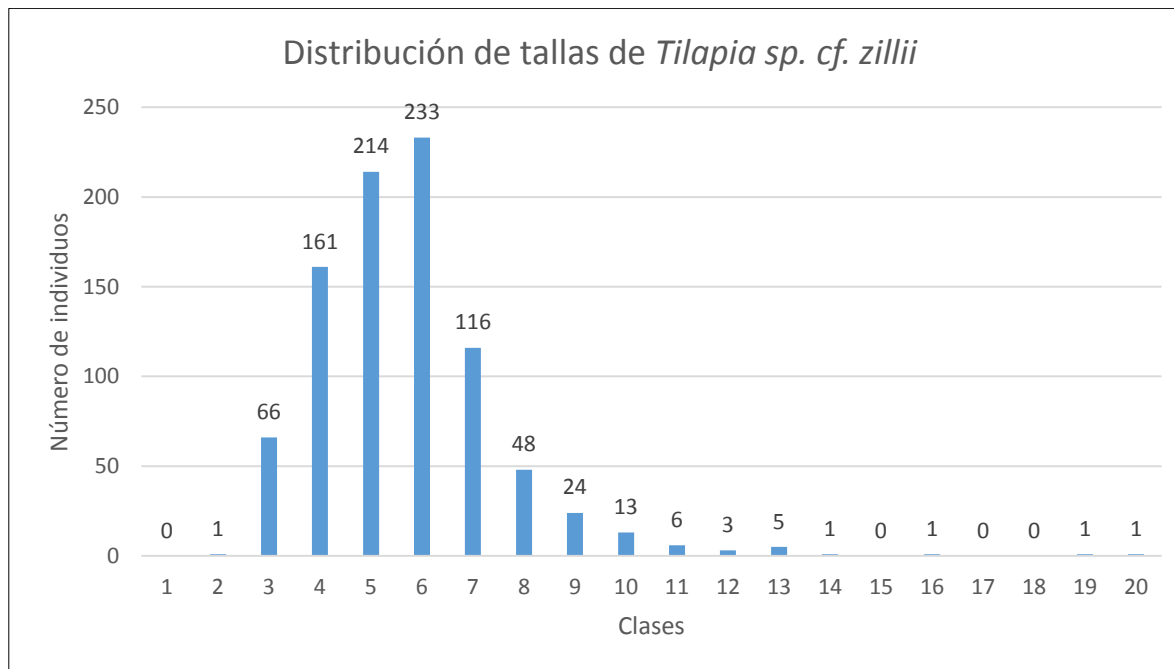


Figura 10.- Distribución de las frecuencias de clases de tallas (longitud patrón) de los ejemplares de *T. zillii* capturados. Cada clase es separada por intervalos de 10 mm de la longitud patrón (distancia entre el hocico y la base de cola) obtenida.

Analizando los resultados de las abundancias y la dominancia de la población invasora de tilapia panza roja dentro de los tres cuerpos de agua evaluados en la cuenca del arroyo San Ignacio, muestran lo bien establecida que esta la especie en la zona. Así mismo, al considerar las estrategias de adaptación que se han comentado en párrafos anteriores, que facultan a esta especie para ocupar nuevas áreas, pone de manifiesto la importancia de tomar medidas inmediatas para el control de su población en los diferentes cuerpos de agua de la ReBiVi. Esto se convierte en una prioridad si se observa de acuerdo con el análisis de favorabilidad ambiental y distribución potencial basado en parámetros climáticos que predicen la ocurrencia de una especie en un sitio determinado, se obtiene que en gran parte del territorio de la Reserva, existen condiciones ambientales propicias para una ocupación potencial de este pez.

Las proyecciones de la distribución potencial de tilapia panza roja, abarca amplias superficies de las sierras del Vizcaíno, Santa Clara, El Tecolote, pequeños parches de la Sierra San Francisco, alcanzando grandes extensiones de la región de los volcanes de las Tres Vírgenes al Oriente, desde donde se proyecta al Occidente cubriendo en su totalidad las cuencas de los arroyos San Ignacio y El Batequí, y de allí hacia el Sur fuera del ANP (Figura 12). Por su parte, la Favorabilidad Ambiental, restringe en mayor medida su

potencial, cubriendo pequeños parches de las Sierras del Vizcaíno, Santa Clara y El Tecolote, alcanzando la región de los volcanes de las Tres Vírgenes y las cuencas de los arroyos San Ignacio y El Batequi, éstos últimos, son zonas donde se encuentran los únicos cuerpos de agua con mayor potencial de ser ocupados (Figura 11). Si bien, la presencia de esta especie se restringe a los cuerpos de agua, se observó que en algunos de los poblados se mantienen ejemplares de tilapia en cuerpos de agua artificiales, que además de los cuerpos de agua permanente de la cuenca alta, podrían ser los surtidores de ejemplares que se desplazan durante la época de lluvias, cuando el arroyo conecta de manera continua todo su caudal, permitiendo a este pez mantener ocupados todos los cuerpos de agua estudiados y posiblemente otros más de la cuenca baja del arroyo San Ignacio.

Cuadro 6. Comparación de las capturas por unidad de esfuerzo (CPUE) de *F. lima* y *T. zillii* en dos cuerpos de agua durante los eventos de muestreo de 2002-2004 (Ruiz-Campos *et al.*, 2012 y 2014a) respecto de 2016.

Especie	Oasis San Ignacio manantial		Arroyo San Ignacio en Poza Larga	
	Octubre 2002 a Agosto 2012	Febrero 2016	Octubre 2002 a Julio 2004	Febrero 2016
CPUE <i>T. zillii</i>	0.29 a 1.8 ind/h	16.8 ind/h	0.39 ind/h	1,75 ind/h
CPUE <i>F. lima</i>	0.02 a 3.1 ind/h	0.33 ind/h	2.42 ind/h	0.0 ind/h

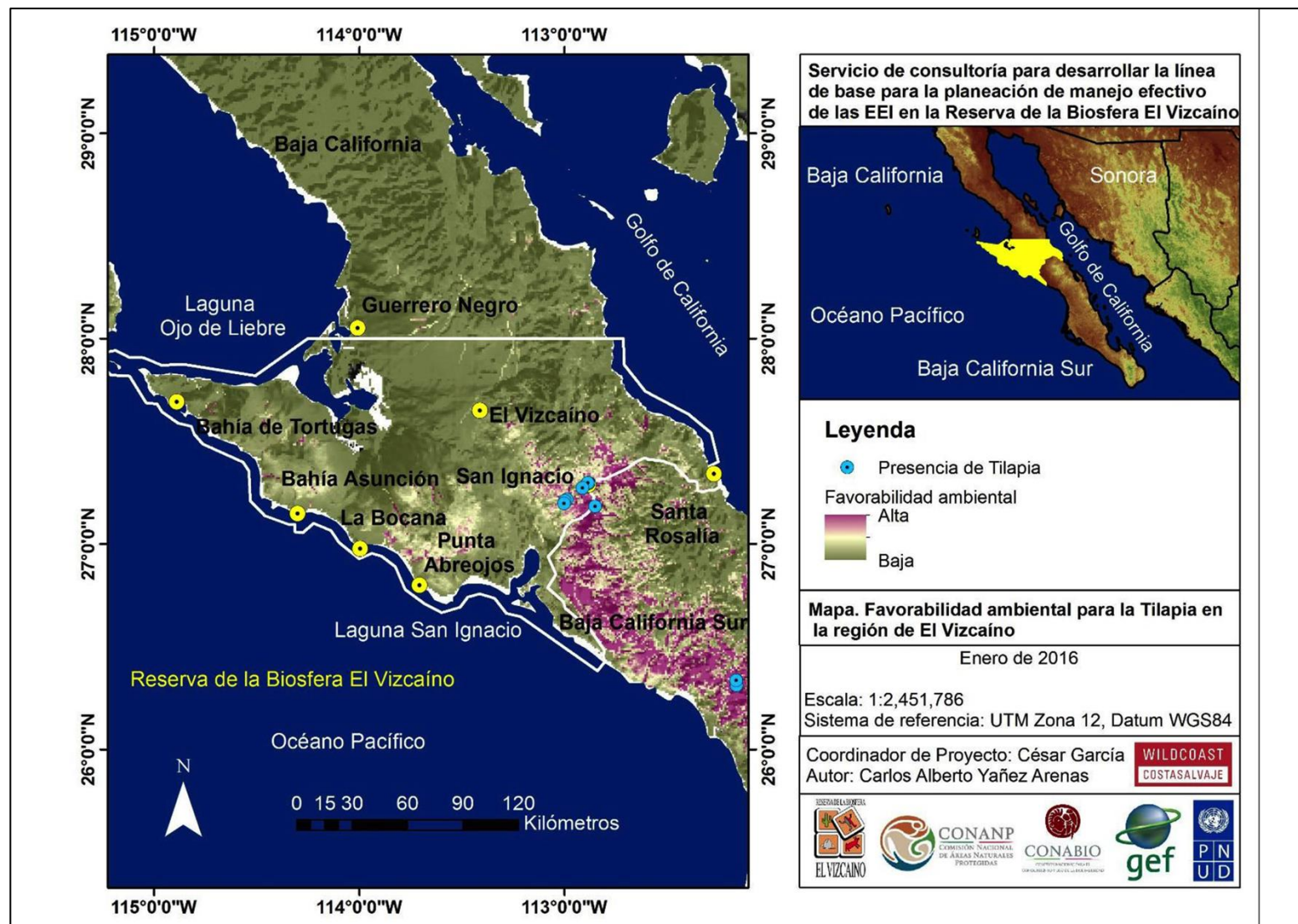


Figura 11.- Áreas de mayor y/o menor Favorabilidad Ambiental para el establecimiento de tilapia panza roja (*T. zillii*) en la ReBiVi.

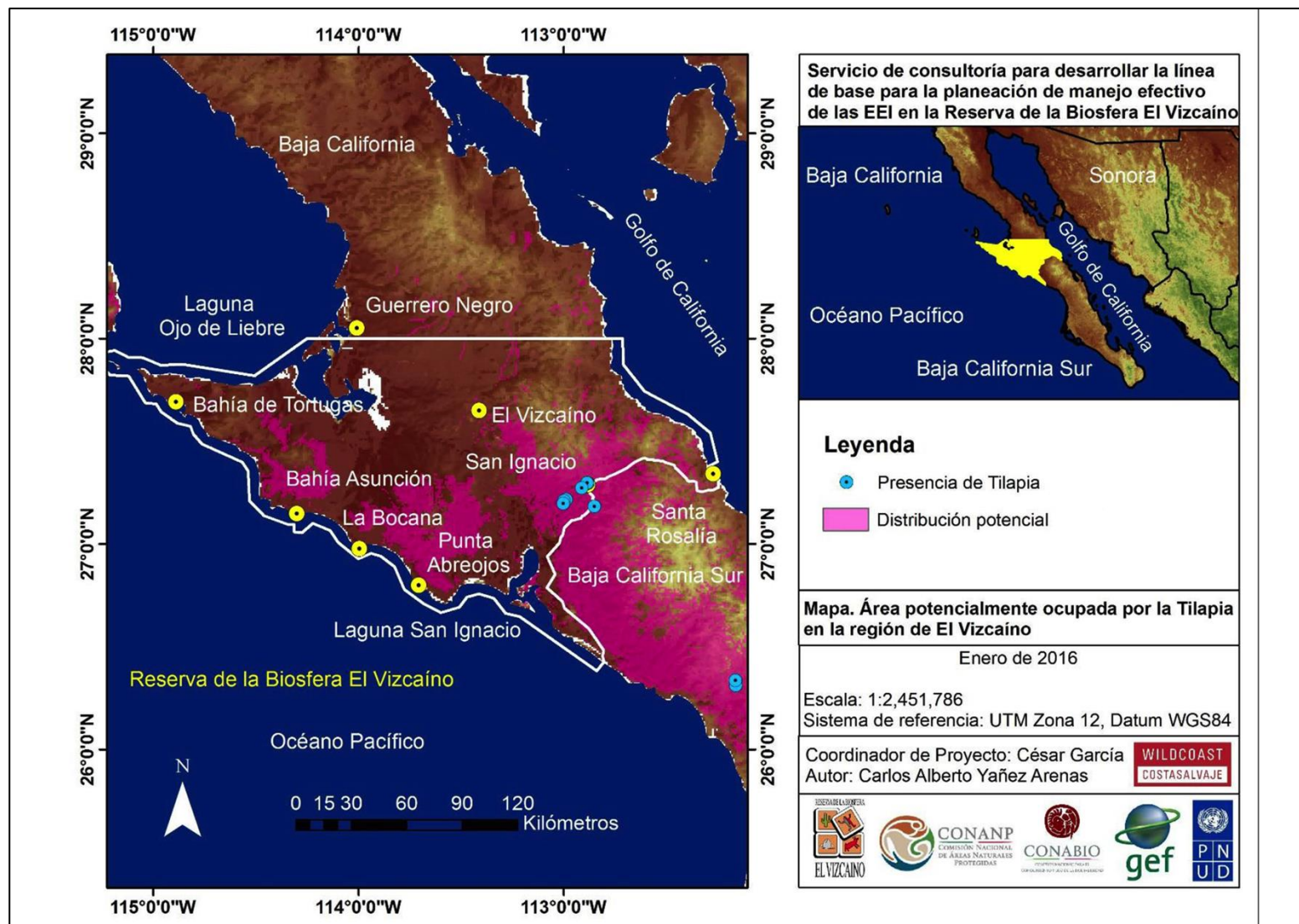


Figura 12.- Área de Distribución Potencial proyectada para tilapia panza roja (*T. zillii*) en la ReBiVi.

7.- Plan de manejo y control y/o erradicación de tilapia panza roja (*Tilapia zillii*) en la ReBiVi.

La tilapia panza roja, es un pez altamente competitivo que en la ReBiVi presenta un gran potencial invasivo para ocupar y colonizar nuevos sitios, se ha aclimatado a las modificaciones que han sufrido los cuerpos de agua en los que habita y desplaza especies nativas. Ante ello, la dirección del Área Natural Protegida promueve la instauración de un programa permanente de control que tiene por objetivo disminuir el ámbito de distribución y la abundancia de este pez exótico en el cual se involucren activamente los diferentes sectores de la sociedad.

Para llevar a cabo lo anterior, es necesario contar con un programa de seguimiento que implique ejecutar evaluaciones a los cuerpos de agua para poder generar información que muestre los resultados de las estrategias, acciones y actividades propuestas en este plan, lo cual permitirá, de ser necesario, realizar ajustes que coadyuven a alcanzar los objetivos y obtener mayor y mejor información del estatus de la población de tilapia en la ReBiVi.

El plan de manejo será implementado bajo los siguientes criterios:

- I. Coordinación interinstitucional para la prevención, control y manejo de la tilapia panza roja.
- II. Prevención, para que la tilapia panza roja no se disperse e invada nuevos oasis de la ReBiVi, mediante la detección y prevención de introducciones no autorizadas.
- III. Establecimiento de mecanismos para la detección temprana, fortaleciendo y apoyando la red de reacción temprana que permita identificar e informar de la introducción de tilapia panza roja en áreas nuevas.
- IV. Capacidad de respuesta rápida, para implementar procedimientos de erradicación o contención de la población de tilapia panza roja.
- V. Control y manejo, implementando las acciones indicadas en el plan para mitigar los impactos ambientales y económicos.
- VI. Investigación y evaluación del riesgo, apoyando o desarrollando medidas e instrumentos para evaluar y controlar la población de tilapia panza roja.
- VII. Educación y divulgación, proporcionando información actualizada sobre la tilapia panza roja, sus impactos y métodos de prevención y control.

Estos criterios están enfocados para cumplir de la mejor manera con el **objetivo general del Plan de Manejo**, que es:

Disminuir el ámbito de distribución y la abundancia de la tilapia panza roja (*Tilapia cf. zillii*) en la Reserva de la Biosfera El Vizcaíno, con la participación activa de los diferentes sectores de la sociedad.

En virtud de lo anterior y con fundamento en la Estrategia Nacional sobre Especies Invasoras en México y en atención a la problemática identificada en la ReBiVi, el presente plan de manejo y control de la población exótica de tilapia panza roja que habita en los oasis de la cuenca del arroyo San Ignacio, se estructura con base en las siguientes tres líneas de acción:

Líneas de acción	Objetivos	Coordinador
Investigación, monitoreo y análisis de la información de la población invasora de la tilapia panza roja (<i>Tilapia zillii</i>) en la ReBiVi.	Generar conocimiento puntual sobre la adaptación, biológica y ecológica de tilapia panza roja accesible a los sectores involucrados dentro de la ReBiVi, con la participación del personal de la CONANP, academia, sociedad civil y otros sectores gubernamentales competentes.	ReBiVi
Plan de manejo y control de tilapia panza roja (<i>Tilapia zillii</i>) en la ReBiVi.	Implementar actividades para el manejo y control de la población invasora de tilapia panza roja y mitigar sus impactos en los cuerpos de agua continentales de la ReBiVi.	ReBiVi
Informar y divulgar oportuna y eficazmente a la sociedad de la ReBiVi de la implementación del Plan de Manejo de tilapia panza roja (<i>Tilapia zillii</i>).	Difundir entre la sociedad (habitantes, usuarios y prestadores de servicios) de la ReBiVi, información sobre las acciones realizadas para el manejo y control de la población de tilapia panza roja, la mitigación de sus impactos causados en los ecosistemas acuáticos continentales de la ReBiVi.	ReBiVi

7.1.- Línea de acción de la investigación, monitoreo y análisis de la información de la población invasora de tilapia panza roja (*Tilapia zillii*) en la ReBiVi.

Para la puesta en marcha de esta línea de acción, se deberán sumar los esfuerzos de las diferentes entidades dedicadas a la investigación, incluyendo fundaciones o instituciones de financiamiento y organizaciones de la sociedad civil con el fin de generar conocimiento básico relacionado con la abundancia, distribución, características del hábitat, tipos y vías de introducción, entre otros necesarios para el adecuado manejo y control de la tilapia panza roja en la ReBiVi.

Dentro de la estrategia de control, es recomendable revisar los cuerpos de agua más norteños que se localizan dentro del área de mayor favorabilidad ambiental para la colonización y establecimiento de *Tilapia zillii* en la ReBiVi, partiendo del mapa de distribución potencial. En estas zonas existen cuerpos de agua temporales que son poco accesibles pero que pueden registrar presencia de esta especie, lo cual ayuda a descartar y prevenir la presencia de tilapia en regiones marginales.

Otros estudios adicionales son necesarios, por ejemplo, el análisis del contenido estomacal ayuda a identificar el impacto de la tilapia panza roja sobre el pez endémico *Fundulus lima* (por competencia y depredación), así como en otras especies y los ecosistemas de los oasis de la ReBiVi.

Con base en lo antes descrito, la problemática observada y las necesidades de investigación y generación de conocimiento, para esta línea de acción se plantean el siguiente programa de trabajo:

Proyecto GEF-Invasora_ Plan de manejo tilapia panza roja en El Vizcaíno

Línea de acción de la investigación, monitoreo y análisis de la información de la población invasora de tilapia panza roja (<i>Tilapia zillii</i>) en la ReBiVi							
Objetivo	Objetivos específicos	Actividades	Tiempo	Meta (producto)	Indicador	Coordinador	Actores clave
Generar conocimiento puntual sobre la adaptación, biológica y ecológica de tilapia panza roja (<i>Tilapia zillii</i>) accesible a los sectores involucrados dentro de la ReBiVi, con la participación del personal de la CONANP, academia, sociedad civil y otros sectores gubernamentales competentes.	Fortalecer el desarrollo de proyectos de investigación sobre la biología y ecología de la tilapia panza roja en la ReBiVi.	Identificar los mecanismos del proceso de introducción, vías y rutas de acceso de tilapia panza roja.	1 año	Generar información científica y técnica, relevante, oportuna y accesible, que genere capacidades en diversos sectores para atender como prioridades el manejo de la tilapia panza roja en la ReBiVi.	La ReBiVi cuenta con un sistema desarrollado e implementado para monitoreo permanente de las rutas de acceso y cuerpos de agua para el control de tilapia panza roja.	Dirección de la ReBiVi	SAGARPA, PROFEPA, Asociación Forestal Mulegé.
		Definir técnicas para el monitoreo del proceso del control de la población de tilapia panza roja en la ReBiVi.	1 año		Incremento en el número de proyectos de investigación de tilapia panza roja en la ReBiVi.	Dirección de la ReBiVi	CIBNOR, CICESE, UABCS, UABC, Pronatura Noroeste, Costasalvaje. CICESE.
		Ingresa registros de tilapia panza roja al portal web Naturalista (www.naturalista.mx), para dar seguimiento de su presencia y distribución en la ReBiVi.	Permanente			Dirección de la ReBiVi	Instituciones de educación, de investigación y de OSC, fotógrafos y observadores de vida silvestre de la región.
		Dar seguimiento de la abundancia y distribución de la tilapia panza roja en los oasis de la ReBiVi.	Permanente			Dirección de la ReBiVi	CIBNOR, CICESE, UABCS, UABC, Pronatura Noroeste, Costasalvaje.
	Contar en la ReBiVi con personal capacitado para dar seguimiento y realizar investigación sobre la adaptación biológica y ecológica de la tilapia panza roja.	Realizar investigación sobre hábitos alimenticios, uso de hábitat, interacciones (depredadores) y taxonomía de tilapia panza roja en la ReBiVi.	2 años		Información disponible sobre la biología, daños a la biodiversidad y ecosistemas, análisis de riesgo y métodos para prevenir y controlar los individuos de tilapia panza roja con presencia dentro de la ReBiVi.	Dirección de la ReBiVi	CONABIO, CONAFOR, CIBNOR, CICESE, UABCS, UABC, Pronatura Noroeste, Costasalvaje.
		Establecer un programa de capacitación de recursos humanos para dar seguimiento al desarrollo de investigaciones sobre la adaptación biológica y ecológica de la tilapia panza roja en la ReBiVi.	Permanente			Dirección de la ReBiVi	CONABIO, CONAFOR, CIBNOR, CICESE, UABCS, UABC, Pronatura Noroeste, Costasalvaje.
		Establecer alianzas interinstitucionales a nivel nacional e internacional para ejecutar proyectos de investigación y establecer redes de información.	Permanente			Dirección de la ReBiVi	CONABIO, CONANP, CIBNOR, CICESE, UABCS, UABC, COBI, Pronatura Noroeste, Costasalvaje.

7.2.- Línea de acción del manejo y control de la población invasora de tilapia panza roja (*Tilapia zillii*) en la ReBiVi.

En México no se han reportado planes de manejo enfocados al control de la especie *Tilapia zillii*, existe uno dirigido para combatir las poblaciones invasoras de tilapia azul (*Oreochromis aureus*) (CONANP y FMCN, 2015). Este ejercicio se realizó en El Valle de Cuatro Ciénegas, localizado en la parte central del Estado de Coahuila. La técnica de muestreo utilizada fue el control manual, en el cual se utilizaron trampas Nazas para capturar peces exóticos introducidos. Este trabajo de extracción tuvo una duración de 2 años, de 2013 a 2014, durante los meses de junio a noviembre. Para ello, las trampas se colocaron en zonas menores de 1.5 m. de profundidad durante cinco horas, revisándolas cada hora para extraer los peces capturados, contabilizar el número de especies e individuos por especie, extrayendo las especies exóticas y devolviendo a su hábitat las especies nativas. Los resultados demostraron que esta técnica de muestreo y control fue efectiva ya que el número de tilapias disminuyó y la población del pez nativo ascendió, volviendo a ser el dominante, además de que se lograba tener control de las especies que se capturaban.

Partiendo de lo anterior, para el caso de la especie *Tilapia zillii* que coloniza los oasis de la cuenca del arroyo San Ignacio, se considera que dadas las dimensiones y profundidades de los cuerpos de agua, así como la abundancia de la especie exótica introducida y el éxito de captura de las trampas utilizadas en la presente evaluación, se recomienda aplicar una estrategia de control empleando técnicas de captura activa (atarraya) y pasiva (red agallera y trampa sardinera o Minnow trap). Para ello, se propone iniciar actividades, en el espejo de agua conocido como oasis de San Ignacio o manantial, registrando a través del tiempo el comportamiento de la población de tilapia y de la especie nativa *F. lima*, según sea la repuesta de ambas poblaciones, extender dicha estrategia a otros cuerpos de agua de la ReBiVi.

A continuación se presenta una breve descripción de la implementación de las diferentes técnicas de capturas propuestas para el control de tilapia panza roja en la ReBiVi:

Control mediante uso de red agallera: Utilizar redes agalleras experimentales compuestas de 4 paneles de 4.5 m de largo y 1.8 m de altura, con luz de malla 1.3 cm, 3.8 cm, 7.6 cm, y 10.2 cm. Se deberán realizar extracciones periódicas del pez exótico invasivo *T. zillii*, al menos una vez por semana durante los meses previos (enero a marzo) o posteriores (agosto a diciembre) a la reproducción de las mismas de (abril a julio), a fin de disminuir el reclutamiento de nuevos individuos a la población, además de mantener a la población controlada. Se cambiarán los puntos de colocación de las redes en cada evento de muestreo/control. Durante las capturas, solo se extraerán las especies exóticas, en tanto que, las nativas serán devueltas al cuerpo de agua. Para poder aplicar esta técnica de captura se debe capacitar a los trabajadores para la correcta implementación de este tipo de red.

Control mediante uso de atarraya: Utilizar tres redes de atarraya de 4 m de diámetro y luz de malla en cuadro de 2.54 cm para la extracción de ejemplares de *Tilapia zillii*. Las redes

de atarraya se lanzarán en puntos con mayor profundidad a lo largo de los cuerpos de agua durante una hora, dos veces por semana. Este fue el método de captura más efectivo para ejemplares de diversos tamaños en los muestreos de campo. Solo se extraerán las especies exóticas y la especie nativa será devuelta al cuerpo de agua. Para su implementación, se puede ejecutar de dos formas, lanzando la atarraya desde un bote o desde tierra en zonas profundas. Se requiere capacitar al personal en el uso de la atarraya o considerar experiencia previa para contratar al personal de campo.

Control mediante el uso de trampas sardineras: Utilizar seis trampas sardineras (minnow trap) las cuales tienen un tamaño de 45 cm de largo x 23 cm de alto, 6.4 mm de luz de malla en cuadro, y una abertura en ambos extremos de 2.54 cm. Debido a que fueron muy eficaces en los muestreos aplicados en este trabajo, se colocarán en zonas con profundidades menores a 1.5m, estas se dejarán en el sitio seleccionado durante la noche (8-12 horas) una vez por semana y se cambiarán los puntos de colocación en cada evento de muestreo. De los ejemplares capturados, solo se extraerán aquellos que pertenezcan a las especies exóticas, mientras que los de la especie nativa serán devueltos al cuerpo de agua. Su aplicación es bastante sencilla, la selección de los sitios de instalación y captura de peces se puede hacer utilizando un bote para recorrer las riberas de los cuerpos de agua bajo tratamiento.

Para realizar los procedimientos de instalación, revisión y retiro de las tramas, así como para la extracción, identificación y toma de datos taxonómicos de los ejemplares capturados se recomienda contratar una plantilla de 6 personas que habiten en los poblados aledaños a los oasis, como el poblado de San Ignacio. Estos deberán ser previamente capacitados en el desarrollo del procedimiento del programa de extracción de ejemplares, ellos serán los responsables de la implementación de las técnicas, en tanto que, el personal de la ReBiVi, realizará el análisis de la información. Debido al tiempo y esfuerzo necesario para llevar a cabo el proceso de instalación y extracción de ejemplares, los salarios destinados a los trabajadores podrán ser acorde a los que se encuentren asignados por los Programas de Empleo Temporal (PET) de la CONANP.

En virtud de lo antes descrito, en el cuadro siguiente se describe la propuesta para la línea de acción del manejo y control de tilapia panza roja (*T. zillii*) en la ReBiVi.

Proyecto GEF-Invasora_ Plan de manejo tilapia panza roja en El Vizcaíno

Línea de acción del manejo y control de la población invasora de tilapia panza roja (<i>Tilapia zillii</i>) en la ReBiVi							
Objetivo	Objetivos específicos	Actividades	Tiempo	Meta (producto)	Indicador	Coordinador	Actores clave
Implementar actividades para el manejo y control de la población invasora de tilapia panza roja (<i>Tilapia zillii</i>) y mitigar sus impactos en los cuerpos de agua continentales de la ReBiVi.	Establecer iniciativas con enfoque preventivo para la detección y el diagnóstico de tilapia panza roja en la ReBiVi, mismas que permitan disminuir el riesgo de introducción y dispersión; todo ello en coordinación con dependencias gubernamentales nacionales e internacionales, la academia, la sociedad civil organizada y el público en general.	Identificar, regular y vigilar las rutas de introducción de tilapia panza roja dentro de la ReBiVi.	Permanente	Vías y rutas de introducción y dispersión de tilapia panza roja identificadas y vigiladas.	Personal capacitado y con equipo adecuado para la vigilancia de las vías de introducción y dispersión de tilapia panza roja.	Dirección de la ReBiVi.	PROFEPA, SAGARPA, CICESE, CIBNOR, UABC, UABCS, COBI, Pronatura Noroeste, Costasalvaje.
		En coordinación con la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) promover actividades de inspección y vigilancia para encontrar posibles introducciones intencionales de especies exóticas dentro de la ReBiVi.	Permanente		Incremento en el número de acciones de prevención y control para mitigar los impactos ocasionados por tilapia panza roja en la ReBiVi.	Dirección de la ReBiVi.	PROFEPA y CONAPESCA.
		Establecer acciones coordinadas entre las Áreas Naturales Protegidas colindantes a la ReBiVi para prevenir la introducción de tilapia panza roja y facilitar su detección, así como implementar acciones de monitoreo que eviten su dispersión.	Permanente		La ReBiVi cuenta con sistemas desarrollados e implementados como monitoreo permanente en los cuerpos de agua continentales.	Dirección de la ReBiVi.	APFF Valle de los Cirios, APFF Islas del Golfo de California, RB Bahía de los Ángeles, Canales de Ballenas y Salsipuedes, PN Zona Marina del Archipiélago de San Lorenzo.
		Considerar en los programas de prevención y detección temprana de tilapia panza roja, acciones de monitoreo, especialmente en sitios o sectores más susceptibles como cuerpos de agua permanentes, zonas o regiones de cultivo de especies acuáticas, apertura de cuerpos de agua artificial, entre otras.	Permanente	Mecanismos y protocolos estandarizados de prevención en operación, para reducir el riesgo de establecimiento y dispersión de tilapia panza roja.		Dirección de la ReBiVi.	Dirección de la ReBiVi, CICESE, CIBNOR, UABC, UABCS, COBI, Pronatura, Costasalvaje

Proyecto GEF-Invasora_ Plan de manejo tilapia panza roja en El Vizcaíno

		Proveer a los lugareños de la ReBiVi de la infraestructura básica y la capacitación necesarias para la detección e identificación de tilapia panza roja y para la aplicación de acciones de extracción.	Permanente			Dirección de la ReBiVi.	CICESE, CIBNOR, UABC, UABCS, Pronatura Noroeste, Costasalvaje.
		Incorporar acciones de manejo de tilapia panza roja en los programas anuales de trabajo de la ReBiVi, además de considerar programas como el de Empleo Temporal (PET) y PROCODES para estos fines.	Permanente	Mecanismos de financiamiento mixto para el manejo y control de tilapia panza roja.	Incremento en el número de programas que destinan recursos al manejo y control de la población de tilapia panza roja en la ReBiVi.	Dirección de la ReBiVi.	Oficinas Centrales de CONANP, Dirección de la región Península y Pacífico Norte, Consejo Asesor de la ReBiVi.
	Diseñar, elaborar e implementar protocolos y programas específicos para el control y prevención de la entrada de ejemplares de tilapia panza roja en la ReBiVi.	Implementar protocolos de prevención de riesgo (HACCP) para prevenir la introducción y dispersión de tilapia panza roja alrededor y dentro de la ReBiVi.	permanente	Programas y planes de acción en operación para el manejo y control de tilapia panza roja para reducir el riesgo de dispersión y mitigación de sus impactos .	Incremento en el número de acciones de prevención y control para mitigar los impactos ocasionados por tilapia panza roja en la ReBiVi.	Dirección de la ReBiVi.	UABCS, UABC, CIBNOR, CICESE, COBI, Pronatura, Costasalvaje.
		Realizar extracciones periódicas de ejemplares del pez exótico tilapia panza roja una vez por semana durante los meses previos (enero a marzo) y/o posteriores (agosto a diciembre) de su temporada de reproducción (abril a julio), a fin de disminuir el reclutamiento de nuevos individuos a la población.	2 años			Dirección de la ReBiVi.	Asociación Forestal Mulegé, COBI, Costasalvaje, Pronatura.
		Realizar actividades de pesca deportiva en el oasis de San Ignacio con la finalidad de coadyuvar en la disminución de la población de tilapia panza roja.	2 años			Dirección de la ReBiVi.	Asociación Forestal Mulegé, COBI, Costasalvaje, Cuyima, Pronatura.
		Realizar actividades de limpieza de ecosistemas y/o extracción de vegetación acuática exótica de los cuerpos de agua bajo manejo con la finalidad de incrementar el éxito del programa de control.	6 meses			Dirección de la ReBiVi.	Asociación Forestal Mulegé, COBI, Costasalvaje, Pronatura.

Proyecto GEF-Invasora_ Plan de manejo tilapia panza roja en El Vizcaíno

		Contratar una plantilla de 6 personas del pueblo de San Ignacio para que realicen las extracciones de ejemplares de tilapia panza roja.	3 meses	Mecanismos e iniciativas para que la sociedad civil se integre de forma organizada a los esfuerzos de control.	Incremento en el número de personal que monitorea a la tilapia panza roja.	Dirección de la ReBiVi.	Asociación Forestal Mulegé y habitantes de San Ignacio
	Implementar acciones de restauración de los ecosistemas mediante acciones de control o erradicación de tilapia panza roja en la ReBiVi fomentando el uso de especies nativas.	Vincular a propietarios de predios, cercanos a los cuerpos de agua, con acciones de restauración que lleve a cabo el personal de la CONANP, con énfasis en el uso y aprovechamiento de especies nativas, contemplando el uso de ejemplares provenientes de poblaciones de la misma área.	1 año	Programas y planes de acción en operación para el control y manejo de tilapia panza roja y mitigación de sus impactos para reducir el riesgo de dispersión.	Incremento en el número de acciones de prevención y control para mitigar los impactos ocasionados por tilapia panza roja en la ReBiVi.	Dirección de la ReBiVi.	ReBiVi, Asociación Forestal Mulegé.
		Establecer programas de restauración de los ecosistemas posteriores a las acciones aplicadas para el control de la población de tilapia panza roja en la ReBiVi.	1 año		Creación de programas de restauración de ecosistemas utilizando especies nativas de la ReBiVi.	Dirección de la ReBiVi.	UABCS, UABC, Asociación Forestal Mulegé, COBI, Costasalvaje, Pronatura.
		Establecer un programa permanente de reproducción y propagación de especies nativas de la ReBiVi, proveniente de ejemplares de poblaciones locales.	Permanente			Dirección de la ReBiVi.	
		Vincular las acciones de conservación de especies prioritarias en riesgo como la del pez endémico <i>Fundulus lima</i> , con las de prevención, control y erradicación de tilapia panza roja.	Permanente			Dirección de la ReBiVi.	UABCS, UABC, COBI, Costasalvaje, Pronatura.
		Prohibir el uso de tilapia panza roja y otras especies exóticas de alto potencial invasor en actividades de acuicultura dentro de la ReBiVi y su zona de influencia.	Permanente	Marco jurídico implementado para regular la introducción de tilapia panza roja (<i>Tilapia zillii</i>) en la ReBiVi.	Autoridades locales, estatales y federales, así como otros actores sociales involucrados en la elaboración, implementación y seguimiento de las acciones para la prevención y control de tilapia panza roja en la ReBiVi.	Dirección de la ReBiVi.	PROFEPA, SEMARNAT, CONAPESCA, REBIVI, Dirección de la Región Península Pacífico Norte.
	Involucrar a las autoridades de los	Establecer programas de apoyo y fomento como PET y PROCODES para involucrar a	Permanente	Mecanismos e iniciativas para que la	Incremento en el número de comunidades de la	Dirección de la ReBiVi.	Dirección de la región Península y

Proyecto GEF-Invasora_ Plan de manejo tilapia panza roja en El Vizcaíno

	niveles Federal, Estatal y Municipal y la sociedad civil en acciones enfocadas a la prevención, atención y manejo de tilapia panza roja en la ReBiVi.	las comunidades establecidas dentro de la ReBiVi en los programas de prevención y control de la presencia de tilapia panza roja en la ReBiVi.		sociedad civil se integre de forma organizada a los esfuerzos de manejo y control de tilapia panza roja.	ReBiVi que participan en las actividades de prevención y control de tilapia panza roja.		Pacífico Norte.
		Aumentar el número de socios y colaboradores para que participen en la operación de un sistema de detección temprana y respuesta rápida en la ReBiVi.	1 año		Mayor número de integrantes del sector productivo participando en acciones preventivas de tilapia panza roja en la ReBiVi.	Dirección de la ReBiVi.	PROFEPA, SAGARPA, CONAZA, SEPADA, CONAPESCA, Pronatura, Costasalvaje.
		Asignar presupuestos específicos acordes con los costos que conlleva el manejo de tilapia panza roja, para poder garantizar la continuidad de los esfuerzos de prevención y control.	Permanente	Mecanismos de financiamiento mixto para el manejo y control de tilapia panza roja.	Planes Operativos Anuales existen presupuestos anuales y otras formas de financiamiento con otras instancias gubernamentales y privadas nacionales y extranjeras para llevar a cabo acciones de atención a tilapia panza roja.	Dirección de la ReBiVi.	Dirección de la región Península y Pacífico Norte.

7.3.- Línea de acción para informar y divulgar oportuna y eficazmente a la sociedad de la ReBiVi de la implementación del Plan de Manejo de tilapia panza roja (*Tilapia zillii*).

Esta línea de acción considera fundamental informar a las comunidades locales, funcionarios públicos, sectores productivos y visitantes, de la problemática que generan las especies exóticas invasoras, debido a que es primordial su participación a efecto de poder controlar las poblaciones existentes de *T. zillii* y evitar su dispersión a otras áreas de la ReBiVi.

Para contar con información de calidad, es necesario el involucramiento de personal técnico capacitado en el estudio, monitoreo y aplicación de las estrategias de control y erradicación de las especies invasoras como *T. zillii*, así mismo se debe contar con el apoyo de dependencias de gobierno, instituciones de educación superior e investigación, organizaciones privadas y de la sociedad civil.

Otro aspecto fundamental es la producción de materiales informativos gráficos tales como posters, folletos, trípticos, letreros, además de dar exposiciones, talleres y difusión a través de medios de comunicación como radio, televisión e Internet.

Es de suma importancia, informar a las autoridades de dependencias de gobierno como la SAGARPA y CONAPESCA, del impacto negativo que cultivos de especies invasoras como *T. zillii*, generan en especies endémicas y ecosistemas presentes en los oasis de la ReBiVi, a efecto de establecer convenios para evitar la introducción de especies exóticas invasoras y a cambio, promover el aprovechamiento sustentable de las especies nativas.

Con base en lo antes descrito continuación se presenta el programa de trabajo de la línea de acción para informar y divulgar oportuna y eficazmente a la sociedad sobre la estrategia de manejo que se esta realizando para controlar la población exótica invasora de la tilapia panza roja (*T. zillii*), presente en cuerpos de agua de la ReBiVi.

Proyecto GEF-Invasora_ Plan de manejo tilapia panza roja en El Vizcaíno

Línea de acción para Informar y divulgar oportuna y eficazmente a la sociedad de la ReBiVi de la implementación del Plan de Manejo de tilapia panza roja (<i>Tilapia zillii</i>)							
Objetivo	Objetivos específicos	Actividades	Tiempo	Meta (producto)	Indicador	Coordinador	Actores clave
Difundir entre la sociedad (habitantes, usuarios y prestadores de servicios) de la ReBiVi, información sobre las acciones realizadas para el manejo y control de la población de tilapia panza roja, la mitigación de sus impactos causados en los ecosistemas acuáticos continentales de la ReBiVi.	Aplicar un programa de cultura para la conservación enfocado a comunicar e informar a la sociedad de la ReBiVi las actividades de manejo y control de la tilapia panza roja, así como las medidas aplicadas para mitigar los impactos de esta Especie Exótica Invasora en la ReBiVi.	Promover la participación del personal de la dirección de la ReBiVi en talleres informativos y educativos y campañas para crear conciencia referente al impacto de la introducción de tilapia panza roja sobre la biodiversidad nativa de la ReBiVi.	Permanente	Mecanismos y protocolos estandarizados de prevención en operación, para reducir el riesgo de establecimiento y dispersión de tilapia panza roja.	La sociedad vinculada a la ReBiVi (personal, visitantes, pobladores, autoridades) cuenta con información sobre impactos ecológicos y sociales de tilapia panza roja generados en la ReBiVi y la importancia de las especies nativas, medible a través de acciones de educación y difusión.	Dirección de la ReBiVi.	Dirección de la ReBiVi y Dirección Regional Península de Baja California y Pacífico Norte.
		Implementar talleres de difusión para los pobladores locales de la ReBiVi y sectores productivos en acciones preventivas dentro de la ReBiVi en coordinación con instituciones gubernamentales (CONAPESCA, SEPADA, CONAFOR, SAGARPA) sobre fomento de la producción de especies nativas de valor biológico, económico y cultural para disminuir el uso de Especies Exóticas.	Permanente			Dirección de la ReBiVi.	Dirección de la ReBiVi, Dirección de Ecología Municipal de Mulegé, CONAPESCA, SEPADA, SAGARPA, CONAFOR, COBI, Pronatura, Costasalvaje.
		Diseñar e implementar estrategias permanentes de educación ambiental y difusión dirigidas a habitantes de la ReBiVi, visitantes, sector productivo, incluidos los operadores de empresas turísticas que destaquen la importancia de la conservación de la biodiversidad nativa y los riesgos asociados a la introducción y al establecimiento de Especies Exóticas Invasoras y ferales.	Permanente	La población, grupos clave y autoridades conocen las amenazas e impactos que <i>Tilapia zillii</i> ocasiona a la biodiversidad, los servicios ecosistémicos, la economía y salud; así como las medidas para su control.	Incremento en el número de comunidades de la ReBiVi que participan en las actividades de prevención y control de <i>Tilapia zillii</i> .	Dirección de la ReBiVi	UABCS, UABC; CIBNOR, CICESE, COBI, Pronatura, Costasalvaje, Cuyima y todos los grupos del sector turístico de Laguna San Ignacio y Guerrero Negro.
		Diseñar y aplicar en colaboración con la SEP clases de educación ambiental para estudiantes de diferentes niveles educativos impartidos dentro del territorio protegido de la ReBiVi.	Permanente		Incremento en el número de acciones de educación	Dirección de la ReBiVi	SEP, SEP del Gobierno de Baja California Sur, UABC, UABCS, Pronatura, Costasalvaje.

Proyecto GEF-Invasora_ Plan de manejo tilapia panza roja en El Vizcaíno

		Elaborar carteles o pancartas de fácil comprensión para pobladores y autoridades locales, utilizando al pez endémico <i>Fundulus lima</i> como especie emblemática del oasis de San Ignacio para difundir los riesgos que representa la introducción de Especies Exóticas Invasoras.	Permanente		y difusión de tilapia panza roja en la ReBiVi como exposiciones, talleres, pláticas, conferencias, entre otros, a nivel local, regional y nacional.	Dirección de la ReBiVi	UABCS, UABC, COBI, Costasalvaje, Pronatura.
		Generar y distribuir entre los habitantes de la ReBiVi información actualizada (trípticos) referente a la distribución actual y potencial de tilapia panza roja en la ReBiVi.	Permanente	Existen guías informativas y de identificación de tilapia panza roja, actualizadas y accesibles a las poblaciones de la ReBiVi.		Dirección de la ReBiVi	UABCS, UABC, COBI, Costasalvaje, Pronatura.
		Implementar una campaña permanente de información radiofónica dirigida a comunicar los efectos de la presencia de Especies Exóticas invasoras sobre los ecosistemas de la ReBiVi, las acciones de manejo y control y de mitigación de impactos que se ejecutan en el Área Natural Protegida.	Permanente			Dirección de la ReBiVi	Dirección de la ReBiVi, UABCS, UABC, CIBNOR, CICESE, COBI, Costasalvaje, Pronatura.
	Informar e involucrar a las autoridades de los tres niveles de gobierno y la sociedad civil en acciones enfocadas a la prevención, control y manejo de tilapia panza roja en la ReBiVi.	Promover el apoyo de la sociedad civil en la elaboración de materiales de difusión, como carteles y trípticos para difundir la problemática y promover el conocimiento y comportamiento responsable del personal, comunidades locales y visitantes ante la presencia y dispersión de tilapia panza roja en la ReBiVi.	Permanente	Mecanismos e iniciativas para que la sociedad civil se integre de forma organizada a los esfuerzos de control.	Mayor número de integrantes del sector productivo participando en acciones preventivas de <i>Tilapia zillii</i> en la ReBiVi.	Dirección de la ReBiVi	Cuyima y el sector turístico de Laguna San Ignacio y Guerrero Negro, Asociación Forestal Mulegé, COBI, Costasalvaje, Pronatura.
		Proveer a las diferentes autoridades de la información obtenida de los análisis de distribución y abundancia de las poblaciones de tilapia panza roja para dar sustento científico a la toma de decisiones.	Permanente	Existen redes interinstitucionales e interdisciplinarias consolidadas para el apoyo y la ejecución de programas de educación y divulgación sobre tilapia panza roja y su impacto en la ReBiVi.	Autoridades locales, estatales y federales, así como otros actores sociales involucrados en la elaboración, implementación y seguimiento de las acciones para la prevención y control de tilapia panza roja en la ReBiVi.	Dirección de la ReBiVi	Dirección de la ReBiVi, COBI, Costasalvaje, Pronatura.
		Prevenir la promoción y el apoyo de instituciones de gobierno (SAGARPA, CONAPESCA, SEPADA) a campañas que promuevan la creación de criaderos de tilapia panza roja o cualquier otra	Permanente			Dirección de la ReBiVi	Intituciones de gobierno federal, estatal y nuncipal, como: SAGARPA, CONAPESCA,

Proyecto GEF-Invasora_ Plan de manejo tilapia panza roja en El Vizcaíno

		Especie Exótica Invasora con la finalidad de utilizarlas como alimento.					SEDESOL, SEPADA, SDEMARN.
		Incidir en las Normas Mexicanas, acuerdos y otros instrumentos normativos para prohibir el uso de Especies Exóticas Invasoras en las actividades productivas para evitar los riesgos de introducción e invasión de áreas silvestres.	Permanente			Dirección Regional Península y Pacífico Norte	CONANP, CONABIO, DGVS, CONAPESCA.

Para impulsar esta línea de acción se buscará implementar el uso de diversas herramientas de difusión e información tales como festivales, talleres, reuniones, pláticas, programas de radio, notas y/o boletines periodísticos, videos, portal web, infogramas, reportes de investigaciones, manuales, trípticos, calcomanías, carteles, letreros espectaculares, playeras, entre otras, los cuales estarán dirigidos al universo del público que habita o visita la ReBiVi.

Así mismo, durante la aplicación del Plan de Manejo, se buscará trabajar directamente con actores estratégicos, quienes se convertirán en referentes, sin olvidar integrar a los actores internos de cada comunidad, instituciones, gobiernos, sociedades y grupos de trabajo comunitarios. Por ejemplo, es indispensable trabajar en estrecha comunicación con periodistas, locutores, investigadores, funcionarios de instituciones públicas; autoridades de gobiernos municipales, estatales y federales; sociedades cooperativas; y prestadores de servicios turísticos, entre otros.

8. - Recomendaciones

Dado que las especies exóticas, llegan a generar grandes impactos ecosistémicos dentro de cada nuevo ambiente que colonizan, se recomienda que el alcance del programa de manejo y control de especies exóticas invasoras de la REBIVI, se haga extensivo para incluir en una siguiente etapa especies como, carpa común (*Cyprinus carpio*), pez cola de espada (*Xiphophorus hellerii*) y cangrejo americano (*Procambarus clarkii*), ya que junto con rana toro (*Lithobates catesbeianus*) y la tilapia panza roja afectan de manera importante al hábitat y la población del pez endémico sardinilla peninsular (*Fundulus lima*), catalogado como especie en peligro de extinción según la normatividad vigente en la república mexicana (NOM-059-SEMARNAT-2010).

9. - Referencias bibliográficas

Agbabiaka, L. A. 2012. Food and feeding habits of *Tilapia zillii* (PISCES: CICHLIDAE) in River Otamiri South-Eastern Nigeria. Bioscience Discovery, 3 (2): 146-148.

Andreu-Soler, A. & Ruiz-Campos, G. 2013. Effects of Exotic Fishes on the Somatic Condition of the Endangered Killifish *Fundulus lima* (Teleostei: Fundulidae) in Oases of Baja California Sur, Mexico. The Southwestern Naturalist, 58(2): 192-201.

Aguirre-Muñoz, A., Mendoza-Alfaro, R., Arredondo, P. B. H., Arriaga-Cabrera, L., Campos-González, E., Contreras-Balderas, S., Elías-Gutiérrez, M., Espinosa-García, F. J., Fernández-Salas, I., Galaviz-Silva, L., García de León, F. J., Lazcano-Villarreal, D., Martínez-Jiménez, M., Meave del Castillo, M. E., Medellín, R. A., Naranjo-García, E., Olivera-Carrasco, M. T., Pérez-Sandi, M., Rodríguez-Almaraz, G., Salgado-Maldonado, G., Samaniego-Herrera, A., Suárez-Morales, E., Vibrans, H. & Zertuche-González, J. A. 2009. Especies exóticas invasoras: impactos sobre las poblaciones de flora y fauna, los procesos ecológicos y la economía. En: Dirzo, R., González, R. y March, I. J. (Comps.). Capital natural de México, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. 277-318 p.

Baltazar-Guerrero, P. M. & Palomino-Ramos, A. R. 2004. Manual de cultivo de tilapia. Fondo Nacional de Desarrollo Pesquero, Agencia Española de Cooperación Internacional y Unidad de Gestión del Proyecto PADESPA. Lima, Peru. 112 p.

CANEI. 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 pp.

Canonico, G. C., Arthington, A., MacCrary, J. K. & Thieme, M. L. 2005. The effects of introduced tilapias on native biodiversity. *Aquatic Conserv: Mar. Freshw. Ecosyst.*, 15: 463-483.

Cantor-Atlatenco, F. 2007. Manual de producción de Tilapia. Secretaría de Desarrollo Rural del Estado de Puebla. Puebla, México. 135 p.

CIAD-UMAMA & LEAP. 2016. Tilapia 2020: Prospectivo del Sistema-Producto Nacional de Tilapia en México. Comité Nacional Sistema Producto Tilapia, Comité Sistema Producto Tilapia de México A. C.. Mazatlán, Sinaloa, México. 269 p.

CONABIO. 2016. *Sistema de información sobre especies invasoras en México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 23 de Julio de 2016. Consultado en:

URL: <http://www.biodiversidad.gob.mx/invasoras>

CONANP. 2000. Programa de Manejo: Reserva de la Biosfera El Vizcaíno. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, Instituto Nacional de Ecología. México D. F. 233 pp.

CONANP & FMCN. 2015. Protocolo para el control y erradicación de la Tilapia Azul (*Oreochromis aureus*). Secretaría de Medio Ambiente y recursos Naturales. México D. F.

Contreras-Balderas, S. 1999. Annotated checklist of introduced invasive fishes in Mexico, with examples of some recent introductions. En Claudi, R., & Leach, J. H. (Eds.), *Nonindigenous freshwater fishes-vectors, biology, and impacts*. Lewis Publishers, Boca Raton, 35-54 pp.

Fuller, P. 2008. *Tilapia zillii* (fish). 22 de abril de 2008. Consultado en: <http://www.issg.org/database/species/ecology.asp?si=1364>.

Gophen, M. 2016. Study on the biology of *Tilapia zillii* (Gervais, 1848) in lake Kinneret (Israel). *Open Journal of Ecology* 6:167-175.

Hijmans, R. J., Guarino, L., Jarvis, A., O'Brien, R., Mathur, P., Bussink, C., Cruz, M., Barrantes, I. & Rojas, E. 2005. DIVA-GIS Versión 5.2 manual. Consultado en: www.diva-gis.org.

INE-INEGI-CONAGUA. 2007. Documento técnico del mapa de cuencas hidrográficas de México (escala 1:250,000).

Jarvis, A., Reuter, H. I., Nelson, A. & Guevara, E. 2008. Hole-filled SRTM for the globe Version 4, available from the CGIAR-CSI SRTM 90m Database. Consultado en: <http://srtm.csi.cgiar.org>.

Luna, S. M. & Ortañez, A. K. 2005. *Tilapia zillii* (Gervais, 1848) Redbelly tilapia. 2005. Consultado en:

<http://www.fishbase.org/summary/1390>

Moyle, P. B. 2002. Inland Fishes of California. University of California Press, Berkeley. 502 p.

Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo (D. O. F. 30 diciembre 2010).

Phillips, S. J., Anderson, R. P. & Schapire, R. E. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, 190 (3-4): 231-259.

Ruiz-Campos, G. y Varela-Romero, A. 2002. Ficha técnica de *Fundulus lima*. En: Varela Romero, A. (comp.). Estatus de conservación de los peces dulceacuícolas del PROY-NOM-059-2000 en el noroeste de México: Sonora y Baja California. Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad de Sonora, DICTUS. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto No. W028. México, D.F.

Ruiz-Campos, G., Camarena-Rosales, F., Contreras-Balderas, S., Reyes-Valdez, C. A., De La Cruz-Agüero, J. & Torres-Balcazar, E. 2006. Distribution and Abundance of the Endangered Killifish, *Fundulus lima* (Teleostei: Fundulidae), in Oases of Central Baja California Peninsula, México. *The Southwestern Naturalist*, 51(4): 502-509.

Ruiz-Campos, G., Camarena-Rosales, F., Contreras-Balderas, S., Bernardi, G. & De la Cruz, A. J. 2008. Evaluación ecológica y distribución de peces exóticos en las regiones hidrológicas de San Ignacio y La Purísima, Baja California Sur, y su impacto en las poblaciones del pez amenazado, *Fundulus lima*. Informe técnico del proyecto: SEMARNAT-CONACyT-2002-C01-173. Ensenada, B. C., 35 p.

Ruiz-Campos, G. 2012. Catálogo de peces dulceacuícolas de Baja California sur. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología. México, D.F. 169 p.

Ruiz-Campos, G., Camarena-Rosales, F., González-Acosta, A. F., Maeda-Martínez, A. M., García de León, F. J., Varela-Romero, A. & Andreu-Soler, A. 2014a. Estatus actual de conservación de seis especies de peces dulceacuícolas de la Península de Baja California, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85: 1235-1248.

Ruiz-Campos, G., Andreu-Soler, A., Vidal-Abarca, M. R., Deladillo-Rodríguez, J., Suárez-Alonso, M. L., González-Abraham, J. C. & Lujá, V. H. 2014b. Catálogo de Humedales Dulceacuícolas de Baja California Sur. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, SEMARNAT, México, D.F. 195 p.

Ruiz-Campos, G., Varela-Romero, A., Sánchez-González, S., Camarena-Rosales, F., Maeda-Martínez, A., González-Acosta, A. F., Andreu-Soler, A., Campos-González, E. & Delgadillo-Rodríguez, J. 2014c. Peces invasores del Noroeste de México. En: Especies Acuáticas Invasoras en México (R. E. Mendoza-Alfaro y P. Koleff, eds.). CONABIO, México. 375-399 pp.

SEDUE. 1988. Decreto de creación de la Reserva de la Biosfera El Vizcaíno, ubicada en el Municipio de Mulegé, Baja California Sur. Diario Oficial de La Federación. Tomo CDXXII No. 22. México D. F.

SEMARNAP. 2000. Guía para el cultivo de tilapia: *Oreochromis spp.* (Guter, 1984). Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. México D. F. 136 p.

SEMARNAT & CONANP. 2012. Programa para la Atención y Manejo de Especies Exóticas Invasoras y Ferales en Áreas Naturales Protegidas de competencia federal 2012. García-Martínez, M. y Gavito-Pérez, F. R. (Eds.). México D. F. 45 p.

Soberon, J. & Peterson, A. T. 2005. Interpretation of models of fundamental ecological niches and species' distributional areas. Biodiversity informatics, 2:1-10.

Tarkan, A. S. 2016. Tilapia zillii (redbelly tilapia). 24 de septiembre de 2015. Consultado en:

<http://www.cabi.org/isc/datasheet/61147>